

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

VARIABILITÀ SPAZIALE DI UN POPOLAMENTO BENTONICO AL LARGO DELLA COSTA TOSCANA (MAR TIRRENO SETTENTRIONALE)

Riassunto - Il presente studio si propone di analizzare la variabilità di un popolamento bentonico di fondo mobile utilizzando un disegno di campionamento gerarchizzato. Noi prevediamo che se i processi ecologici operano omogeneamente nella zona, allora non dovrebbero esistere differenze significative nei patterns di distribuzione delle specie né all'interno del range batimetrico considerato, né alle diverse scale spaziali investigate. L'indagine è stata condotta nel Gennaio 2000 in un'area marina del Golfo di Follonica (Grosseto) al largo della costa toscana (Mar Tirreno Settentrionale). La zona di studio (tre miglia quadrate) è stata suddivisa in tre fasce batimetriche (25-31 m; 32-38 m; 39-45 m). Ogni fascia batimetrica è stata divisa in sei aree (distanti centinaia di metri) due delle quali sono state scelte a random. All'interno di tali aree sono stati scelti, sempre casualmente, due siti (distanti decine di metri) dove sono stati prelevati i campioni di sedimento (tre repliche). Nel piano di ordinamento ottenuto dal non-metric MultiDimensional Scaling le aree superficiali sono distinguibili da quelle profonde. L'analisi della varianza ha dimostrato che i popolamenti hanno una distribuzione spaziale eterogenea anche all'interno della medesima fascia batimetrica.

Parole chiave - Macrozoobenthos, fondi mobili, variabilità spaziale, patchiness, Mar Tirreno Settentrionale.

Abstract - *Spatial variability of a benthic assemblage off the Tuscany coast (North Tyrrhenian Sea).* Spatial variation in the distribution of soft sediment macrofauna was investigated in the Gulf of Follonica (Grosseto) on the West coast of Italy (North Tyrrhenian Sea) using a nested sampling design, during January 2000. This study was carried out to test the hypothesis that there will be no differences in number, mean abundance, diversity, richness of macrozoobenthic species within the bathymetric ranges considered, nor within the two spatial scales analysed. The study area was divided into three bathymetric ranges, each represented by a stretch of sandy bottom. Every stretch was divided into six locations and two of them were randomly chosen. Inside these locations two sites were selected at random and there three replicate samples were independently taken. Mds ordination plots revealed differences between the shallow areas and deep ones. Multifactorial nested-Anova on structural parameters showed a significant difference in species diversity (H') among sites and locations. There was also a significant location effect on mean abundance of more abundant species. Collectively the results showed a spatial heterogeneity in the distribution of macrobenthic species at different depths at the scales of hundreds of meters (differences among locations).

Key words - Macrozoobenthos, soft sediments, spatial variability, patchiness, North Tyrrhenian Sea.

INTRODUZIONE

La variabilità spazio-temporale è ormai ampiamente dimostrata e generalmente accettata come proprietà intrinseca dei popolamenti bentonici. Il crescente interesse (Andrew & Mapstone, 1987; Archambault & Bourget, 1998; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998; Blanchard & Bourget, 1999; Burrows & Hawkins, 1998; Chapman, 1998; Dunstan & Johnson, 1998; Guichard & Bourget, 1998; Metaxas *et al.*, 1994; Morrissey *et al.*, 1992; Kennelly & Underwood, 1992; Underwood A.J., 1981; Underwood *et al.*, 1991; Underwood & Petraitis, 1993; Underwood & Chapman, 1996; Underwood & Skilleter, 1996; Underwood, 1997) che essa sta riscuotendo ha una ragione sia teorica – conoscere i pattern di distribuzione dei popolamenti per relazionarli ai possibili processi che li determinano – sia applicativa mirata a distinguere la variabilità naturale da quella indotta dalle attività antropiche (De Biasi & Aliani, 2001). È noto infatti che la distribuzione dei popolamenti è influenzata da impatti ambientali (Warwick & Clarke, 1993) che possono interagire con i processi ecologici di base. L'eterogeneità nella distribuzione e nell'abbondanza delle specie può verificarsi a diverse scale spaziali che vanno da quelle biogeografiche a quelle interne ad un habitat. L'analisi dei pattern diviene non solo una base essenziale per capire le scale alle quali gli organismi interagiscono tra di loro e con l'ambiente circostante, ma risulta anche necessaria per formulare ipotesi sui possibili processi coinvolti (Underwood & Chapman, 1996).

In Italia, tradizionalmente le ricerche sulle comunità bentoniche sono state affrontate con approcci di tipo qualitativo/descrittivo e più raramente con metodi quantitativi, sebbene negli ultimi anni si sia verificata un'inversione di tendenza (Benedetti-Cecchi *et al.*, 1999; Airoidi & Virgilio, 1998; Terlizzi *et al.*, 2002; De Biasi *et al.*, 2003). Tuttavia, approcci quantitativi sono diffusi in ricerche su comunità di fondi duri (Santangelo, 1993; Abbiati *et al.*, 1996; Airoidi *et al.*, 1996; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1996; Benedetti-Cecchi *et al.*, 1998; Benedetti-Cecchi *et al.*, 2000; Menconi *et al.*, 1999; Virgilio *et al.*, 2000 ecc.), ma più raramente adottati per investigare le comunità di fondi molli (Lardicci & Rossi, 1997; Rossi *et al.*, 1999; Lardicci *et al.*, 2001).

Il presente studio si propone di analizzare la variabilità di un popolamento bentonico di fondo mobile conside-

rando due scale spaziali (centinaia di metri, decine di metri). Noi prevediamo che se i processi ecologici operano omogeneamente nella zona allora non dovrebbero esistere differenze significative nei patterns di distribuzione delle specie alle diverse scale considerate.

MATERIALI E METODI

Area di studio e campionamento

Questo studio è stato effettuato nel Golfo di Follonica (Mar Tirreno Settentrionale) di fronte al porto di Punta Ala. Il golfo di Follonica è caratterizzato da un fondale che degrada dolcemente ed ospita sedimenti prevalentemente sabbiosi che si arricchiscono della componente pelitica all'aumentare della profondità (Ferretti & Manfredi-Frattarelli, 1993).

Una vasta prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile ricopre i fondali tra i 7 ed i 20 metri di profondità, interrotta soltanto all'altezza di Scarlino dove pochi ciuffi sparsi colonizzano la matre morta. Tra i 20 ed i 50 metri di profondità il popolamento è riconducibile, secondo lo schema di Pérès & Picard (1964), alla Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (Bianchi *et al.*, 1993).

In questa zona è stata individuata un'area di tre migliaia quadrate con profondità variabili tra i 25 m ed i 45 m. Essa è stata divisa in tre zone con differenti fasce batimetriche (25-31 m; 32-38 m; 39-45 m). In ogni zona sono state individuate 6 aree di cui due, scelte a random, sono state campionate in corrispondenza di due siti, anch'essi scelti a random, dove sono stati prelevati tre campioni di sedimento.

Il campionamento è stato effettuato in due giorni consecutivi con una benna Van Veen (600 cm²) nel Gennaio 2000. I campioni sono stati setacciati su maglia da 1 mm e conservati sotto formalina al 5%. Successivamente in laboratorio la macrofauna è stata identificata al più basso livello tassonomico possibile.

Disegno di campionamento

È stato adottato un disegno di campionamento gerarchizzato a tre fattori: *profondità* (P) fattore fisso con tre livelli rappresentati dalle tre fasce batimetriche campionate (25-31 m; 32-38 m; 39-45 m); *area* (A) fattore random gerarchizzato nella profondità con due livelli rappresentati dalle aree campionate in ciascuna fascia batimetrica; *sito* (S) fattore random gerarchizzato in profondità e area con due livelli rappresentati dalle stazioni nelle quali sono stati prelevati i campioni di sedimento.

I dati sono stati analizzati con tecniche multi- e univariate. 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 (Field *et al.*, 1982). Le differenze tra aree e siti sono state valutate attraverso il test ANOSIM. I contributi percentuali delle singole specie alla dissimilarità tra aree sono stati determinati tramite la procedura SIMPER. Le specie che contribuiscono maggiormente a

discriminare le aree, sono state suddivise in base alle categorie trofiche di appartenenza. La struttura della comunità macrozoobentonica è stata stimata in termini di numero di individui (N), numero di specie (S), ricchezza specifica (D) e diversità specifica (H'). Su tali parametri strutturali e sulle specie più abbondanti del popolamento è stata effettuata l'analisi della varianza (multifactorial-nested ANOVA) dopo aver verificato l'omogeneità delle varianze attraverso il test di Cochran.

RISULTATI

L'indagine ha portato alla raccolta di 8031 organismi appartenenti a 196 specie o taxa di cui 90 policheti, 75 crostacei, 23 molluschi, 7 echinodermi, 1 sipunculide. Nel piano di ordinamento ottenuto dal non-metric MultiDimensionalScaling i siti appartenenti alle diverse aree sono ben distinguibili (Fig. 1). In particolare i siti delle aree A e B, che sono nella fascia batimetrica relativa ai 25-31 metri, sono chiaramente separati (lato sinistro del plot) da quelli appartenenti alle restanti aree (lato destro del plot). Il two-way nested ANOSIM (global test) ha rivelato che esistono differenze significative tra aree ($R = 0,900$ $P < 0,05$). Lo stesso test effettuato relativamente al fattore sito non individua differenze statisticamente significative. Dal pair-wise test è emerso che tutte le aree sono differenti tra loro ($P < 0,05$). Le dissimilarità medie oscillano tra 48,32% (F vs. C) e 72,44% (A vs. E). Le aree A e B, appartenenti alla medesima fascia batimetrica, sono più simili tra loro di qualunque altra combinazione con le restanti aree. Questa affermazione non è valida per le altre coppie di aree: l'area C infatti (fascia batimetrica 32-38 m) è più simile ad F (fascia batimetrica 39-45 m) che a D (fascia batimetrica 32-38 m) pur essendo localizzata a profondità simile alla prima.

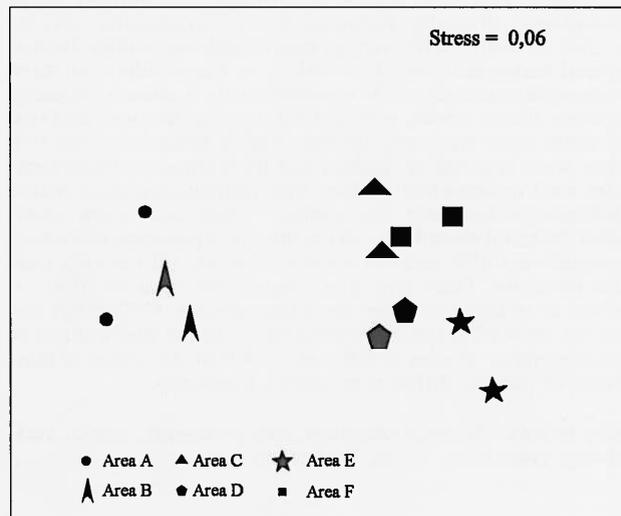


Fig. 1 - Non-MetricMultidimensional Scaling. I dati di abbondanza sono stati trasformati secondo la doppia radice quadrata. Le repliche sono state mediate.

Tab. 1 - Differenze nei valori di abbondanza tra aree delle specie che maggiormente contribuiscono alla dissimilarità media (riportata in basso).

	Area A	Area B	Area C	Area D	Area E	Area F
<i>Lumbrineris latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards	26,33	< 52,5	< 61	> 48,17	< 81,2	> 13,83
<i>Eunice vittata</i> (Delle Chiaje)	16,83	> 2,17	-	-	-	-
<i>Lumbrineris impatiens</i> Claparède	13,33	< 15,5	> 10	< 11,17	< 14,6	> 14,17
<i>Nephtys incisa</i> Malmgren	16,17	> 12,6	> -	< 0,67	< 4,8	< 7,33
<i>Nematonereis unicornis</i> (Grube)	8,33	-	-	-	-	-
<i>Amphiura chiajei</i> Forbes	6,5	< 9,33	> 5,2	< 6,83	-	-
<i>Harpinia</i> sp.	1,5	< 2,67	< 8,6	> 7,17	< 15,6	> 10,83
<i>Nereis</i> sp.	5,17	> 4,67	> 2,2	< 2,33	> 2,8	< 3,83
<i>Cossura soyeri</i> Laubier	6,5	> 22,17	-	-	-	-
<i>Syllis garciai</i> (Campoy)	7,17	> 4,67	-	-	-	-
<i>Magelona rosea</i> Moore	1,83	< 9,67	3,2	-	-	8,5
<i>Perioculodes longimanus</i> (Bates & Westwood)	2,17	< 3,5	4,4	-	-	-
<i>Aricidea claudiae</i> Laubier	-	12,33	-	-	3,8	-
<i>Apseudes latreilli</i> (Milne-Edwards)	-	3,17	2,8	2	2,2	8,17
<i>Laonice cirrata</i> (M. Sars)	-	-	13,2	> 5	> 3,4	< 10,83
<i>Monticellina dorsobranchialis</i> (Kirkegaard)	2	< 6,83	< 12,4	-	32,8	> 18
<i>Terebellides stroemi</i> M. Sars	-	-	6,2	> 3,67	> 2,2	> 2,17
<i>Notomastus latericeus</i> M. Sars	-	-	4,2	-	-	-
<i>Diplocirrus glaucus</i> (Malmgren)	-	-	12,2	-	-	14,83
<i>Apseudes echinatus</i> (G.O. Sars)	-	-	6	< 20,17	< 23,8	< 40,98
<i>Prionospio malmgreni</i> Claparède	-	-	4,8	-	-	16,83

Percentuale di dissimilarità tra aree: A vs. B = 53,19; A vs. C = 68,09; A vs. D = 70,18; A vs. E = 72,44; A vs. F = 70,53; B vs. C = 62,56; B vs. D = 65,91; B vs. E = 66,8; B vs. F = 63,33; C vs. D = 52,19; C vs. E = 52,01; C vs. F = 48,32; D vs. E = 52,4; D vs. F = 58,33; E vs. F = 51,49.

La procedura SIMPER ha permesso di evidenziare che le specie più abbondanti sono anche quelle che contribuiscono maggiormente a discriminare le aree (Tab. 1).

Nella Tabella 2 sono riportate, per queste specie, le categorie trofiche di appartenenza. In tutte le aree di studio dominano i detritivori con una percentuale intorno al 80%. Nelle aree A e B, tuttavia, i carnivori costituiscono circa il 15-20%, mentre nelle aree intermedie e profonde tale categoria trofica è soppiantata principalmente da specie filtratrici e limnivoie presenti con una percentuale del 10-20% (Fig. 2). L'analisi della varianza applicata alle suddette specie «cospicue» ha evidenziato per la maggior parte di esse una significatività relativa al fattore area (Tab. 3). Lo stesso test ha evidenziato per alcune di esse la significatività del fattore profondità.

Tab. 2 - Categorie trofiche delle specie che maggiormente contribuiscono alle dissimilarità tra aree.

Specie	Categoria trofica	Riferimento bibliografico
<i>Nephtys incisa</i>	C	Gaston, 1987
<i>Syllis garciai</i>		Fauchald, 1979
<i>Amphiura chiajei</i>		De Biasi <i>et al.</i> , 1997
<i>Apseudes echinatus</i>		Lastra <i>et al.</i> , 1991
<i>Apseudes latreilli</i>		Lastra <i>et al.</i> , 1991
<i>Aricidea claudiae</i>		Gaston, 1987
<i>Cossura soyeri</i>		Fauchald, 1979
<i>Diplocirrus glaucus</i>		Bachelet, 1981
<i>Eunice vittata</i>		Gaston, 1987
<i>Lumbrineris impatiens</i>	D	Gaston, 1987
<i>Lumbrineris latreilli</i>		Gaston, 1987
<i>Magelona rosea</i>		Fauchald, 1979
<i>Monticellina dorsobranchialis</i>		Fauchald, 1979
<i>Nematonereis unicornis</i>		Gaston, 1987
<i>Nereis</i> sp.		Gaston, 1987
<i>Notomastus latericeus</i>		Gaston, 1987
<i>Prionospio malmgreni</i>		Gambi <i>et al.</i> , 1985
<i>Terebellides stroemi</i>		Fauchald, 1979
<i>Harpinia</i> sp.	F	Bella-Santini <i>et al.</i> , 1998
<i>Perioculodes longimanus</i>		Bella-Santini <i>et al.</i> , 1998
<i>Laonice cirrata</i>	L	Gambi <i>et al.</i> , 1985

C: carnivori; L: limnivoie; F: filtratori; D: detritivori.

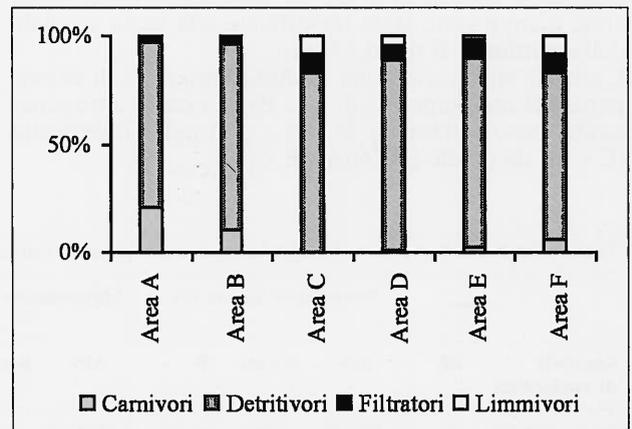


Fig. 2 - Percentuale delle categorie trofiche per area calcolata sui valori medi di abbondanza delle specie che maggiormente contribuiscono a discriminare le aree.

Tab. 3 - Analisi della varianza (ANOVA) applicata ai dati di abbondanza di tre specie scelte a titolo di esempio. In tutti i casi il test di Cochran (C) è risultato non significativo dopo la trasformazione.

Sorgenti di variabilità	g.l.	<i>Lumbrineris latreilli</i>			<i>Harpinia sp.</i>			<i>Monticellina dorsobranchialis</i>		
		MS	F-ratio	P	MS	F-ratio	P	MS	F-ratio	P
Prof (P)	2	0,238	0,176	ns	1,60	10,37	< 0,05	4,04	2056	ns
Area (A)	3	1,352	16,884	< 0,05	0,15	0,28	ns	1,57	10,39	< 0,05
Sito (S)	6	0,080	1,455	ns	0,55	1,28	ns	0,15	0,51	ns
Residuo	24	0,055			0,43			0,29		
Trasformazione Log (x + 1)										

L'analisi della varianza applicata ai parametri strutturali (Tab. 4) rivela differenze statisticamente significative per due dei tre fattori analizzati (Area e Sito) solo relativamente all'indice di diversità di Shannon (Tab. 5).

Tab. 4 - Parametri strutturali.

	S	ES	N	ES	D	ES	H'	ES
Area B	51,5	1,9	274,8	27,7	9,0	0,2	3,2	0,0
Area A	49,0	4,0	216,8	38,1	9,0	0,5	3,2	0,1
Area D	33,8	2,6	157,5	19,0	6,5	0,4	2,6	0,0
Area C	41,5	2,8	202,3	28,7	7,7	0,4	2,9	0,0
Area F	40,7	1,8	225,5	21,9	7,4	0,3	3,2	0,0
Area E	33,0	2,0	246	26,7	5,8	0,3	2,6	0,1

ES: errore standard (n = 6).

CONCLUSIONI

I risultati emersi dallo studio supportano solo in parte l'ipotesi secondo cui i processi ecologici responsabili dei pattern di distribuzione dei popolamenti bentonici opererebbero omogeneamente alle scale spaziali investigate. Alla scala delle decine di metri (Sito) la procedura SIMPER ed il test ANOSIM non hanno individuato differenze significative tra siti appartenenti alla stessa area, mentre sono state identificate alla scala spaziale delle centinaia di metri (Area).

L'analisi multivariata, ha inoltre, consentito di discriminare le aree superficiali (A e B) da tutte le altre separando meno nettamente le aree a profondità intermedia (C e D) da quelle profonde (E e F).

L'analisi delle categorie trofiche conferma quanto emerso dall'nMDS evidenziando l'esistenza di differenze tra le aree superficiali (A e B) e quelle intermedie e profonde. Nelle prime infatti è stata rinvenuta una percentuale consistente di carnivori che risultano pressoché assenti in tutte le altre aree. Le aree intermedie e profonde sono, invece, assimilabili per la componente a filtratori e limnivori.

L'analisi della varianza ha dimostrato che i popolamenti non si distribuiscono omogeneamente in relazione alla profondità. Le differenze di minore entità non sono sempre state osservate tra aree appartenenti alla medesima fascia batimetrica. Questo dato indica che il fattore profondità non può essere sufficiente, esso solo, a spiegare i pattern osservati. L'analisi dei gradienti e la zonazione dei popolamenti ad essi correlata è tradizionalmente un approccio diffuso (Whittaker, 1967; van der Meer, 1999). In particolare la profondità e conseguentemente la tessitura del sedimento sono i fattori che più spesso sono ritenuti responsabili delle discontinuità nella distribuzione delle comunità bentoniche marine (Boesch, 1973; Grey, 1981; Smith *et al.*, 1988). Il presente lavoro, seppure confermi la significatività della profondità, come dimostrato dalla analisi della varianza applicata ai taxa più comuni, sostiene l'ipotesi dell'esistenza di altri processi che operano all'interno della medesima fascia batimetrica.

Come tutte le conclusioni che emergono da studi di tipo descrittivo anche questa non può essere generalizzata perché non supportata da disegni sperimentali costruiti ad hoc per stabilire relazioni univoche di causa ed effetto tra fattori e variabili.

Tuttavia, anche gli studi descrittivi possono risultare fondamentali per generare ipotesi sui possibili processi che operano in una determinata area. Essi, inoltre,

Tab. 5 - Analisi della varianza (ANOVA) applicata ai parametri strutturali. In tutti i casi il test di Cochran (C) è risultato non significativo.

Sorgenti di variabilità	df	Numero di Specie (S)			Abbondanza Totale (N)			Ricchezza Specifica di Margalef (D)			Diversità Specifica di Shannon-Wiener (H')		
		MS	F-ratio	P	MS	F-ratio	P	MS	F-ratio	P	MS	F-ratio	P
Profondità (P)	2	584,77	3,967	ns	15396,27	2,036	ns	17,08	0,147	ns	0,682	1,425	ns
Area (A)	3	147,41	2,358	ns	7560,84	1,155	ns	4,38	0,068	ns	0,478	8,292	< 0,05
Sito (S)	6	62,51	2,038	ns	6544,97	1,639	ns	1,08	0,133	ns	0,058	6,438	< 0,001
Residuo	22	3,67			3992,54			0,58			0,009		

possono rappresentare una base per la pianificazione di programmi di monitoraggio negli studi di impatto ambientale dove si renda necessario distinguere la variabilità naturale dei popolamenti da quella indotta da fattori esterni (Underwood, 1990). Gli studi di caratterizzazione delle aree costiere sono spesso condotti attraverso disegni di campionamento che prevedono una serie di stazioni a profondità crescente distribuite lungo transetti perpendicolari alla costa. Questo studio dimostra che un tale approccio mette in risalto l'esistenza di un solo gradiente, ignorando altre possibili fonti di variabilità, e tale variabilità può confondere l'interpretazione dei pattern osservati portando alla formulazione di conclusioni errate.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. G. Sartoni (Università di Firenze) per la revisione critica del testo. Si ringraziano, inoltre, F. Gai (CIBM, Livorno), G. Boni (Livorno) e A. Vannucci (Aplysia, Livorno) per la collaborazione nelle attività di campo e di laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- Abbiati M., Virgilio M., Querci J., 1996. Variabilità spaziale e temporale nella distribuzione delle specie nel coralligeno di una falesia del Mar Ligure. *Atti del 7° Congr. Naz. Soc. Ital. di Ecologia* 17: 337-340.
- Airoldi L., Fabiano M., Cinelli F., 1996. Sediment deposition and movement over a turf assemblage in a shallow rocky coastal area of the Ligurian Sea. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 133: 241-251.
- Airoldi L., Virgilio M., 1998. Responses of turf-forming algae to spatial variations in the deposition of sediments. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 165: 271-282.
- Andrew N.L., Mapstone B.D., 1987. Sampling and the description of spatial pattern in Marine Ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Am. Rev.* 25: 39-90.
- Archambault P., Bourget E., 1998. Scales of coastal heterogeneity and benthic intertidal species richness, diversity and abundance. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 136: 111-121.
- Bachelet G., 1981. Donnée préliminaires sur l'organisation trophique d'un peuplement benthique marine. *Vie Milieu* 31 (3/4): 205-213.
- Bellan-Santini D., Caraman S.G., Ledoyer M., Myers A.A., Ruffo S., Vader W., 1998. The Amphipoda of the Mediterranean. *Mém. Inst. Océan. Monaco* 13: 815-959.
- Benedetti-Cecchi L., Acunto S., Bulleri F., Cinelli F., 2000. Population ecology of the barnacle *Chthamalus stellatus* in the north-west Mediterranean. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 198: 157-170.
- Benedetti-Cecchi L., Airoldi L., Abbiati M., Cinelli F., 1996. Estimating the abundance of benthic invertebrates: a comparison of procedures and variability between observers. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 138: 93-101.
- Benedetti-Cecchi L., Airoldi L., Abbiati M., Cinelli F., 1998. Spatial variability in the distribution of sponges and cnidarians in a sublittoral marine cave with sulfur-water springs. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 78: 43-58.
- Benedetti-Cecchi L., Menconi M., Cinelli F., 1999. Pre-emption of the substratum and the maintenance of spatial pattern on rocky shore in the northwest Mediterranean. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 181: 13-23.
- Bianchi C.N., Ceppodomo I., Nicolai 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. ENEA Serie Studi Ambientali, 291-315.
- Blanchard D., Bourget E., 1999. Scales of coastal heterogeneity: influence on intertidal community structure. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 170: 163-173.
- Boesch D.F., 1973. Classification and community structure of macrobenthos in the Hampton Roads area, Virginia. *Mar. Biol.* 21: 226-244.
- Burrows M.T., Hawkins S.J., 1998. Modelling patch dynamics on rocky shores using deterministic cellular automata. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 167: 1-13.
- Chapman M.G., 1998. Relationships between spatial patterns of benthic assemblages in a mangrove forest using different levels of taxonomic resolution. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 162: 71-78.
- De Biasi A.M., Benedetti-Cecchi L., Pacciardi L., Bertocci I., Maggi E., Vaselli S., 2003. Spatial heterogeneity in the distribution of plants and benthic invertebrates in the lagoon of Orbetello. *Oceanol. Acta* 26: 39-46.
- 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., Pulcini M., Virno-Lamberti C., De Ranieri S., 1997. Structural and functional aspects of a marine soft bottom community. *Atti Ass. Ital. Oceanol. Limnol.* 12: 415-425.
- Dunstan P.K., Johnston C.R., 1998. Spatio-temporal variation in coral recruitment at different scales on Heron Reef, southern Great Barrier Reef. *Coral reef* 17: 71-81.
- Fauchald K., Jumars P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Ocean. Mar. Biol. Ann. Rev.* 17: 193-284.
- Ferretti O., Manfredi-Frattarelli F., 1993. Caratterizzazione granulometrica e mineralogica dei sedimenti marini superficiali tra l'Isola d'Elba e l'Argentario (Tirreno Settentrionale). In: Arcipelago Toscano. Studio oceanografico, sedimentologico, geochimico e biologico. ENEA Serie Studi Ambientali, 171-195.
- Field J.G., Clarke K.R., Warwick R.M., 1982. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 8: 37-52.
- Gambi M.C., Giangrande A., 1985. Caratterizzazione e distribuzione delle categorie trofiche dei policheti nei fondi mobili del Golfo di Salerno. *Oebalia* 11: 223-240.
- Gaston G.R., 1987. Benthic polychaeta of the Middle Atlantic bight: feeding and distribution. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 36: 251-262.
- Grey J., 1981. Ecology of marine sediment: 1-185. Cambridge University Press, Cambridge.
- Guichard F., Bourget E., 1998. Topographic heterogeneity, hydrodynamics, and benthic community structure: a scale dependent cascade. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 171: 59-70.
- Kennelly S.J., Underwood A.J., 1992. Fluctuations in the distribution and abundances of species in sublittoral kelp forests in New South Wales. *Austr. J. Ecol.* 17: 367-382.
- Lardicci C., Como S., Corti S., Rossi F., 2000. Recovery of the macrozoobenthic community structure after severe dystrophic crises in a Mediterranean coastal lagoon (Orbetello Italy). *Mar. Poll. Bull.* 42 (3): 202-214.
- Lardicci C., Rossi F., 1997. Detection of stress on macrozoobenthos: evaluation of one methods in a coastal Mediterranean lagoon. *Mar. Env. Res.* 45 (4/5): 367-386.
- Lastra M., Palacio J., Sanchez A., Mora J., 1991. Estructura trófica infralitoral de la bahía de Santander. *Cah. Biol. Mar.* 32: 333-351.
- Menconi M., Benedetti-Cecchi L., Cinelli F., 1999. Spatial and temporal variability in the distribution of algae and invertebrates on rocky shores in the Northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 233: 1-25.
- Metaxas A., Hunt H.L., Scheibling R.E., 1994. Spatial and temporal variability of macrobenthic communities in tidepools on a rocky shore in Nova Scotia, Canada. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 105: 89-103.
- Morrisey D.J., Howitt L., Underwood A.J., Stark J.S., 1992. Spatial variation in soft-sediments benthos. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 81: 197-204.
- Pèrès J.M., Picard J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la station Marine d'Endoume Bulletin* 31 (47): 1-137.
- Rossi F., Casotti M., Maltagliati F., Lardicci C., 1999. Benthic community structure in an area of the gulf of Follonica influenced by a coastal power station. *Biol. Mar. Medit.* 6 (1): 433-436.
- Santangelo G., Abbiati M., Caforio G., 1993. Struttura di età e dinamica di popolazione di *Corallium rubrum*. In: Cicogna F.,

- Cattaneo-Vietti R. (eds). Il corallo rosso in Mediterraneo: Arte, Storia e Scienza: 131-157. Genova.
- Smith R.W., Bernstein B.B., Cimberg R.L., 1988. Community-environmental relationship in the benthos applications of multivariate analytical techniques. In: Soyle D.F., Kleppel G.S. (eds). Marine organisms as indicators: 247-326. Springer, Berlin Heidelberg, New York.
- Sousa W.P., 1984. The role of disturbance in natural communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 15: 353-391.
- Terlizzi A., Fraschetti S., Guidetti P., Boero F., 2002. The effects of sewage discharge on shallow hard substrate sessile assemblages. *Mar. Poll. Bull.* 44: 544-550.
- Underwood A.J., 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* Margaret Barnes. Ed., Aberdeen University Press 19: 513-605.
- Underwood A.J., 1990. Experiments in ecology and management: their logics, functions and interpretations. *Austr. J. Ecol.* 15: 365-389.
- Underwood A.J., 1997. Experiments in Ecology: their logical design and interpretation using analysis of variance. Cambridge University Press, Cambridge.
- Underwood A.J., Chapman M.G., 1996. Spatial patterns of distribution of intertidal invertebrates. *Oecologia* 107: 212-224.
- Underwood A.J., Kingsford M.J., Andrew N.L., 1991. Patterns in shallow subtidal marine assemblages along the coast of New South Wales. *Austr. J. Ecol.* 16: 231-249.
- Underwood A.J., Petraitis P.S., 1993. Structure of intertidal assemblages in different locations: how can local processes be compared? In: Ricklefs R.E., Schuler D. (eds). Species diversity in ecological communities: historical and geographical perspectives: 39-51. University of Chicago Press, Chicago.
- Underwood A.J., Skilleter G.A., 1996. Effect of patch-size on the structure of assemblages in rock pools. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 197: 63-90.
- Van der Meer J., 1999. Keeping things in order; multivariate gradient analysis of strongly fluctuating benthic communities. *J. Sea Res.* 42: 263-273.
- Virgilio M., Pacciardi L., Bertucelli M., Abbiati M., 2000. Analisi della dinamica spazio temporale del popolamento a coralligeno di Calafuria (Livorno). *Atti del 10° Congr. Naz. Soc. Ital. di Ecologia*: 56.
- Warwick R.M., Clarke K.R., 1993. Increased variability as a symptom of stress in marine communities. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 172: 215-226.
- Whittaker R.H., 1967. Gradient analysis of vegetation. *Biol. Rev.* 42: 207-264.

(ms. pres. il 10 ottobre 2002; ult. bozze il 29 luglio 2003)