

A.M. DE BIASI (*), L. PACCIARDI (*), F. GAI (*)

RUOLO DEGLI STUDI APPLICATIVI NELLA GESTIONE AMBIENTALE: L'ESEMPIO DEL PORTO DI CAPRAIA (MAR LIGURE)

Riassunto - Negli ultimi 10 anni, in Italia, a fronte di un elevato incremento del traffico marittimo e della diportistica, gli ambienti portuali hanno ridestato l'attenzione della comunità scientifica per studi applicativi. Essi, tuttavia, sono raramente pubblicati in quanto, trattandosi per lo più di approcci descrittivi, sono di limitato interesse per le riviste scientifiche. In realtà anche questi dati rappresentano una ricchezza negli studi di monitoraggio ambientale. In quest'ottica si riportano i risultati di uno studio di caratterizzazione chimica e bentonica dei sedimenti del porto di Capraia.

I risultati, sia biotici che abiotici, testimoniano l'esistenza di un gradiente interno-esterno porto. Tuttavia, questo gradiente, sebbene il più pronunciato, non sembra essere l'unico. L'esistenza di gradienti secondari non deve essere ignorata sia perché può portare a conclusioni non corrette sia perché può rivestire un ruolo importante nella gestione dell'ambiente.

Parole chiave - Gestione ambientale, macrozoobenthos, fondi mobili, contaminanti, Isola di Capraia, Mar Ligure.

Abstract - *On the role of applied studies in the environmental management: an example from Capraia harbour (Ligurian Sea).* In the last decade maritime transports and recreation activities have been strongly increased. Parallelly many researchers have renewed their interests in applied studies regarding marine areas inside harbours. These researches which are generally descriptive, are considered unsuitable or not relevant to be published in scientific journals. So, these data are mostly accumulated in the so called 'grey literature' difficult to consult and, therefore, often unknown. However, even these results can provide considerable documentation in monitoring programs and can give a contribution in describing an area before a human induced change. In addition future investigations can benefit from available previous data sets to compare with.

With this respect our paper reports the most important results obtained from a study carried out in the Capraia harbour aimed to investigate both benthic communities and sediments.

Not surprisingly both benthic communities and sediments were distributed according to a well defined inner-outer gradient. However, this gradient is not the only one and other sources of variability must be considered to explain the observed patterns. For a correct data interpretation and environmental management the possible existence of alternative gradients can not be ignored.

Key words - Environmental management, macrozoobenthos, soft sediments, contaminants, Capraia Island, Ligurian Sea.

INTRODUZIONE

Fin dal passato gli ambienti portuali hanno destato un notevole interesse nella comunità scientifica sia perché essendo ambienti confinati a ridotto idrodinamismo ospitano popolamenti peculiari o 'selezionati' rispetto alle aree marine prospicienti (Giangrande *et al.*, 1984), sia perché profondamente influenzati dalle attività antropiche che ne possono alterare le caratteristiche ecologiche. La prima motivazione trova sostegno prevalentemente nell'ecologia teorica che ricerca eventuali relazioni tra gradienti ambientali e distribuzione e/o dinamica dei popolamenti approccio che Whittaker (1967) designa come *analisi diretta dei gradienti*.

La seconda, più recente, è maggiormente connessa a problematiche di ecologia applicata che tenta di trasferire modelli teorici a specifici casi di studio.

Negli ultimi 10 anni, in Italia, a fronte di un elevato incremento del traffico marittimo e della diportistica, gli ambienti portuali hanno ridestato l'attenzione della comunità scientifica per studi applicativi. Infatti a seguito della messa a punto di normative nazionali per la tutela dell'ambiente e per la gestione portuale sono stati pianificati e realizzati studi volti a caratterizzare e monitorare i sedimenti dei porti qualora vengano movimentati (Pinto *et al.*, 1995; Aliani *et al.*, 1994; Cocito *et al.*, 1994; Cicero *et al.*, 1998; Pulcini *et al.*, 1998; Bonvicini Pagliai, 2000; Virno-Lamberti *et al.*, 2000 a,b; De Biasi & Aliani, 2001).

Queste indagini, adottando approcci descrittivi e non sperimentali, sono poco o affatto innovative e, pertanto, di limitato interesse per le riviste scientifiche. I dati che forniscono, purtroppo, vanno così ad incrementare la già ampia letteratura grigia spesso sconosciuta o di difficile accesso e quindi dimenticata. In realtà, anche questi dati rappresentano una ricchezza negli studi di monitoraggio ambientale fornendo serie storiche che consentono di seguire nel tempo le variazioni cui tali ambienti sono sottoposti.

In questo lavoro, che si inserisce proprio in quest'ottica, si riportano i risultati di uno studio di caratterizzazione chimica e biologica dei sedimenti del porto di Capraia al fine di fornire una base conoscitiva precedente a futuri interventi di movimentazione dei sedimenti.

Questo lavoro offre inoltre lo spunto per sottolineare l'importanza del legame tra studi teorico-scientifici e gestione dell'ambiente.

(*) Centro Interuniversitario di Biologia marina ed Ecologia applicata, v.le N. Sauro 4, 57127 Livorno; e-mail: a.debiasi@cibm.it

MATERIALI E METODI

Area di studio e campionamento

L'isola di Capraia è situata nel Mar Ligure a circa 32 mn dalla costa toscana e fa parte del Parco dell'Arcipelago Toscano.

I fondali circostanti l'isola sono stati oggetto di numerosi studi finalizzati prevalentemente alla caratterizzazione dei popolamenti bentonici di substrato duro (Balduzzi *et al.*, 1986, 1995; Albertelli *et al.*, 1984; Castelli *et al.*, 1988; Lardicci *et al.*, 1988; Abbiati *et al.*, 1991; Cinelli *et al.*, 1992; Santangelo *et al.*, 1996). Se si fa eccezione per un lavoro preliminare di Curini-Galletti *et al.* (1985) la letteratura non annovera indagini riguardanti il porto di Capraia.

Da uno studio preliminare condotto nell'ambito del presente lavoro è emerso che l'interno del porto di Capraia (LI) è caratterizzato da un basso fondale (2-4 metri) dove si alternano sedimenti sabbiosi, ciottoli di piccole dimensioni e matte morta, vestigia di una prateria di *Posidonia oceanica* attualmente scomparsa. Ciuffi di questa pianta sono ancora presenti nelle zone più vivificate del porto.

Il campionamento, condotto nell'aprile 2003, è stato realizzato tramite benna Van Veen (0,18 m²), per lo studio delle comunità bentoniche, e tramite carotaggio per la caratterizzazione dei sedimenti.

I sedimenti per lo studio del popolamento bentonico sono stati prelevati in corrispondenza di 4 stazioni, identificate con un numero e la lettera B, disposte in maniera da poter identificare eventuali gradienti spaziali in relazione ai quali si distribuiscono le comunità del benthos (Fig. 1).

I carotaggi sono stati effettuati in 4 stazioni identificate con un numero e la lettera S.

Analisi dei campioni

Le analisi granulometriche sono state eseguite utilizzando i setacci della serie ASTM, per la frazione grossolana con $\phi > 62,5 \mu\text{m}$ con intervalli di 1 ϕ , e con sedigrafo a raggi X per la frazione con $\phi < 62,5 \mu\text{m}$. I campioni da analizzare sono stati essiccati in stufa a 110°C e pesati, quindi sottoposti a trattamento con perossido di idrogeno (H₂O₂) a 16 vol. allo scopo di ossidare la materia organica presente e favorire l'ulteriore disaggregazione del sedimento. Ciascun campione è stato separato, ad umido, in due frazioni granulometriche con setaccio da 62,5 μm . Dalla frazione grossolana sono stati rimossi prima dell'analisi con i setacci, oltre ai resti vegetali, i bioclasti di dimensioni superiori a quelle dei clasti terrigeni. La frazione fine, dopo essere stata essiccata in stufa a 40°C, è stata quartata per ottenere la massima distribuzione casuale dei granuli.

L'umidità naturale dei campioni è stata ottenuta infiggendo nella carota, in laboratorio, un cilindretto di acciaio inox di volume noto e determinando la perdita di peso dopo essiccamento in stufa a 65°C per 48 ore. La asimmetria (o skewness S_{kp}) è stata calcolata come $(\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / (2(\phi_{84} - \phi_{16}))$, la classazione (o sorting σ_{ϕ}) come $(\phi_{84} - \phi_{16}) / 2$.

La sostanza organica è stata determinata mediante il metodo Walkley-Black.

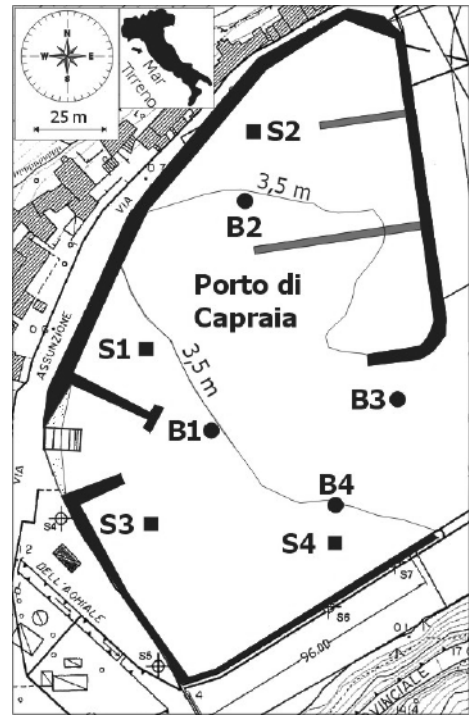


Fig. 1 - Area di studio e stazioni di campionamento. S indica il punto di prelievo per l'analisi fisico-chimica dei sedimenti, B indica il punto di prelievo per lo studio del popolamento bentonico.

Per la ricerca dei metalli, i sedimenti sono stati sottoposti ad attacco acido (HNO₃, HCl, HF) ed a digestione mediante un sistema chiuso ad alta pressione e temperatura con l'impiego di un sistema a microonde opportunamente programmato. Le determinazioni dei metalli sono state eseguite mediante spettrofotometria ad emissione atomica al plasma (ICP) (Cu, Cr, Al, Zn e Ni), di assorbimento atomico in fornace di grafite (Cd e Pb) e a sviluppo di vapori freddi (Hg) mediante l'impiego di SnCl₂. L'accuratezza delle procedure di digestione e di analisi dei campioni è stata verificata impiegando dei materiali standard di riferimento: PACS-2 Harbour sediment e MESS-3 Estuarine sediments (National Research Council Canada) per i sedimenti.

Tab. 1 - Analisi granulometriche (dati espressi in percentuale) e parametri statistici.

	S4	S3	S1	S2
ghiaia	0,8	2,0	0,9	0,2
sabbia	95,8	93,0	92,5	50,2
Pelite	silt		6,6	17,6
	argilla	3,5	5,0	32,0
Sorting (σ_{ϕ})	1,01	1,01	1,23	4,51
Asimmetria (S_{kp})	-0,02	-0,01	0,00	0,31

Gli idrocarburi policiclici aromatici (IPA), i pesticidi organoclorurati, i policlorobifenili, gli idrocarburi totali, azoto e fosforo sono stati determinati secondo le metodiche indicate da Icrum (2001).

Per lo studio della comunità bentonica il sedimento è stato setacciato su maglia 1mm e fissato in formalina tamponata all'8%. Gli individui contati e determinati al più basso livello tassonomico possibile sono stati conservati in alcool al 60%.

Analisi dei dati

I risultati delle analisi chimiche e granulometriche (queste ultime espresse come phi medio) sono stati raccolti in una matrice variabili x stazioni e sottoposti ad analisi delle componenti principali (PCA).

I dati di abbondanza ottenuti dal conteggio e determinazione degli organismi bentonici, sono stati raccolti in una matrice specie x stazioni ed elaborati attraverso tecniche di analisi multivariata. Il piano di ordinamento è stato ottenuto attraverso il non-MetricMultidimensional Scaling applicato alla matrice di abbondanza dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice di similarità è stata ottenuta attraverso l'indice di Bray-Curtis (Clarke & Warwick, 1994). Le differenze statistiche tra i raggruppamenti individuati nel piano di ordinamento sono state testate attraverso 1-way Anosim. I contributi percentuali delle singole specie alla dissimilarità tra raggruppamenti identificati nel piano di ordinamento sono stati determinati tramite la procedura Simper. Per ciascuna specie sono state ricercate in letteratura le preferenze ecologiche e la categoria trofica di appartenenza.

RISULTATI

Dati abiotici

Ad eccezione della stazione S2, tutti i sedimenti (Tab. 1) sono classificabili come sabbia-fine secondo la scala di Wentworth (1922). I sedimenti della stazione S2 seppu-

re costituiti in prevalenza da sabbia fine e finissima (circa 40%) hanno una cospicua percentuale di argilla (circa 32%) e sono classificabili, pertanto, come sabbie argillose. I sedimenti sono tutti mal classati (σ_ϕ compreso tra 1,06 e 1,52) ad eccezione di quelli della stazione S2 che sono risultati molto mal classati ($\sigma_\phi = 4,51$).

Il valore dell'asimmetria ($S_{k\phi}$) tende a zero per tutti i sedimenti ad eccezione della stazione S2 dove è molto positiva ($S_{k\phi} = 0,31$).

Le concentrazioni di alcuni contaminanti crescono all'aumentare della frazione fine del sedimento, anche se molti picchi di concentrazione sono stati osservati nella stazione S1 e non nella stazione S2 caratterizzata da un'elevata percentuale di pelite (Tab. 2).

Dall'analisi delle componenti principali (PCA) condotta sulla matrice dei dati abiotici i primi due assi spiegano rispettivamente il 64,6% ed il 31,1% della varianza totale.

Nel piano individuato dal primo e dal secondo asse le stazioni sono ben distinte tra loro (Fig. 2). Il primo asse contrappone la stazione S4, la più vicina al mare e la stazione S2, la più confinata. Esso inoltre non evidenzia significative differenze tra S1 e S2. I contributi maggiori che spiegano questa distribuzione sono dati da nichel, mercurio, cromo e rame.

Il secondo asse contrappone S2 e S1. In questo caso i contributi maggiori sono dati da IPA totali, phi medio e arsenico.

Popolamento bentonico

Lo studio ha portato alla raccolta e determinazione di 4658 individui appartenenti a molluschi, policheti, crostacei, sipunculidi, nemertini, nematodi ed ostracodi. Fra i policheti, taxon che annovera il maggior numero di specie, *Neanthes caudata* ed *Exogone naidina* sono presenti con i maggiori valori abbondanza, rappresentano ciascuna oltre il 13% dell'abbondanza totale. Fra i moluschi *Loripes lacteus*, che rappresenta la specie più abbondante contribuisce per circa il 9% dell'abbondanza totale. Infine, fra i crostacei il tanaidaceo

Tab. 2 - Concentrazioni dei contaminanti.

		S4	S3	S1	S2
Metalli pesanti (mg/kg ss)	Hg	0,2	0,65	0,97	0,97
	Cd	0,02	0,02	0,02	0,02
	Pb	21,7	91,8	118	156
	As	3,7	7,2	11,6	6,4
	Cr tot	27,8	39,4	69,2	69,4
	Cu	28,4	79,3	121,6	99,3
	Ni	4,6	11,4	18,3	18
	Zn	56,5	188	280	235
Composti organici	Idrocarburi totali (mg/kg ss)	508	479	757	637
	IPA totali (mg/kg ss)	1	0,7	0,2	2,24
	PCB ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	11,24	3,6	2,6	4,48
	Pesticidi organo-clorurati ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	nr	nr	nr	nr
	S.O. (g/kg ss)	15	11	13	72
Nutrienti	N tot (g/kg ss)	0,15	0,014	0,014	1,1
	P tot (mg/kg ss)	194	215	224	276

nr: non rilevabile.

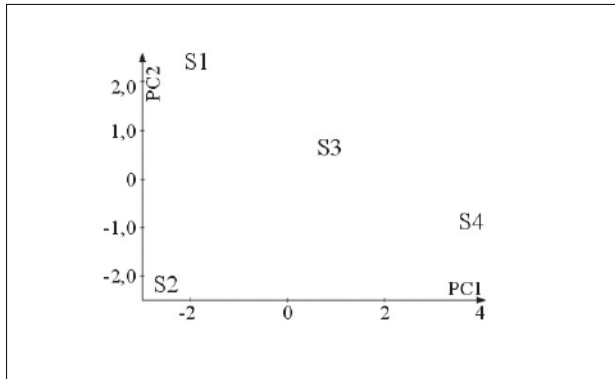


Fig. 2 - Analisi delle componenti principali applicata alla matrice dei dati abiotici. Dati normalizzati.

Apeudes latreilli, seppur presente in tutte le stazioni, domina in B4.

Nel piano di ordinamento ottenuto dal non metric MultiDimensionalScaling (nMDS) sono ben riconoscibili 4 gruppi riconducibili alle stazioni di campionamento (Fig. 3).

Nel lato sinistro del plot è localizzata la stazione B2, contrapposta alla stazione B3. Nella parte centrale del piano sono situate le stazioni B1 e B4, ben distinte tra loro. Questi raggruppamenti risultano essere statisticamente (1-way Anosim) differenti tra di loro (Tab. 3). Dai risultati ottenuti dalla procedura Simper (Tab. 4) si evince che le stazioni che differiscono maggiormente (dissimilarità media pari a 61,86%) sono la B2, quella posta nella parte più confinata del porto, e la B3, posta all'imboccatura. La dissimilarità minore, pari a 40,16% è stata osservata tra le stazioni B1 e B4.

Exogone naidina, *Paradoneis lyra*, *Notomastus latericeus* contribuiscono con una percentuale di circa il 20% a discriminare la stazione B2, dove sono presenti con abbondanze elevate, dalle restanti stazioni (Tab. 4). *M. dorsobranchialis*, *N. latericeus* e *P. lyra* apportano un importante contributo nel discriminare la stazione B3 dove sono assenti, dalla stazione B1. Le stazioni B3 e B4 sono discriminate da *A. fauveli*, *L. lacteus*, *A. assimilis*, *A. latreilli*, *N. caudata* assenti o poco rappresentate nella prima stazione ed abbondanti nella seconda. Dal punto di vista bionomico (Tabb. 5, 6) il corteggio faunistico è dominato dai rappresentanti delle Biocenosi

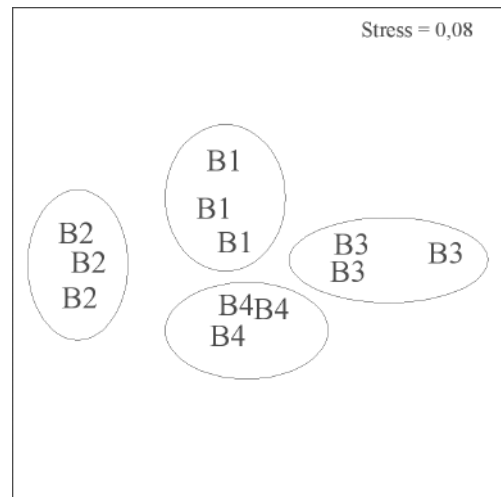


Fig. 3 - Piano di ordinamento bidimensionale ottenuto dal non metric MultiDimensionalScaling (nMDS) applicato alla matrice di abbondanza dopo aver trasformato i dati secondo la doppia radice quadrata. La matrice di similitudine è stata ottenuta attraverso l'indice di Bray-Curtis.

delle Sabbie Fini Ben Classate (SFBC) e della Biocenosi delle Sabbie Infangate di Moda Calma (SVMC). Inoltre un elevato numero di specie, sono indicatrici di materia organica (MO) o sono descritte in letteratura come specie a larga ripartizione ecologica (Lre).

Nella stazione più esterna (B3) domina la biocenosi SFBC (circa 30%) rappresentata, fra gli altri, da *Apeudes latreilli*, *Acanthocardia tuberculata*, affiancata da un'elevata percentuale di indicatori di sostanza organica (*Protodorvillea kefersteini*, *Neanthes caudata*). Nella stazione B4 le specie più abbondanti (*A. fauveli*, *L. lacteus*, *A. assimilis*, *A. latreilli*, *N. caudata*) non concorrono a definire un unico quadro bionomico in quanto descritte in letteratura con preferenze ecologiche diverse. Infatti in questa stazione la biocenosi SFBC, la biocenosi SVMC e Mo sono presenti in percentuali paragonabili.

Nella stazione B2 *Neanthes caudata*, *Capitomastus minimus* rappresentano il corteggio faunistico dominante. *N. caudata* concorre insieme ad alcuni capitellidi come *N. latericeus* a definire un ambiente fangoso arricchito di materia organica, mentre *C. minimus* è una specie a larga ripartizione ecologica ed essendo presente con elevati valori di abbondanza fa sì che tale categoria ecologica domini in questa stazione. Il polichete *Paradoneis lyra* definisce la Biocenosi delle Sabbie Infangate di Moda Calma (SVMC) che in questa stazione rappresenta circa il 17%.

Nella stazione B1 *Loripes lacteus* e *Paphia aurea* concorrono in larga misura a definire un quadro bionomico dominato dalla Biocenosi delle Sabbie Infangate di Moda Calma. *Monticellina dorsobranchialis* e *N. caudata* sono responsabili della elevata percentuale di Mo. Carnivori e detritivori sono le categorie trofiche maggiormente rappresentate (Tab. 7). I primi dominano nella stazione più esterna i secondi nelle stazioni B1 e B4.

Tab. 3 - Risultati del 1-way Anosim.

Global R = 0,972 p < 0,001	R
staz. 1 vs. staz. 2	1,000*
staz. 1 vs. staz. 3	0,963*
staz. 1 vs. staz. 4	0,926*
staz. 2 vs. staz. 3	1,000*
staz. 2 vs. staz. 4	1,000*
staz. 3 vs. staz. 3	1,000*

*: significativo p < 0,05

Tab. 4 - Differenze nei valori di abbondanza delle specie che maggiormente contribuiscono alla dissimilarità media tra stazioni (riportata in basso).

		Stazione B3	Stazione B4	Stazione B1	Stazione B2
Crostacei	<i>Apsudes latreilli</i>	72,2 ± 8,49	< 554 ± 106	> 48,1 ± 14,5	> 11,1 ± 6,42
	<i>Bodotria</i> sp.	3,7 ± 1,85	< 14,8 ± 4,9	> 13 ± 8,07	< 152 ± 24,9
Molluschi	<i>Loripes lacteus</i>	24,1 ± 7,41	< 554 ± 22,8	> 180 ± 59,6	> 25,9 ± 3,7
Policheti	<i>Aponuphis fauveli</i>	-	63 ± 24,1	> 3,7 ± 1,85	-
	<i>Aricidea assimilis</i>	-	16,7 ± 8,49	> 5,56 ± 3,21	> 1,85 ± 1,85
	<i>Capitomastus minimus</i>	9,26 ± 9,26	< 27,8 ± 8,49	< 61,1 ± 27,4	< 470 ± 40,1
	<i>Chone collaris</i>	-	-	11,1 ± 6,42	< 13 ± 6,68
	<i>Chone</i> sp.	-	1,85 ± 1,85	< 11,1 ± 3,21	-
	<i>Cirratulus filiformis</i>	-	-	14,8 ± 6,68	> 7,41 ± 7,41
	<i>Dispio uncinata</i>	1,85 ± 1,85	= 1,85 ± 1,85	-	20,4 ± 4,9
	<i>Euclymene</i> sp.	-	11,1 ± 3,21	> 1,85 ± 1,85	< 9,26 ± 9,26
	<i>Exogone naidina</i>	-	-	-	1169 ± 28,7
	<i>Exogone verugera</i>	-	11,1 ± 5,56	> 5,56 ± 3,21	< 25,9 ± 6,68
	<i>Lumbrineris latreilli</i>	-	7,41 ± 1,85	-	14,8 ± 3,7
	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	20,4 ± 14,8	> 3,7 ± 3,7	-	-
	<i>Monticellina dorsobranchialis</i>	-	-	29,6 ± 13,4	< 131 ± 10,3
	<i>Neanthes caudata</i>	63 ± 20,6	< 430 ± 13,4	> 100 ± 3,21	< 570 ± 15,2
	<i>Nematonereis unicornis</i>	-	9,26 ± 6,68	-	-
	<i>Notomastus latericeus-profundus</i>	-	-	14,8 ± 4,9	< 511 ± 33,5
	<i>Paradoneis armata</i>	-	1,85 ± 1,85	11,1 ± 3,21	< 18,5 ± 13,4
	<i>Paradoneis lyra</i>	-	3,7 ± 1,85	14,8 ± 4,9	< 730 ± 32,3
<i>Pionosyllis serrata</i>	-	-	-	107 ± 27,3	
<i>Sphaerosyllis campoyi</i>	-	-	11,1 ± 6,42	< 37 ± 17,7	
<i>Sphaerosyllis taylori</i>	9,26 ± 6,68	-	3,7 ± 1,85	< 172 ± 20	
Sipunculidi	<i>Golfingia</i> sp.	7,41 ± 4,9	< 68,5 ± 26,9	48,1 ± 11,3	> 35,2 ± 6,68

Percentuali di dissimilarità media tra stazioni: 1 vs. 2 = 47,70; 1 vs. 3 = 50,47; 1 vs. 4 = 40,16; 2 vs. 3 = 61,86; 2 vs. 4 = 53,79; 3 vs. 4 = 48,97.

CONCLUSIONI

I campioni superficiali prelevati più vicino all'imboccatura del porto sono piuttosto uniformi in termini di tessitura e presentano una elevata percentuale di sabbia. Secondo i dati di asimmetria l'area si trova in una condizione energetica di stabilità dove i processi di sedimentazione e di risospensione dei sedimenti sono di magnitudine paragonabile. Questi dati suggeriscono che la vivificazione marina di questa parte del porto è di entità simile. La percentuale di sabbia cala bruscamente all'aumentare del grado di confinamento e viene sostituita dalle frazioni più fini. Questo dato, che testimonia una riduzione dell'idrodinamismo, è confermato dall'alto valore positivo di asimmetria nella stazione S2 il quale indica che i processi di sedimentazione sono maggiori di quelli di risospensione. Secondo quanto emerso dall'analisi multivariata esiste un ben definito gradiente interno-esterno che viene scandito lungo il primo asse della PCA. Infatti rispetto a questo asse le stazioni sono ordinate in accordo alla loro distanza dall'imboccatura. Tuttavia, questo gradiente, sebbene il più pronunciato, non sembra essere l'unico. Infatti il secondo asse contrappone le stazioni S2 e S1 sebbene poste a distanze paragonabili rispetto all'imboccatura. Questo dato è in accordo col fatto che le concentrazioni dei contaminanti e la tessitura del sedimento non variano unicamente in relazione al gradiente interno-esterno.

Lo studio del popolamento ha rivelato che la biocenosi delle Sabbie Infangate di Moda Calma (SVMC) è ampiamente rappresentata grazie alla presenza e all'ampia distribuzione di un cospicuo numero di specie che la definiscono. Questa biocenosi si instaura tipicamente in ambienti ridossati a pochi metri di profondità (Pérès & Picard, 1964), dato che è in accordo con i risultati emersi dall'analisi granulometrica. La biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC) caratterizza prevalentemente le stazioni più vivificate. Nel Mediterraneo essa occupa tipicamente la fascia costiera superficiale o i fondali delle baie. In accordo con quanto rilevato in questo studio tale biocenosi può essere leggermente infangata (Pérès & Picard, 1964). Queste biocenosi (SFBC, SVMC), che non concorrono esse sole a definire l'intero quadro bionomico, sono affiancate da specie ubiquiste a larga ripartizione ecologica e specie che tipicamente colonizzano le aree portuali, come tipicamente accade negli ambienti stressati (Picard, 1985).

Dal punto di vista trofico non è identificabile una vera e propria zonazione essendo detritivori e carnivori sempre le categorie più rappresentate. I primi sono generalmente legati a zone a basso idrodinamismo (Gambi & Giangrande, 1985), i secondi sono correlati solo indirettamente alla natura del substrato. La loro presenza è maggiormente legata alla disponibilità delle prede e testimonia un maggior livello strutturale della comunità. Questa categoria domina infatti nella stazio-

Tab. 5 - Categorie trofiche e preferenze ecologiche.

	Specie		Categorie trofiche		Preferenze ecologiche
Crosteacei	<i>Aapseudes latreilli</i> (Milne-Edwards, 1828)			SFBC/Lim toll	Zavodnik, 1972
	<i>Bodotria</i> sp. Goodsir, 1843	D	<i>Bachelet, 1981</i>		
	<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)			SVMC	<i>Pérès et Picard, 1964</i>
	<i>Liocarcinus</i> sp. Stimpson, 1871	O	<i>Ambrogi et al., 1989</i>		
	<i>Upogebia tipica</i> (Nardo, 1869)			Lim str	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Zenobiana prismatica</i> (Risso, 1826)			HP	<i>Pérès et Picard, 1964</i>
Molluschi	<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	D	<i>Bachelet, 1981</i>	SFBC/Lim toll	<i>Gamulin-Brida 1974</i>
	<i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linné, 1758)	F	<i>Russo et al., 1985</i>	SFBC excl	<i>Somaschini et al., 1997</i>
	<i>Chamelea gallina</i> (Linné, 1758)	F	<i>Russo et al., 1985</i>	SFBC excl	<i>Gamulin-Brida, 1974</i>
	<i>Euspira nitida</i> (Donovan, 1804)	F	<i>Russo et al., 1985</i>	Sab toll	<i>Gamulin-Brida, 1974</i>
	<i>Loripes lacteus</i> (Linné, 1758)	D	<i>Committo & Ambrose, 1985</i>	SVCM excl	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Nassarius corniculatus</i> (Olivi, 1792)	D	<i>Word, 1979</i>		
	<i>Natica</i> sp. Scopoli, 1777	C	<i>Yonge, 1954</i>		
	<i>Opisthobranchia</i> ind.	E/C	<i>Yonge, 1954</i>		
	<i>Paphia aurea</i> (Gmelin, 1791)			SVCM excl	<i>Pérès et Picard, 1964</i>
		<i>Venus verrucosa</i> Linné, 1758	F	<i>Russo et al., 1985</i>	HP excl
Policheti	<i>Aponuphis fauveli</i> (Rioja, 1918)	O	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Mixt	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Aricidea assimilis</i> Tebble, 1959	E/D	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Lim toll	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Capitomastus minimus</i> (Langherans, 1880)	D	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Lim	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Caulerella bioculata</i> (Keferstein, 1862)	D	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>	Lre	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Chone collaris</i> Langerhans, 1880	F	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>	SVMC excl	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Chone</i> sp. Krøyer, 1867	F	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>		
	<i>Cirriformia filigera</i> (Delle Chiaje, 1808)	D	<i>Lastra et al., 1991</i>		
	<i>Clymenura clypeata</i> (Saint-Joseph, 1894)	D	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Glar	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Dasybranchus caducus</i> (Grube, 1846)	D	<i>Yonge, 1954</i>		
	<i>Dispia uncinata</i> Hartman, 1951	D	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>		
	<i>Drilonereis filum</i> (Claparède, 1868)	L	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>	Sm	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Euclymene</i> sp. Verrill, 1900	D	<i>Fauchald & Jumars 1979</i>		
	<i>Exogone</i> subg. <i>Exogone naidina</i> Oersted, 1845	E	<i>Abbiati et al., 1991</i>	Lre	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Exogone verugera</i> (Claparède, 1868)	E/C	<i>Gaston, 1987</i>	Sab	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Kefersteinia cirrata</i> (Keferstein, 1862)	C	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Glar	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	D	<i>Gaston, 1987</i>	Mo/Lre	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Malacoceros fuliginosus</i> (Claparède, 1870)	D	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Mo	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard, 1959)	D	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Lim str	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Myriochele oculata</i> Zachs, 1923	F	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	DC pref	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Neanthes caudata</i> (Delle Chiaje, 1828)	C/O	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Mo	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Nematonereis unicornis</i> Schmarda, 1861	D	<i>Gaston, 1987</i>	Lre/Mixt	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Notomastus latericeus</i> M. Sars, 1851	D	<i>Gaston, 1987</i>	Sm	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje, 1841	F	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>	SFBC pref	<i>Gamulin-Brida, 1974</i>
	<i>Paradoneis armata</i> Glémarec, 1966	L	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>	SFBC	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Paradoneis lyra</i> (Southern, 1914)	D	<i>Gaston, 1987</i>	SVMC pref	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Phylo foetida</i> (Claparède, 1870)	L	<i>Gambi & Giangrande, 1985</i>	SVMC excl	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Pionosyllis serrata</i> Southern, 1914	C	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	DC pref	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Pista brevibranchia</i> Caullery, 1915	F	<i>Word, 1979</i>		
	<i>Protodorvillea kefersteini</i> (Mc Intosh, 1879)	C	<i>Gaston, 1987</i>	Mo	<i>Bianchi et al., 1993</i>
	<i>Sphaerosyllis campoyi</i> San Martin, Acero, Contonente & Gomez, 1983	E	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>		
	<i>Sphaerosyllis taylori</i> Perkins, 1981	E	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Int	<i>Crema et al., 1993</i>
	<i>Spio decoratus</i> Bobretzky, 1870	O/D	<i>Fauchald & Jumars, 1979</i>	Mixt	<i>Bianchi et al., 1993</i>
Sipunculidi	<i>Golfingia</i> sp. Lankester, 1885	D	<i>Yonge, 1954</i>		

D: detritivori; O: omnivori; F: filtratori; C: camivori; E: erbivori; Lre: specie a larga ripartizione ecologica; Mo: indicatori di arricchimento organico; SFBC: Sabbie Fini Ben Classate; SVMC: Sabbie Infangate di Modo Calmo; DC: Detritico Costiero; HP: *Posidonia oceanica*; Lim: limicoli; Sab: sabulicoli; Mixt: misticoli; Glar: glareicole; Int: interstiziali; Sm: sabbie mediolitorali; Toll: tolleranti; Excl: esclusive; Pref.: preferenti.

ne meno confinata e meno sottoposta a fattori di stress. La categoria dei filtratori è in generale poco rappresentata. Questo dato è in accordo con l'elevata presenza dei detritivori. Essi, infatti, per i consistenti cambiamenti che inducono nell'ambiente a seguito dell'e-

liminazione dei fecal-pellets ed il rimaneggiamento dei sedimenti creano condizioni svantaggiose per l'insediamento dei filtratori (Rhoads & Young, 1970). Anche lo studio del popolamento bentonico condotto tramite l'analisi multivariata avvalorava l'ipotesi che il gra-

Tab. 6 - Ripartizione delle categorie bionomiche. I dati sono espressi in percentuale. Per le sigle vedi Tab. 5.

	B1	B2	B3	B4
SVMC	31,51	17,25	6,92	30,48
SFBC	13,08	4,34	29,96	30,64
Sab	0,79	0,61	0,00	0,63
MO	39,34	20,94	56,18	31,77
Lre	2,21	37,58	-	0,55
Lim	9,88	10,97	2,14	2,35
Int	2,57	4,69	2,87	0,00
HP	-	0,04	0,00	0,19
Glar	-	0,12	0,92	-
DC	-	3,42	0,43	0,17
Altro	0,62	0,04	0,60	3,23

diente interno-esterno sia dominante. Infatti le differenze maggiori sono state osservate tra la stazione B2 (la più interna) e la stazione B3 (la più esterna). Tali differenze sono emerse sia dall'indagine bionomica sia dallo studio delle categorie trofiche. Se tale gradiente concorre esso solo a determinare i pattern di distribuzione osservati, allora ci aspetteremmo che le differenze tra B1 e B3 fossero maggiori rispetto a quelle tra B3 e B4. Tuttavia le stazioni B3 e B4 differiscono tra loro (48,97%) pressappoco come le stazioni B1 e B3 (50,47%) suggerendo, come già emerso dalle analisi effettuate sui sedimenti, l'esistenza di gradienti alternativi.

È ipotizzabile che le complesse interazioni inter- ed intraspecifiche diano origine a modalità di distribuzione dei popolamenti non lineari contrariamente a quanto atteso ammettendo come unici i gradienti abiotici originati dall'ingresso d'acqua dall'avamposto. Inoltre, le attività antropiche, che notoriamente gravano sulle aree portuali, rappresentano una ulteriore fonte di variabilità che incrementa la complessità dei pattern distributivi. L'esistenza di un gradiente interno-esterno è un risultato non sorprendente. Le variazioni dei fattori ambientali – dalla profondità alla tessitura dei sedimenti al confinamento – comportano ovviamente variazioni nel corteggio faunistico in accordo alle esigenze ecologiche delle specie.

Tale considerazione ha fatto sì che molti disegni di campionamento siano stati concepiti scegliendo le stazioni secondo il gradiente principale (es. transetti perpendicolari alla costa) ignorando altre possibili sorgenti di variabilità (De Biasi & Pacciardi, 2002).

Dallo studio del porto di Capraia è emerso che, nonostante le limitate dimensioni, esistono differenze significative nei diversi settori a testimonianza di una variabilità anche a scale spaziali piccole. Questo studio rappresenta l'ennesimo esempio dell'esistenza di fonti di variabilità alternative che, sebbene di minore entità, non devono essere ignorate sia perché possono portare a conclusioni non corrette sia perché possono rivestire ruoli importanti nella gestione dell'ambiente.

I porti, così come le lagune, strettamente connessi alle attività antropiche, sono oggetto di numerosi interventi di risanamento, ampliamento e rimodellamento. In quest'ottica sono generalmente considerati habitat unici (Benedetti-Cecchi *et al.*, 2001; De Biasi *et al.*, 2003). Tuttavia, un tale approccio potrebbe rivelarsi non cor-

Tab. 7 - Ripartizione delle categorie trofiche. I dati sono espressi in percentuale.

	B1	B2	B3	B4
Carnivori	27,05	20,18	40,45	30,20
Detritivori	62,96	46,98	49,02	63,57
Filtratori	5,19	4,30	8,50	1,47
Erbivori	3,06	27,90	2,03	1,32
Limnivori	1,30	0,39	-	0,35
Omnivori	0,43	0,25	-	3,10

retto se l'unicità non viene previamente dimostrata. Uno studio descrittivo-applicativo come questo fornisce una utile base per generare ipotesi sui possibili processi operanti in una determinata area e per la messa a punto di studi di ecologia teorica necessari per la loro comprensione. Le conoscenze acquisite dovrebbero a loro volta servire nell'ambito dell'ecologia applicata per migliorare i criteri di pianificazione dei programmi di monitoraggio e delle indagini di impatto ambientale originando una sorta di *ping-pong* tra conoscenza teorica e le sue applicazioni.

Come messo in risalto da molti altri autori (Constable, 1991; Underwood, 1996, 1998; De Biasi & Aliani, 2001) questo traguardo è raggiungibile incrementando il legame tra mondo accademico e mondo applicativo: il primo fornisce le basi conoscitive, il secondo le adegua al contesto ambientale. È auspicabile che questa interazione consenta la messa a punto di programmi di monitoraggio che si avvalgono di disegni sperimentali costruiti ad hoc per stabilire relazioni univoche di causa-effetto tra fattori e variabili superando così l'approccio descrittivo-deduttivo generalmente adottato.

L'obiettivo finale è quello di fornire dati oggettivi, statisticamente validati, che siano a loro volta traducibili in termini di leggi per stabilire delle procedure efficaci nel rilevare l'impatto ambientale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano S. Ferrari e O. Spinelli (Cibm, Livorno) per le analisi dei metalli pesanti, R. Micheli per il supporto nelle attività di campo, l'Autorità Portuale di Livorno per aver consentito la pubblicazione dei dati. Si ringrazia, inoltre, G. Sartoni (Università di Firenze) per i preziosi suggerimenti scientifici.

BIBLIOGRAFIA

- Abbiati M., Bianchi C.N., Castelli A., Giangrande A., Lardicci C., 1991. Distribution of polychaetes on hard substrates of the Midlittoral-Infralittoral transition zone, Western Mediterranean. *Ophelia* suppl. 5: 421-432.
- Albertelli G., Cattaneo M., Drago N., Della Croce N., 1984. Macrobenzofos delle isole dell'Arcipelago Toscano. (Nota preliminare). *Atti dei Convegni Lincei* 62: 211-217.
- Aliani S., Bianchi C.N., De Biasi A.M., 1994. Modificazioni del benthos in un'area marina soggetta a discarica di materiale portuale. *Biol. Mar. Medit.* 1: 265-269.
- Ambrogi R., Bedulli D., Occhipinti Ambrogi A., 1989. Variazioni nella ripartizione tra gruppi trofici di organismi di fondo mobile nell'area marina del delta padano. *Oebalia* 15: 47-55.
- Bachelet B., 1981. Données préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marin. *Vie Milieu* 31: 205-213.

- Balduzzi A., Bianchi C.N., Boero F., Burlando D., Cattaneo-Vietti R., Manconi R., Morri C., Pansini M., Pronzato R., Salghetti Drioli U., 1986. Premières observation sur la distribution des biocénoses de l'Isle de Capraia par deux méthodes de relevement en plongée. *Rapp. Comm. Inter. Mer Médit.* 30: 263.
- Balduzzi A., Bianchi C.N., Burlando D., Cattaneo-Vietti R., Manconi R., Morri C., Pansini M., Pronzato R., Sarà M., 1995. Zoobenthos di substrato duro delle Isole di Capraia e del Giglio (Arcipelago Toscano). *Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., suppl. C2*: 123-135.
- Benedetti-Cecchi L., Rindi F., Bertocci I., Bulleri F., Cinelli F., 2001. Spatial variation in development of epibenthic assemblages in a coastal lagoon. *Est. Coast. Sh. Sc.* 52: 659-668.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Niccolai I., Aliani S., De Ranieri S., Abbiati M., Dell'Amico F., Morri C., 1993. Benthos dei mari toscani. II: Isola d'Elba - Montecristo (Crociera ENEA 1986). In: Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico: 291-315. ENEA Serie Studi Ambientali.
- Bonvicini Pagliai A.M., Frascari F., Bergamini M.C., Crema R., Matteucci G., Valentini A., 2000. Effetti biotici ed abiotici dello scarico di materiali di dragaggio portuale sui fondali marini: un caso di studio in Adriatico. *Biol. Mar. Medit.* 7: 752-757.
- Castelli A., Bianchi C.N., Lardicci C., Abbiati M., Morri C., Giangrande A., 1988. Considération biogéographiques sur le peuplement Annélien de l'Isle de Capraia (Archipel Toscan, Italie). *Rapp. Comm. Inter. Mer Médit.* 31: 2.
- Cicero A.M., Gabellini M., Morlino R., Veschetti E., 1998. Livelli di contaminanti organo-alogenati in sedimenti del porto di Piombino da sottoporre ad escavo: aspetti di gestione ambientale. *Biol. Mar. Medit.* 5: 780-784.
- Cinelli F., Pardi G., Benedetti-Cecchi L., Proietti-Zolla A., 1992. Mappatura della praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile intorno alle isole minori intorno dell'Arcipelago Toscano. Ministero delle Marina Mercantile, Isp. Centrale della Difesa del Mare, 142 pp.
- Clarke K.R., Warwick R.M., 1994. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, 144. UK.
- Cocito S., Sgorbini S., Bianchi C.N., Morgigni M., 1994. Modificazioni ambientali indotte da sversamento di materiale di escavo rilevate con telecamera filoguidata. *Biol. Mar. Medit.* 1: 275-276.
- Committo J.A., Ambrose W.G., 1985. Multiple trophic levels in soft bottom communities. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 26: 289-293.
- Constable A., 1991. The role of science in environmental protection. *Aust. J. Fresh. Res.* 42: 527-538.
- Crema R., Castelli A., Bonvicini Pagliai A.M., Zunarelli Vandini E., Prevedelli D., Albini L., 1993. Studio delle comunità bentoniche di fondi molli infralitorali dell'Alto Tirreno Toscano. In: Progetto Mare. Ricerca sullo stato biologico chimico e fisico dell'Alto Tirreno Toscano. Relazioni conclusive delle ricerche: 445-488.
- Curini-Galletti M., Castelli A., Lardicci C., 1985. La fauna dei microhabitat salmastri delle isole d'Elba e di Capraia. *Oebalia n.s.* 11: 803-805.
- De Biasi A.M., Pacciardi L., 2002. Variabilità spaziale di un popolamento bentonico al largo della costa toscana (Mar Tirreno Settentrionale). *Atti Soc. tosc. Sci. nat. Mem. Serie B* 109: 99-104.
- De Biasi A.M., Aliani S., 2001. Monitoring of marine macrobenthic communities are cause/effect relationships clear? *Atti Soc. tosc. Sci. nat. Mem. Serie B* 108: 51-58.
- De Biasi A.M., Benedetti-Cecchi L., Pacciardi L., Maggi E., Vaselli S., Bertocci I., 2003. Heterogeneity in the distribution of plants and benthic invertebrates in the Lagoon of Orbetello. *Oceanol. Acta* 26: 39-46.
- Fauchald K., Jumars P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. ann. Rev.* 17: 193-284.
- Gambi M.C., Giangrande A., 1985. Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei policheti nei fondi mobili del golfo di Salerno. *Oebalia n.s.* 11: 223-240.
- Gamulin-Brida H., 1974. Biocoenoses benthiques de la Mer Adriatique. *Acta Adriatica* 15: 5-99.
- Gaston G.R., 1987. Benthic polychaeta of the Middle Atlantic bight: feeding and distribution. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 36: 251-262.
- Giangrande A., Gravina M.F., Gambi M.C., Fresi E., Ardizzone G.D., 1984. Policheti di fondo mobile di aree costiere semichiusa: fattori di selezione di ambiente salmastro. *Nova Thal.* 6 (suppl.): 155-163.
- Icrum, 2001. Metodiche analitiche di riferimento. Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio. Servizio difesa mare. Lo Studio Editoriale s.r.l., Roma.
- Lardicci C., Abbiati M., Morri C., Castelli A., Giangrande A., Bianchi C.N., 1988. Structure des communautés médiolittorales des Polychètes dans une petite ile méditerranéenne. *Rapp. Comm. Inter. Mer Médit.* 31: 318.
- Lastra M., Palcio J., Sanchez A., Mora J., 1991. Estructura trofica infralitoral de la Baia de Santander. *Cah. Biol. Mar.* 32: 333-351.
- Pérès J.M., Picard J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recl. Trav. Stn. Mar. End. Bull.* 31: 1-137.
- Picard J., 1985. Milieux estimes et benthos Méditerranéen. *Rapp. Comm. Inter. Mer Médit.* 29: 213-214.
- Pinto B., Pellegrini D., Gabellini M., Ausili A., 1995. Harbour and coastal sediment chemistry and toxicity: a preliminary assessment of dredging activities. *J. Aquat. Ecosys. Health* 4: 249-255.
- Pulcini M., Virno-Lamberti C., Onorati E., De Biasi A.M., Pellegrini D., Mecozzi M., Giuliani S., 1998. Studio multidisciplinare dei sedimenti del porto di Livorno destinati a dragaggio. *Biol. Mar. Medit.* 5: 583-586.
- Rhoads D., Young D.K., 1970. The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.* 28: 150-178.
- Russo G.F., Fresi E., Scardi M., 1985. Popolamento a molluschi dei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia n.s.* 11: 339-348.
- Santangelo G., Caforio G., Acunto S., Giannini F., Rappazzo F., 1996. Descrizione bionomica dei fondali costieri dell'isola di Capraia. *Atti Soc. tosc. Sci. nat. Mem. Serie B* 103: 119-128.
- Somaschini A., Martini N., Gravina M.F., Belluscio A., Corsi F., Ardizzone G.D., 1997. Characterization and chartograph of some Mediterranean soft-bottom benthic communities (Ligurian Sea, Italy). *Sc. Mar.* 62: 27-36.
- Underwood A.J., 1996. Detection, interpretation, prediction and management of environmental disturbances: some roles in marine ecology. *J. Ex. Mar. Biol. Ecol.* 200: 1-27.
- Underwood A.J., 1998. Relationships between ecological research and environmental management. *Land. Urb. Plann.* 40: 123-130.
- Virno-Lamberti C., Pulcini M., Gabellini M., De Ranieri S., Pellegrini D., De Biasi A.M., Gai F., 2000a. Studio di una discarica marina di sedimenti portuali tramite side scan sonar e analisi del popolamento macrozoobentonico. *Biol. Mar. Medit.* 7: 774-777.
- Virno-Lamberti C., Pulcini M., Onorati F., De Biasi A.M., Gabellini M., Ausili A., Pellegrini D., 2000b. Studio integrato delle caratteristiche dei sedimenti dell'imboccatura nord del porto di Livorno. *Atti Ass. Ital. Oceanol. Limnol.* 13: 343-350.
- Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.* 30: 377-392.
- Whittaker R.H., 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42: 207-264.
- Word J.Q., 1979. Classification of benthic invertebrates into infaunal trophic index feeding groups. *Coast. W. Res. Proj. Annual Report*: 103-121.
- Yonge C.M., 1954. Food of invertebrates. *Oceanogr. Mar. Biol. ann. Rev.* 11: 25-45.
- Zavodnik D., 1972. Contribution to the dynamics of benthic communities in the region of Rovinj (Northern Adriatic). *Thal. Jug.* 7: 447-514.