



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA DI VITERBO

DIPARTIMENTO DI ECOLOGIA E SVILUPPO SOSTENIBILE

CORSO DI DOTTORATO DI RICERCA IN ECOLOGIA E GESTIONE DELLE
RISORSE BIOLOGICHE - XXII CICLO

***L'approccio morfo-funzionale come descrittore alternativo
per lo studio delle comunità malacologiche di fondo mobile***

CODICE BIO/07

COORDINATORE

DOTT.SSA ROBERTA CIMMARUTA

TUTOR:

PROF. EUGENIO FRESI, UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA "TOR VERGATA"

DOTTORANDO:

ANDREA BIDDITTU

VITERBO, 15 MARZO 2010

Ringraziamenti

Il primo ringraziamento non può che andare al mio tutor Prof. Eugenio Fresi, che ormai da anni mi segue nelle mie tante malacointemperanze sin dai tempi della mia tesi di laurea. Grazie a Lui raggiungo questo importante traguardo, sognato, dimenticato, e poi raggiunto.

Un sentito ringraziamento va anche al Prof. Michele Scardi, il quale mi ha aiutato negli ultimi mesi di questi tre anni, e col quale ho potuto dare una solida base statistica a molti ragionamenti, sintetizzarli e individuarne i tratti fondamentali ... fra gli infiniti aspetti della forma.

Non posso dimenticare le mie “sorelle maggiori”, le Dott.sse Marina Penna e Benedetta Trabucco, che mi hanno saputo consigliare in molte parti di questo lavoro e con le quali mi trovo sempre a condividere tanti aspetti della nostra vita professionale.

E sempre tornando alle mie care malacointemperanze ... ringrazio gli amici Antonello Carloni e Samantha Spagnuolo, il primo per aver revisionato la mia povera lingua inglese, la seconda per la pazienza dimostrata nel sopportare la mia ricerca delle categorie morfologiche corrette ... durante una “rilassante” vacanza in Sardegna.

Abstract

The macrozoobenthic communities have such particular dynamics so as to permit an integrated valuation of the space – temporal alteration of the ecosystem. Soft bottom macrobenthic animals, are in fact relatively sedentary, have long life-spans and are represented by a great number of species with different tolerance to stress and, at last, they play an important role in recycling nutrients.

Taking into consideration this heterogeneity and complexity, ecologists have the necessity to identify the emerging properties in order to simplify the structures and the processes of the system. In this framework the “community structure” is much more efficient than the “species” as indicator of the status of the ecosystem as it represents the historical memory of the system.

Identical species listed in different time and space are equivalent to equal state of the system and each shift in the list-vector corresponds to a significant change of the state of the system.

Although the taxonomical approach has several point of weakness it might be difficult to compare taxonomical identifications made by different experts; the skills and the knowledge of taxonomists may vary due to many different factors such as experience and practice. Moreover the link between the species and their functional role couldn't be directly evaluated.

The contribution of the benthic assemblages to ecosystem functioning will be dependent on the biological characteristics, or traits, exhibited by constituent species, as these determine how the species influence ecological processes. For example, burrowing activities of benthic invertebrates may alter sediment conditions through the resuspension of fine particles into overlying waters, may change the distribution of different-sized particles within sediments and may produce increases in the oxygen and water contents. These activities also transport buried organic matter and nutrients to the sediment–water interface, stimulating benthic microflora and microfauna communities and hence decomposition processes.

The present research provides a comparison between the taxonomical and non taxonomical approach in the study of the soft bottom benthic assemblages using a multitraits approach, stressing the role of the Mollusc syntaxon to the ecosystem functioning.

This phylum is, among the macrozoobenthic animals, a group of extreme heterogeneity in terms of feeding behaviour, habitus, reproduction and morphology. It is considered as efficient descriptor of benthic communities, meaning that they are excellent environmental indicators and the analysis of the marine malacofauna is often enough to provide valuable information about the state of health of an ecosystem.

The characterizing element of the Mollusc syntaxon is the shell, a calcareous exoskeleton produced always in the first life stages and following almost ever the body growth of the animal. For this reason, the shell is the interface through which the animal acquaints itself with its external environment, and its morphology must allow the typical primary functions of the animal (feeding, reproduction, locomotion, etc.).

The morphological analysis of the shell and its variation among taxa may represent a useful tool to identify variations in the environmental conditions and to evaluate the ecological status of an ecosystem. The research of this Thesis is based upon this approach, defining an alternative procedure for the evaluation of the structure of the soft bottom benthic communities and the recognition of recurrent typologies through the utilization of alternative descriptors to the taxonomic one.

The data set object of the study is made of 60 sample surveys that came from all over the Italian peninsula and collected at several depths. By comparing the shell shape of each species and by using geometrical models available in literature, it is possible to **identify morphological categories (morphotaxa) transversal to the traditional taxonomical ones (species)** with the aim to represent different aspects of the ecological functions in benthic communities and ecosystems.

The comparison between the traditional synecological approach (species or structural analysis) and the morpho-functional one has allowed the valuation of the **coherence between shape and habitat**.

Furthermore, the bathymetric and sedimentological analysis has allowed to recognize preferential ranges for each morphotaxon, while the biocoenotic analysis of the structural elements of each morphotaxon and the study of obtained result of each sample survey obtained by Multivariate Analysis (Correspondence Analysis - CA; Indicator Species Analysis, ISA) has allowed to **recognize recurrent typologies along the depth gradient**.

The collection and organization of morphological information has been useful to realize a preliminary data set relative to the morpho-functional traits of soft bottom marine Molluscs, and therefore, to valuate and create analytical tools based upon alternative descriptors to the taxonomical ones, useful in the biological monitoring and in the valuation of the ecological status of the marine ecosystems.

Riassunto

Le comunità bentoniche rivestono un ruolo fondamentale nella caratterizzazione e nella funzionalità degli ecosistemi marini costieri, in quanto per le loro caratteristiche di persistenza, costituiscono delle memorie biologiche capaci di integrare nel tempo eventi diversi.

Per l'importante ruolo ecologico che il macrobenthos riveste nell'ambito dell'ecosistema marino, la conoscenza dei pattern di diversità che caratterizzano tali popolamenti diventa indispensabile, al fine di identificare aree prioritarie per la loro conservazione e per la regolamentazione delle attività antropiche che insistono in tali zone.

Negli ecosistemi marini costieri la diversità funzionale dei popolamenti bentonici è sempre stata tradizionalmente descritta attraverso l'analisi della composizione tassonomica di tali popolamenti. Un certo pattern nella struttura tassonomica può essere interpretato alla luce di cambiamenti in alcune caratteristiche ecologiche proprie dei diversi taxa, cruciali nella descrizione dei presunti ruoli funzionali svolti da tali organismi.

Benché l'approccio tassonomico sia in grado di rivelare la risposta agli stress ambientali, può risultare difficile individuare quali caratteristiche ecologiche effettivamente determinino tali reazioni. Organismi che mostrano tratti ecologici simili, non sempre rispondono agli "stressori" allo stesso modo, poiché, pur condividendo alcuni importanti attributi, possono differirne in altri, meno evidenti, ma altrettanto significativi.

Le funzioni svolte dalle specie bentoniche sono importanti nella regolazione dei processi ecosistemici e queste funzioni sono determinate dalle caratteristiche biologiche che queste specie mostrano, quali alimentazione, movimento, costruzione di esoscheletri o formazioni accessorie (p.e., tubi), etc.

Questo lavoro propone un approccio per lo studio delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile, che nasce dalla comparazione fra la lettura del sistema da parte dei classici descrittori tassonomico-sistematici (specie) e quella dei descrittori alternativi (caratteristiche morfologiche) per il syntaxon a Molluschi.

Questo phylum è il gruppo più significativo ed eterogeneo del macrozoobenthos di fondo mobile ed è considerato descrittore efficace delle comunità bentoniche; ciò vuol dire che sono eccellenti indicatori ambientali ed è spesso sufficiente l'analisi della malacofauna marina per ottenere preziose informazioni sullo stato di salute di un ecosistema.

L'elemento caratterizzante il syntaxon a Molluschi è la conchiglia, un esoscheletro calcareo che, prodotto almeno nei primi stadi di vita, nella quasi totalità delle specie segue l'accrescimento del corpo dell'animale. In tal senso, la conchiglia è l'interfaccia col quale l'animale si relaziona col

suo ambiente esterno e la cui struttura deve essere tale da permetterne le funzioni primarie tipiche (alimentazione, riproduzione, locomozione, ecc.).

L'analisi morfologica della conchiglia e la sua variazione fra i taxa può rappresentare quindi un strumento utile per l'identificazione di variazioni nelle condizioni ambientali e la valutazione dello stato ecologico di un ecosistema. Su tale tipo di approccio morfo-funzionale si basa la ricerca oggetto di questa Tesi, con la quale si vuole definire una procedura alternativa per la valutazione dell'assetto delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile e il riconoscimento di tipologie ricorrenti, mediante l'utilizzo di descrittori alternativi a quello tassonomico.

È stato utilizzato un data set comprendente 60 campagne di campionamento del macrozoobenthos di fondo mobile effettuate lungo tutta la costa italiana e a diverse profondità. La comparazione della forma della conchiglia di ciascuna specie e l'utilizzo dei modelli geometrici disponibili in letteratura, è stato possibile **individuare diverse categorie morfologiche (*morphotaxa*) trasversali alle tradizionali categorie tassonomiche (specie)** con la finalità di rappresentare aspetti diversi delle funzioni ecologiche all'interno delle comunità e quindi dell'ecosistema.

Attraverso la comparazione dei risultati ottenuti con l'approccio sinecologico classico (analisi sulle specie o analisi strutturale) e con l'approccio morfo-funzionale (analisi sui *morphotaxa*), si è valutata la **coerenza tra forma ed habitat**.

Inoltre, l'analisi batimetrica e sedimentologica ha permesso di riconoscere range preferenziali per ciascun *morphotaxon*, mentre l'analisi biocenotica sugli elementi costitutivi di ciascun *morphotaxon* e lo studio dei risultati ottenuti tramite analisi multivariata (Analisi delle Corrispondenze, AC; Indicator Species Analysis, ISA) su ciascuna campagna di campionamento ha permesso il **riconoscimento di tipologie ricorrenti lungo il gradiente costa-largo**.

Il lavoro svolto di raccolta e organizzazione dei dati morfologici è stato finalizzato alla creazione di un data set preliminare di dati relativi ai tratti morfologico-funzionali dei Molluschi marini di fondo mobile reperiti nel data set, per valutare e costruire, quindi, strumenti analitici per la messa a punto di una metodologia. Essa si basa sui descrittori alternativi a quello tassonomico-sistematico, impiegabile nell'ambito del monitoraggio biologico e quindi nella valutazione dello stato ecologico dell'ecosistema marino.

Indice

Parte I. Introduzione: Benthos e Diversità Funzionale

<i>1. Qualità ambientale e descrittori ecologici</i>	2
<i>2. Qualità ambientale in ambiente marino: il ruolo del macrobenthos</i>	3
<i>3. Diversità strutturale e diversità funzionale</i>	4

Parte II. Obiettivi della Tesi: l'approccio morfo-funzionale

<i>4. Obiettivi del lavoro di Tesi: descrittori alternativi non sistematici</i>	10
---	-----------

Parte III. La Forma della Conchiglia: approccio biologico, geometrico ed ecologico

<i>5. L'approccio biologico</i>	14
<i>Monoplacophora</i>	15
<i>Gastropoda</i>	16
<i>Cephalopoda</i>	19
<i>Bivalvia</i>	21
<i>Scaphopoda</i>	24
<i>6. L'approccio geometrico</i>	26
<i>La speculazione estetica: Aristotele e Plinio il Giovane</i>	26
<i>La descrizione qualitativa: i secoli XVII-XVIII</i>	27
<i>Il secolo XVIII: Peter Camper</i>	28
<i>La descrizione quantitativa del secolo XIX: Henry Moseley</i>	29
<i>La svolta del secolo XX: Thompson, lo Spazio-Tempo e le Griglie di Trasformazione</i>	32
<i>Gli anni '50 e la "scoperta" dei Bivalvi: Owen e Yonge</i>	37
<i>Verso la ricerca di parametri naturali: David Raup e i morfospazi</i>	42
<i>La fine della spirale logaritmica e l'analisi in silico</i>	46
<i>7. L'approccio ecologico</i>	51

Parte IV. Materiali e Metodi

8. Data set di dati	66
9. Descrittori morfologici: identificazione dei morphotaxa	70
10. Analisi dei dati: Tecniche matematico-statistiche	74

Parte V. Risultati e Discussione

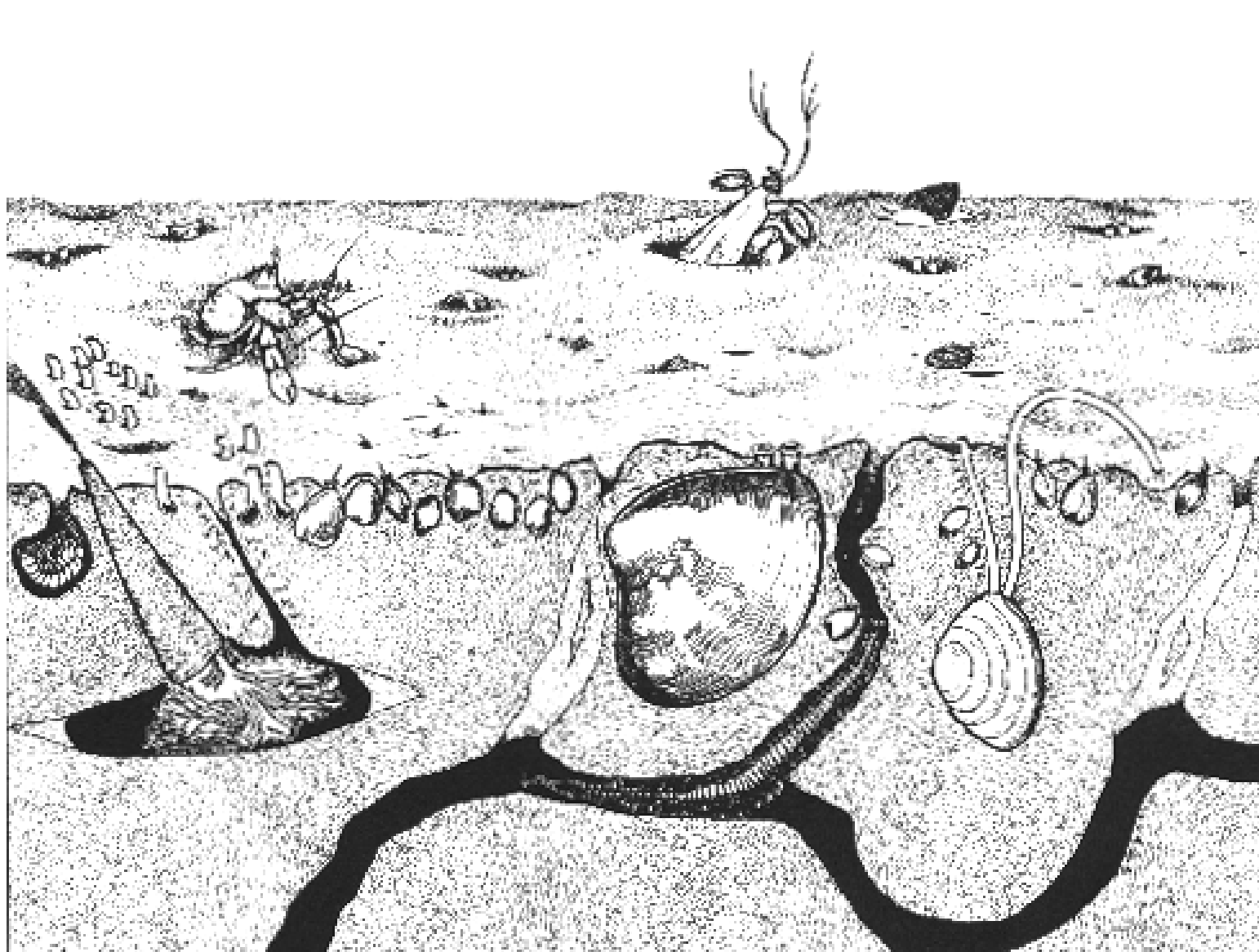
11. Analisi descrittiva del data set malacologico: specie	78
12. Descrittori morfologici: identificazione dei morphotaxa	82
<i>Profilo della spira</i>	83
<i>Forma della curva generatrice</i>	87
<i>Spessore della spira</i>	89
<i>Identificazione dei morphotaxa e nomenclatura utilizzata</i>	90
<i>Eccezioni nella identificazione dei morphotaxa</i>	91
<i>Morphotaxa individuati</i>	93
13. Analisi descrittiva del data set malacologico: morphotaxa	95
14. Coerenza tra forma e habitat e connotazione sinecologica dei morphotaxa	103
<i>PRISMA 2 - Vatova – Alto e Medio Adriatico, 1934-1936</i>	105
<i>PRISMA 2 - Orel – Alto Adriatico, 1967-1969</i>	108
<i>PRISMA 2 - Crema – Alto Adriatico, 1989-1995</i>	112
<i>PRISMA 2 – Orel & Fresi – Alto Adriatico, 1991-1993-1994</i>	116
<i>PRISMA 2 – Albertelli & Bedulli – Alto e Medio Adriatico, 1996-1997-1998</i>	121
<i>PRISMA 2 - Coste del Molise, 1997</i>	126
<i>PRISMA 2 - Da Giulianova a Pescara, 1998</i>	130
<i>Secche di Tor Paterno, 1998</i>	133
<i>Solvay – Condotta</i>	136
<i>Solvay – Rosignano</i>	139
<i>Haven</i>	142

<i>15. Tipologie ricorrenti lungo il gradiente costa-largo</i>	146
<i> Popolamenti dell'Infralitorale superiore</i>	<i>146</i>
<i> Popolamento dell'Infralitorale inferiore</i>	<i>147</i>
<i> Popolamenti del Circalitorale</i>	<i>150</i>
 <i>Parte VI. Conclusioni</i>	 155
 <i>Bibliografia</i>	 160
 <i>Allegato A. Tabelle dei Descrittori Alternativi</i>	

Parte I

Introduzione

Benthos e diversità funzionale



1. Qualità ambientale e descrittori ecologici

La recente normativa nazionale ed internazionale introduce il concetto di **qualità ambientale**, per la cui definizione sono richiesti dati e informazioni di natura ecologica, in passato non richiesti e sottostimati, in particolare per quanto riguarda la pianificazione del territorio e la gestione delle risorse naturali.

Di particolare importanza è la normativa prodotta a livello di Unione Europea (UE), ispirata dalla Convenzione sulla Diversità Biologica di Rio (CBD), entrata in vigore il 29 dicembre 1993, e vincolante le Parti Contraenti a considerare fondamentali la biodiversità e la conservazione della Natura ai fini dell'ambiente globale e delle strategie di sviluppo, le quali dovranno essere ambientalmente sostenibili. In particolare, si possono citare:

- *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*, nota come **WFD**¹;
- *Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy*, nota come **Marine Strategy Framework Directive**².

Tali direttive vincolano gli Stati Membri della UE nello sviluppo di strategie nazionali per la tutela degli ambienti acquatici (siano essi acque interne o marine); queste dovranno includere non solo una valutazione dettagliata dello stato dell'ambiente, ma anche una definizione di **Good Environmental Status (GES)** a livello regionale, di traguardi ambientali chiari e di programmi di monitoraggio.

La Direttiva WFD e la Strategia Marina, insieme al D.L. 258/2000 della Repubblica Italiana³, rispondono quindi all'esigenza di un contesto normativo finalizzato all'innalzamento e mantenimento della qualità delle acque interne e marine. Al fine di valutare lo stato ecologico dell'ecosistema, un ruolo centrale è svolto dalla chiave di lettura ecologica, nella quale particolare rilevanza è conferita agli elementi di qualità biologica, come ad esempio le comunità macrofittiche e macrozoobentoniche, considerando tutti gli altri elementi di valutazione (idromorfologici, fisico-chimici, ecc.) semplicemente a sostegno degli elementi acquisiti attraverso lo studio della componente biologica dell'ecosistema.

¹ http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html

² http://ec.europa.eu/environment/water/marine/index_en.htm

³ Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128". Pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 218 del 18 settembre 2000 - Supplemento ordinario n. 153. <http://www.camera.it/parlam/leggi/deleghe/testi/00258dl.htm>

Un'altro aspetto importante di questa normativa è la necessità di munirsi di strumenti idonei sia alla valutazione del GES sia alla lettura di eventuali variazioni nello status ecologico di un'area. Tali strumenti sono stati identificati nei **descrittori o indicatori ecologici** i quali non solo devono essere in grado di riassumere la complessità strutturale delle comunità, ma anche, opportunamente tarati, utilizzabili dall'Amministratore nello spirito della normativa vigente.

In sostanza, la recente normativa sembra accogliere quanto già da tempo è stato affermato in molte occasioni dalla comunità scientifica, ovvero il primato della "lettura biologica" di un ecosistema, sulla base dell'assunto che il descrittore biologico conservi una "memoria" degli eventi passati del sistema e, in quanto tale, sia rilevante alla comprensione del suo comportamento attuale e consenta previsioni (Bianchi & Zurlini, 1984 in BEDULLI *et al.*, 1986).

2. Qualità ambientale in ambiente marino: il ruolo del macrobenthos

Fra i possibili indicatori biologici in ambito marino, un importante ruolo è svolto dal macrobenthos. La conoscenza dei *pattern* di diversità che caratterizzano tali popolamenti diventa indispensabile, al fine di identificare aree prioritarie per la loro conservazione e per la regolamentazione delle attività antropiche che insistono in tali zone (Costello, 1998 in VAN HOEY *et al.*, 2004).

Diverse sono le motivazioni per le quali gli invertebrati del macrozoobenthos rivestono un ruolo primario nei sistemi marino costieri. Il macrobenthos rappresenta non solo una delle **vie principali nel ciclo dei nutrienti** (BILYARD, 1987), ma l'estrema **eterogeneità trofico-funzionale** e la **presenza di cicli vitali complessi** dei taxa che lo rappresentano, fa dello studio della comunità macrozoobentonica di fondo mobile un prezioso strumento di valutazione dell'integrità ecosistemica, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo (PEARSON & ROSENBERG, 1978).

I popolamenti macrozoobentonici, infatti, grazie ad un *turnover* assai più lento di quello dei popolamenti planctonici, hanno la capacità di memorizzare una più lunga serie di eventi ambientali e possono, perciò, fornire informazioni relative a perturbazioni pregresse. Inoltre, in quanto generalmente sessili e sedentari o comunque dotati di limitate capacità di spostamento, gli organismi bentonici sono particolarmente adatti come indicatori biologici di inquinamento, ovvero in grado di fornire informazioni sul fenomeno "inquinamento" e quindi sulla qualità ambientale dell'ecosistema marino costiero, in altro modo difficilmente ricavabili dall'osservazione dello stesso fenomeno nel suo complesso (OECD, 1993; KINGSTON & RIDDE, 1989).

Per questa ragione i popolamenti macrozoobentonici, essendo la risultante di eventi distinti nel tempo, rappresentano la memoria biologica del sistema e il loro studio può fornire un efficace strumento analitico, sia per la definizione dello stato ambientale nel suo complesso sia per la raccolta delle informazioni di base utili alla conservazione e alla gestione degli ecosistemi marino costieri (BEDULLI *et al.*, 1986; DAMIANI *et al.*, 1988).

Considerando l'estrema complessità dell'ecosistema marino, c'è la necessità di identificare le proprietà emergenti in grado di esemplificare le strutture ed i processi oggetto di indagine. Lo studio delle comunità bentoniche e l'approccio sinecologico, che tale tipo di studi richiede, integra e completa quello basato sul concetto di "specie indicatrice", che veniva utilizzato nei primi metodi biologici per la valutazione della qualità dell'ambiente, messi a punto per le acque lotiche.

A tal proposito bisogna dire che l'indicatore-specie è meno efficiente di un indicatore-comunità, corrispondente ad una lista di specie o una quantità ad essa associata (es. una misura della diversità, nel senso della Teoria dell'Informazione). Tale lista può essere effettivamente considerata come la **“storicizzazione” di serie complesse di eventi interne al sistema** che ne riflette le condizioni complessive: a liste di specie eguali in tempi o spazi diversi, corrispondono eguali stati del sistema globale ed ogni cambiamento significativo del vettore-lista corrisponde, nel tempo come nello spazio, ad un cambiamento di stato del sistema, detto transizione ecologica.

È noto che tali “discontinuità di struttura” della comunità testimoniano, spesso meglio di singoli “indicatori”, sia le transizioni naturali tra sistemi, sia gli effetti, più o meno permanenti, di sorgenti di disturbo, evidenziando “effetti soglia” complessivi nella distribuzione spazio-temporale delle caratteristiche globali del sistema. La ricerca di tali transizioni ha dunque lo scopo primario di ricercare i generatori dei *pattern*: l'effetto di una perturbazione, in qualche forma associata alle attività generatrici, è letto come scarto significativo da una lista di specie descrivente uno stato di riferimento.

Il ruolo di indicatore attribuito all'intera comunità (animale o vegetale) va quindi interpretato alla luce delle capacità insite della comunità di rispondere alla situazione ambientale globale. Dallo studio delle modificazioni quali-quantitative nella struttura della comunità, si possono infatti trarre informazioni sufficientemente complete circa la qualità dell'ambiente.

Fra i diversi syntaxa del macrozoobenthos marino, i Molluschi rappresentano un'importante frazione da un punto di vista sinecologico. Essi sono infatti considerati dei descrittori efficaci di comunità bentoniche (GAMBI *et al.*, 1982); ciò vuol dire che sono eccellenti indicatori ambientali ed è spesso sufficiente l'analisi della malacofauna marina per ottenere preziose informazioni sullo stato di salute di un intero ecosistema.

3. *Diversità strutturale e diversità funzionale*

I criteri tradizionalmente utilizzati nello studio degli ecosistemi e delle specie animali e vegetali sono riferibili all'analisi della **diversità strutturale**, essenzialmente attraverso la compilazione e comparazione di liste di specie. Gli inventari floristici e faunistici portano alla definizione della struttura delle comunità di organismi presenti in una certa area, e il *pattern* tassonomico così generato è interpretabile alla luce di cambiamenti in alcune caratteristiche ecologiche proprie dei diversi taxa, cruciali nella descrizione dei presunti ruoli funzionali svolti da tali organismi.

Negli ecosistemi marini, dove la diversità dei popolamenti bentonici è tradizionalmente descritta attraverso l'analisi della composizione tassonomica di tali popolamenti (BREMNER *et al.*, 2003), la tutela ambientale è comunemente legata a quella di conservazione della biodiversità intesa come diversità strutturale (numero di specie e loro abbondanza) e l'approccio strutturale viene usato in particolare per valutare gli effetti delle attività umane sullo stato ecologico dell'ecosistema marino. Diversi studi hanno correlato caratteristiche quali le diverse modalità di alimentazione, longevità, dimensioni corporee e mobilità a cambiamenti nella distribuzione delle specie nelle comunità esposte a diversi "stressori".

Benché quest'approccio sia in grado di rivelare la risposta dei singoli taxa agli stress ambientali, può risultare difficile individuare quali funzioni ecologiche effettivamente determinino le reazioni stesse: organismi che mostrano tratti ecologici simili, non sempre rispondono agli "stressori" allo stesso modo, poiché, come già detto, nonostante condividano alcuni importanti attributi, possono differirne in altri, meno evidenti, ma altrettanto significativi.

Inoltre, negli ultimi anni è stato più volte messo in luce che il legame fra ecosistema e ricchezza in specie è piuttosto controverso e l'utilizzo della sola componente strutturale come indicatore della diversità biotica non ha un preciso potere esplicativo (HOOPER *et al.*, 2002): i processi ecosistemici sono influenzati dalle caratteristiche funzionali delle specie coinvolte (per il benthos (SNELGROVE, 1998), piuttosto che dall'identità tassonomica.

Ciò è soprattutto vero quando un territorio è sottoposto ad una diversa destinazione d'uso, esercitando per esempio una maggiore pressione antropica (eutrofizzazione, prelievo della risorsa biologica, ecc.) sugli ecosistemi ivi presenti. In questa situazione, più che un declino nel numero di specie *per se*, si assiste a cambiamenti radicali nelle condizioni abiotiche e scomparsa di interi gruppi funzionali, ciò che ha un effetto maggiore sugli processi ecosistemici. La ragione principale è che il più delle volte la scomparsa di specie non è un fenomeno casuale, ma è distribuita in maniera differenziale nei diversi gruppi funzionali (DÍAZ & CABIDO, 2001), soprattutto quando una o poche specie sono responsabili per un determinato processo ecosistemico (HOOPER *et al.*, 1995).

Da tali evidenze nasce l'esigenza di dotarsi di un approccio funzionale allo studio della diversità biologica, riguardante l'analisi e lo studio delle **caratteristiche o tratti biologici delle specie (*biological traits*)** nel loro insieme. Tale tipo di approccio consiste nella valutazione del valore e della variazione dei tratti biologici che influenzano il funzionamento degli ecosistemi, in altre parole nella valutazione della cosiddetta diversità funzionale, così come definita da TILMAN (2001).

Attraverso la considerazione simultanea di diversi tratti biologici, si vuole quindi ricercare quei gruppi funzionali applicabili a tutti i tipi di ecosistemi, i quali siano la sintesi delle differenti risposte ai gradienti ambientali che le singole specie attuano e del loro effetto sui processi ecosistemici. Il risultato finale è l'individuazione di combinazioni evolutive condivise da più specie diverse da un punto di vista tassonomico. Tali combinazioni rappresentano una descrizione sintetica delle diverse strategie primarie che le specie attuano per la loro sopravvivenza in un dato ecosistema (HOOPER *et al.*, 2002).

Per quanto riguarda il benthos, l'analisi dei tratti biologici ha ricevuto al momento poco interesse e sono stati proposti approcci alternativi per valutare la qualità ambientale e la funzionalità ecologica dell'ecosistema marino (BREMNER *et al.*, 2003): è da citare l'approccio trofico, basato sulle diverse modalità di alimentazione delle specie.

L'**analisi dei gruppi trofici** combina i taxa animali sulla base dei loro diversi modi alimentari in *guilds* (gilde, corporazioni) e investiga come queste associazioni si distribuiscono nei popolamenti. Questo tipo di analisi viene usata per esaminare i diversi tipi di impatti che insistono sull'ecosistema marino, quali ad esempio l'inquinamento e le attività alieutiche, nonché per valutare la naturale variabilità ambientale esistente. Nonostante tale approccio fornisca una lettura più chiara e diretta dei legami esistenti tra le specie e le funzioni dell'ecosistema rispetto a quella data dai metodi classici di analisi tassonomico-sistematica, la riduzione dei taxa ad un piccolo numero di gruppi può determinare una perdita di informazione ecologica potenzialmente importante. Questo poiché si tengono in considerazione esclusivamente le relazioni trofiche esistenti tra i diversi organismi e si tralasciano tratti ecologici importanti nella strutturazione dell'ecosistema.

Per esempio, certi tipi di trofismo e movimento mostrati dagli invertebrati bentonici (per esempio, la categoria trofica dei detritivori e il movimento legato alle attività di escavazione) possono portare al rimaneggiamento del sedimento, aumentando la profondità di penetrazione dell'ossigeno e del detrito organogeno e facendo, conseguentemente, incrementare la decomposizione della materia organica (PEARSON, 2001). Altri tratti biologici, come la costruzione di tubi, sono coinvolti nel trasposto delle tossine nel e attraverso il sedimento (ALLER, 1983; BREMNER *et al.*, 2006b).

Nell'analisi dei tratti biologici, ogni specie è quindi caratterizzata da una serie di attributi funzionali che insieme riguardano il suo ruolo ecologico, inteso come l'effetto sulla distribuzione ed abbondanza delle altre specie nella comunità (Sutherland, 1978 in Piraino, 1997). Non si tiene in considerazione solo la modalità di alimentazione degli organismi, ma anche tutta una serie di proprietà morfologiche e comportamentali “esibite” dagli organismi trasversalmente nell'intero popolamento considerato. La diversità funzionale va quindi oltre il concetto di appartenenza ai livelli trofici e non è riconducibile alla classificazione di poche unità o gruppi di specie-funzione, ma racchiude una vasta rappresentazione, qualitativa e quantitativa, di interazioni biotiche flessibili e non rigidamente precostituite (PIRAINO & FANELLI, 1997).

Ci potrebbero essere molti **vantaggi teorici e pratici** nell'utilizzo di questi descrittori nella definizione dell'assetto delle comunità macrozoobentoniche marine di fondo mobile, nell'ambito di monitoraggi ambientali e quindi nella valutazione dello stato ecologico dell'ecosistema marino.

Da un punto di vista teorico, esistono forti correlazioni fra i tratti funzionali e i processi ecosistemici (DÍAZ & CABIDO, 2001; COLEMAN & WILLIAMS, 2002) e la distribuzione dei tratti biologici è direttamente correlabile ai meccanismi di strutturazione dell'ecosistema (USSEGLIO-POLATERA *et al.*, 2000), ragione per la quale i cambiamenti nelle comunità possono essere immediatamente evidenziati e non semplicemente dedotti, come nell'approccio tradizionale.

Inoltre, la variabilità nella composizione specifica di una comunità può essere un ostacolo qualora la sostituzione delle specie avvenga su gradienti geografici ampi (GEE & WARWICK, 1996; ENGLE & SUMMERS, 1999; LANCELLOTTI & VASQUEZ, 1999), in quanto risulta difficile estrapolare delle generalizzazioni su struttura e funzione delle comunità presenti lungo il gradiente stesso. L'analisi dei tratti biologici utilizza le caratteristiche condivise da più taxa che compongono una comunità, a prescindere dalla sua composizione in specie, e rappresenta un valido approccio per misurare la strutturazione degli ecosistemi, caratteristica indipendente dalla posizione geografica (DOLEDEC *et al.*, 1999; CHARVET *et al.*, 2000; USSEGLIO-POLATERA *et al.*, 2000).

Da un punto di vista pratico, si sottolinea il fatto che le caratteristiche di una specie sono il prodotto dell'evoluzione biologica che si estrinseca attraverso una scala temporale molto ampia, ma la presenza di specie con determinate caratteristiche in un dato sistema riflette la “risposta” della comunità ai cambiamenti ambientali su piccola scala temporale. Cosicché, le modificazioni rilevate a livello dei descrittori biologici studiati all'interno dei diversi popolamenti bentonici possono essere usate, ad esempio, per indicare gli effetti degli impatti umani sulle funzioni ecologiche. Quando cambiamenti ambientali indotti dalle attività antropogeniche determinano perturbazioni sullo stato delle comunità biologiche, solo le specie che possiedono certi tratti funzionali sono in grado di sopravvivere (Poff *et al.*, 1997, Statzner *et al.*, 2004 e Lamouroux *et al.*, 2004 in VIEIRA *et*

al., 2006). Di conseguenza, pattern nella distribuzione dei tratti in ambienti disturbati potrebbero rilevarsi diagnostici di fattori di stress (come ad esempio la sedimentazione), che possono aver causato l'alterazione dell'assetto della comunità.

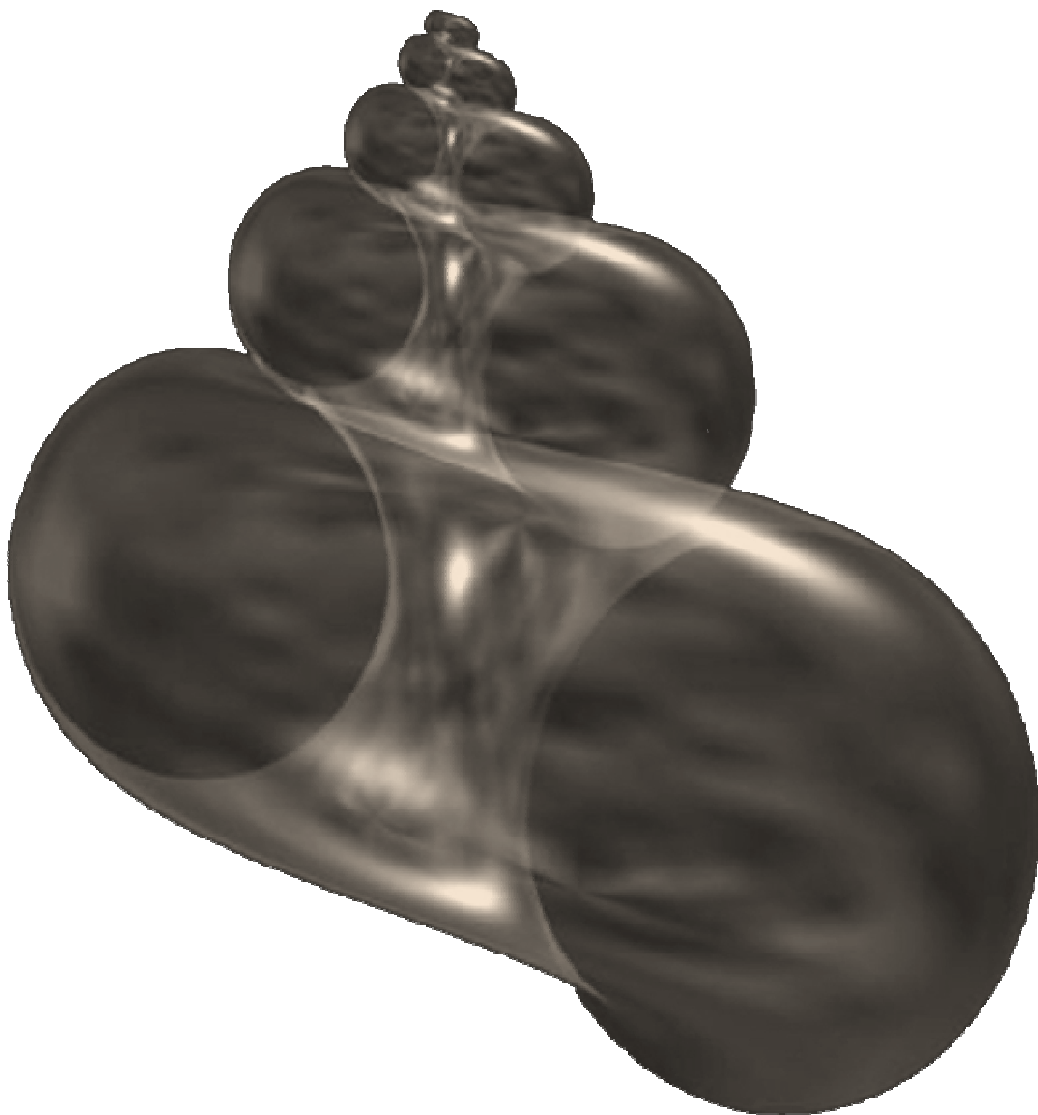
Un altro tipo di approccio per determinare la diversità funzionale degli ecosistemi marini si basa sulla **diversità morfologica**, la quale rappresenta una delle misure più intuitive di diversità biologica (ROY *et al.*, 2001). Nonostante l'interesse che la forma dell'organismo suscita come possibile tratto biologico (WILLIAMS *et al.*, 1994; WILLIAMS & HUMPHRIES, 1996), non è stato al momento reperire in letteratura lavori scientifici utili a chiarire come la forma da solo possa spiegare la struttura e il funzionamento degli ecosistemi.

Tale stato di cose sembra da imputare alla mancanza di informazioni per molti gruppi di organismi e sulle modalità di correlazione fra distribuzione spaziale della ricchezza in specie e andamento nella diversità morfologica (ROY *et al.*, 2001).

Parte II

Obiettivi della Tesi

L'approccio morfo-funzionale



4. Obiettivi del lavoro di Tesi: descrittori alternativi non sistematici

La ricerca oggetto di questa tesi si vuole inserire in quel filone che ricerca nell'approccio morfologico il tratto biologico attraverso il quale poter inferire ipotesi sulla struttura delle comunità bentoniche di fondo mobile.

Un'analisi morfofunzionale clusterizza i taxa in gruppi omogenei da un punto di vista morfologico, attraverso l'analisi della variazione che interessa alcune variabili predittive della forma. Il numero di queste deve essere l'utile compromesso fra due possibili prospettive:

1. nella prima, il numero di variabili predittive è alto ed ha l'effetto di indebolire il processo di clusterizzazione con inevitabile riduzione a morphotaxa monospecifici, in altre parole ad ogni specie corrisponde un morphotaxon diverso;
2. nella seconda, il numero molto basso di variabili porta all'estremo il processo di clusterizzazione, producendo poche categorie morfologiche ad elevata variabilità morfologica; ciò comporta un'inevitabile perdita di informazione in quanto il modello morfologico prodotto non riesce a distinguere fra le diverse componenti che producono il sistema stesso.

Questo tipo di analisi vuole anche fornire una procedura standardizzata per l'interpretazione di determinati pattern e l'utilizzo dei descrittori funzionali può rappresentare un metodo coerente per valutare le risposte della comunità a gradienti ambientali su scale locali, regionali e continentali; questa flessibilità è dovuta al fatto che i tratti biologici di un popolamento sono meno vincolati dalla biogeografia rispetto alla sua composizione tassonomica.

In aggiunta ai vantaggi teorici appena descritti, esistono anche notevoli vantaggi pratici nell'uso dei descrittori alternativi, ad esempio nell'ambito di programmi di monitoraggio lunghi. Infatti, dopo avere caratterizzato durante le prime fasi di studio il popolamento da un punto di vista strutturale (identificazione dei taxa al livello più basso possibile e relativo conteggio degli esemplari), successivamente l'approccio "alternativo" (d'ora in avanti detto "morfofunzionale") potrebbe risultare più conveniente da un punto di vista temporale, poiché livelli di identificazione tassonomica più alti e complementari rispetto alla specie possono essere adeguati per lo scopo (Dolédéc et al., 1998, 2000 e Gayraud et al., 2003 in Vieira et al., 2006).

Il metodo basato sui tratti biologici può, inoltre, superare le ambiguità tassonomiche (Moulton et al., 2000 in Vieira N.K.M. et al., 2006), che invece possono influenzare l'interpretazione della risposta ai gradienti ambientali. Le ambiguità possono verificarsi soprattutto in due casi:

1. i taxa, per diversi motivi, non sono identificabili ai livelli più bassi, ed individui della stessa specie sono “involontariamente” contati come due gruppi tassonomici differenti;
2. per molti taxa di Molluschi con ecologia perfettamente comparabile, risulta molto difficile l'identificazione specifica (fra gli esempi “estremi”, Pyramidellidae, Eulimidae, Turridae s.l., ecc) e ciò comporta una spesa temporale maggiore e/o un possibile errore di identificazione, soprattutto quando l'identificatore non sia un esperto malacologo.

I tratti funzionali che sono in grado di descrivere la tolleranza ambientale delle specie sono spesso chiamati a spiegare le risposte biologiche al disturbo ambientale. L'esistenza di caratteristiche di questo tipo, rilevanti per specifici stressori ambientali (come ad esempio l'incremento in sostanza organica) arricchisce le basi empiriche per l'interpretazione dei dati.

Tuttavia, il fattore limitante per l'applicazione del metodo basato sull'utilizzo dei descrittori biologici è la mancanza di un *database* completo dei tratti biologici relativo in particolare al malacobenthos. L'analisi e lo studio delle comunità bentoniche marine potrebbe essere potenziato se informazioni su abitudini comportamentali ed alimentari, caratteristiche morfologiche, strategie riproduttive, etc. fossero maggiormente disponibili per le diverse specie.

Lo scopo primario di questo lavoro di tesi è tentare di colmare questa lacuna e procedere alla realizzazione di una base teorica e pratica per l'acquisizione di dati relativi ai descrittori biologici. Quindi, l'obiettivo è definire una procedura per la valutazione dell'assetto delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile e il riconoscimento di tipologie ricorrenti, mediante l'utilizzo di descrittori diversi da quello sistematico.

Impiegando diversi *datasets* relativi al macrozoobenthos di fondo mobile di zone marine costiere italiane (dai 5 ai 50 metri di batimetria), determinate caratteristiche biologiche morfologiche, comportamentali e legate ai cicli vitali delle specie (come abitudini alimentari, dimensioni e forma del corpo, abitudini di vita) sono state individuate, catalogate e codificate per indicare aspetti della loro funzione ecologica all'interno della comunità e quindi dell'ecosistema (Naeem et al., 1999).

I descrittori biologici, alternativi al classico descrittore tassonomico-sistematico, potrebbero essere utilizzati per sviluppare e definire “indicatori funzionali” dell'ecosistema marino.

Molti tratti, infatti, riassumono la stretta relazione tra il ruolo funzionale degli organismi e i fattori ambientali di controllo, come ad esempio il substrato e la salinità. Alcune caratteristiche biologiche, inoltre, possono essere condivise da organismi che differiscono ampiamente nella loro identità tassonomica, rendendo possibile un'analisi della comunità a diverse scale spaziali (Bremner et al., 2006a; Usseglio-Polatera et al., 2000a). Gli attributi funzionali che una specie possiede sono come già accennato il prodotto della selezione naturale esercitata dall'ambiente in cui la specie

evolve. Così, tali attributi sono intrinsecamente associati alle forzanti ambientali (ad esempio, idrodinamismo, substrato, temperatura), e ciò è particolarmente vero per gli organismi che presentano una mobilità ridotta, come quelli bentonici.

Attraverso questa tesi, un cospicuo lavoro di reperimento di informazioni e di ricerca bibliografica è stato svolto proprio allo scopo di creare un massa critica di dati relativi ai tratti biologici-funzionali degli organismi bentonici marini di fondo mobile, e valutare e costruire, quindi, strumenti analitici per la messa a punto di una metodologia basata sui descrittori alternativi a quello sistematico-tassonomico, impiegabili nell'ambito del monitoraggio biologico e quindi nella valutazione dello stato ecologico dell'ecosistema marino.

Parte III

La forma della conchiglia

*Approccio biologico,
geometrico ed ecologico*



5. L'approccio biologico

La conchiglia è un esoscheletro calcareo che si è sviluppato per convergenza evolutiva in molti taxa acquatici (p.e., globigerine, Molluschi, Artropodi, Brachiopodi, ecc.). In questa Tesi l'attenzione sarà rivolta esclusivamente alla conchiglia dei Molluschi nei quali peraltro essa mostra la più ampia varietà di forme. Per una trattazione maggiormente approfondita della biologia e sistematica di questi animali si può far riferimento a una gran messe di pubblicazioni sia scientifiche (p.e., MCNEILL ALEXANDER, 1983; ARGANO *et al.*, 1991; BACCETTI *et al.*, 1991; BEESLEY *et al.*, 1998) che divulgative (p.e., DANCE, 1992; SABELLI, 1994; BIDDITTU, 2003), alcune delle quali sono state utilizzate per la trattazione generale che segue.

Il phylum Mollusca rappresenta, dopo gli Artropodi, il taxon più ampiamente diffuso nel Regno animale con più di 130,000 specie viventi e circa 35,000 fossili al momento descritte. Il successo di questa linea filetica è da imputare alla notevole plasticità genetica che ha permesso loro di occupare, tramite un'ampia radiazione adattativa, tutti gli ecosistemi rappresentati a livello di Biosfera.

I Molluschi sono metazoi protostomi a simmetria bilaterale con corpo molle non segmentato, cavità celomica ridotta a gonopericardica, uova a segmentazione spirale e solitamente a sviluppo larvale. La sistematica del gruppo è in costante evoluzione e profondi cambiamenti sono stati effettuati in questi ultimi anni, dai livelli tassonomici più bassi fino ai ranghi di superclasse. In questa sede si seguirà la suddivisione dei Molluschi in otto classi viventi (Tab. 1).

Subphylum	Superclasse	Classe
Scutopoda		Caudofoveata
Adenopoda	Heterotecta	Solenogastres
		Polyplacophora
	Conchifera	Monoplacophora
		Gastropoda
		Cephalopoda
		Bivalvia
		Scaphopoda

Tab. 1. Sistematica dei Molluschi, modificata da BACCETTI *et al.* (1991).

Tutti i Molluschi producono, almeno al momento dello stadio larvale, un numero variabile di elementi calcarei esterni. Nelle classi meno evolute questi sono rappresentati da spicole o piastre non assimilabili ad una vera e propria conchiglia sia da un punto di vista embriologico che strutturale (Caudofoveati, Solenogastri, Poliplacofori); solo fra i Conchiferi si ha la formazione di una vera e propria conchiglia che può essere rappresentata da un'unica parte (Monoplacofori, Gasteropodi, Cefalopodi, Scafopodi) o da due parti (Bivalvi). In molti taxa di Gasteropodi, Cefalopodi e Bivalvi, essa presenta forme variabili di regressione al momento del passaggio allo stadio di vita adulto.

Sede di descrizione saranno i soli molluschi conchiferi, gli unici ai quali è possibile applicare al momento l'approccio morfo-funzionale sulla base della forma della conchiglia.

Monoplacophora

I Monoplacofori si distinguono in due sottoclassi Tergomya e Cyclomya (†), delle quali solo la prima comprende taxa tuttora viventi, di cui uno nei mari italiani (*Veleropilina reticulata* ex *Neopilina zografi* da WARÉN & GOFAS, 1996: Fig. 1).



Fig. 1. *Veleropilina reticulata*, da WARÉN & GOFAS (1996).

I Tergomi si caratterizzano per avere il corpo ricoperto dorsalmente da una conchiglia a spirale esogastrica, cioè con apice incurvato e rivolto anteriormente.

Nei Tergomi fossili, da cui si originano Gasteropodi e Cefalopodi, la conchiglia è appiattita ed esogastrica (come in *Neopilina*, ma più spessa); nei Ciclomi, da cui si sono evoluti Bivalvi e Scafopodi, si ha un'elevata variabilità con comparsa di successivi giri di spira. Questi protrudono a livello del capo, costituendo la caratteristica conchiglia a spirale esogastrica; tale caratteristica compare per far sì che il sacco dei visceri non incombi sulla cavità palleale, permettendo una normale respirazione ed evacuazione dei rifiuti intestinali.

Gastropoda

Costituisce la classe più diffusa e diverificata: più di 100,000 viventi (di cui 1725 in Italia) e circa 15,000 fossili al momento descritte (BODON *et al.*, 1995; BEDULLI *et al.*, 1995b).

La conchiglia dei Gasteropodi può essere immaginata in linea generale come il prodotto della rivoluzione di una curva chiusa (detta curva generatrice) attorno ad un asse fisso corrispondente all'asse della conchiglia (Fig. 2). Tale curva, rimanendo sempre geometricamente simile a se stessa, va continuamente aumentando di dimensioni; poiché la scala della curva generatrice aumenta in progressione geometrica mentre l'angolo di rotazione aumenta in progressione aritmetica e il centro di similitudine resta fisso, la curva tracciata nello spazio da punti corrispondenti della curva generatrice è in ogni caso una spirale equiangolare (MOSELEY, 1838).

Nelle conchiglie discoidi la curva generatrice ruota in un piano perpendicolare all'asse. Nelle conchiglie turbinate (la gran parte delle conchiglie note di Gasteropodi), la curva generatrice segue un cammino elicoidale rispetto all'asse di rivoluzione e la curva generata nello spazio da qualsiasi punto è ad angolo costante rispetto all'asse del cono di avvolgimento, assumendo quindi le caratteristiche sia di un'elica sia di una spirale logaritmica. In tal senso, le conchiglie turbinate possono essere definite come "elicospirali". L'avvolgimento spirale del tubo attorno all'asse fisso o della conchiglia genera internamente la formazione di un tubo (detto columella) sul quale si inseriscono i muscoli columellari. Se l'avvolgimento è molto stretto, l'asse columellare è pieno e non si apre all'esterno (conchiglia imperforata). La columella risulta cava al suo interno e si formerà un'apertura alla base della conchiglia (ombelico) quando l'avvolgimento è lasso; in questo caso la conchiglia sarà detta perforata od ombelicata in funzione dell'ampiezza dell'ombelico.

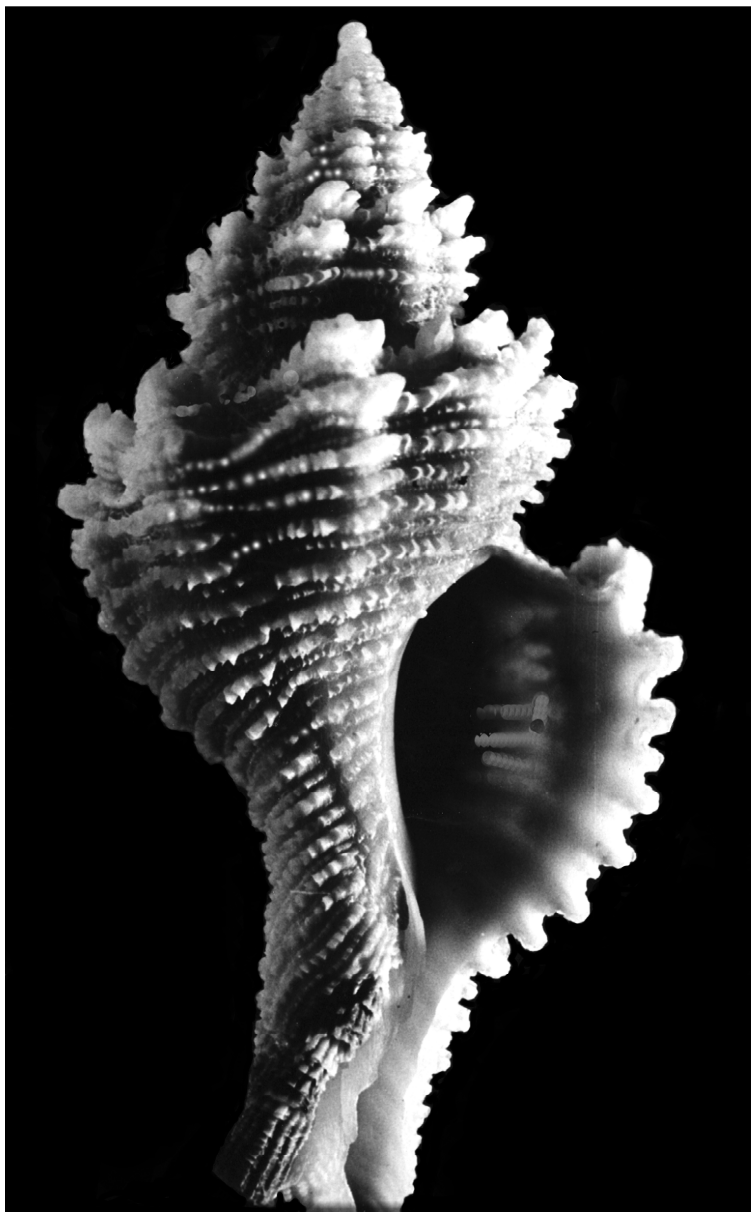


Fig. 2. *Coralliophila squamosa*, gasteropode dalla tipica conchiglia (da BIDDITTU, 2003).

Le conchiglie dei Gasteropodi si possono dividere in due parti fondamentali (Fig. 2). La protoconca o nucleo è il nicchio embrionale e corrisponde alla parte posteriore della conchiglia; da essa per accrescimento si svilupperà la seconda parte della conchiglia che sarà l'elemento definitivo (teloconca). La linea di contatto tra due giri consecutivi prende il nome di sutura e l'insieme dei giri, tranne l'ultimo, è detto spira. L'ultimo giro viene detto anche giro del corpo e termina con la bocca o apertura o stoma, talvolta internamente dotata di lamelle o pliche che assumono la forma di dentelli. L'apertura in alcuni taxa è caratterizzata da un'evidente peristoma, quando sul margine o labbro della bocca vi siano varie strutture di rinforzo, e corrisponde alla parte anteriore del corpo.

Spesso la conchiglia è caratterizzata da un rostro basale (canale sifonale), un prolungamento del peristoma con lo scopo di proteggere il sifone palleale dei Cenogasteropodi; in tal caso la conchiglia è detta sifonostoma, altrimenti olostoma se il peristoma non è interrotto. Il peristoma può inoltre presentare “distorsioni”; esse possono essere rivolte verso l'esterno (peristoma riflesso) o l'interno (peristoma inflesso).

L'altezza di una conchiglia si misura convenzionalmente dall'apice alla base; in particolare, la larghezza è la dimensione massima misurata perpendicolarmente all'asse apice-base. La larghezza corrisponde al diametro laddove la spirale avviene lungo un piano (Planorbidae, Omalogyridae).

Le conchiglie eliccate possono essere destrorse o sinistrorse a seconda che le spire si avvolgano l'una sull'altra in senso orario od antiorario; la quasi totalità delle conchiglie risultano destrorse, ma si possono sviluppare rari casi di esemplari sinistrorsi in una specie destrorsa (e viceversa).

La superficie della conchiglia è spesso percorsa da diversi tipi di ornamentazioni specie-specifiche che nel loro complesso sono dette scultura. Quando questa corre lungo la direzione che va dall'apice alla base è detta scultura assiale; quando segue l'andamento dei giri è detta scultura spirale.

La forma più frequente di scultura assiale è rappresentata dalle strie di accrescimento. Esse sono per lo più sottili solchi sulla superficie della conchiglia, spesso strettamente ravvicinati fra loro, e rappresentano il risultato dell'accrescimento del nicchio. Un altro tipo di scultura assiale molto frequente è rappresentata dalle costole o coste, ispessimenti della superficie del nicchio la cui larghezza è variabile in funzione dell'età dell'esemplare e della specie in considerazione.

Analogamente alla scultura assiale, la scultura spirale presenta i medesimi componenti: strie spirali e coste spirali. Nel caso delle strie spirali, queste non sono tuttavia una traccia indiretta dell'accrescimento dell'individuo, ma sono direttamente prodotte dall'animale durante la sua crescita.

La scultura fino ad ora considerata è del tipo "a linea continua". Le ornamentazioni dei Gasteropodi sono tuttavia ben più numerose e complesse e sono rappresentate da ispessimenti puntiformi, comunemente detti tubercoli o varici. Essi sono disposti raramente in ordine sparso; più frequentemente si collocano sulla superficie con un determinato *pattern* che all'estremo può produrre la cosiddetta struttura cancellata, quando i tubercoli o le varici sono disposti in maniera così regolare da formare la trama di una rete.

Le ornamentazioni delle conchiglie dei Gasteropodi sono ben più numerose e complesse di queste ora sinteticamente descritte. Una loro trattazione completa esula tuttavia dalle finalità di questa Tesi per cui si rimanda a testi specifici per una loro esauriente trattazione. Molte ornamentazioni derivano inoltre dal periostraco, uno strato organico che avvolge la superficie della conchiglia.

Le conchiglie sono in ultimo caratterizzate da intense colorazioni (raramente utili dal punto di vista sistematico), dovute a pigmenti di due tipi principali: indigoli e pirroli solubili in acidi, melanine associate alla conchiolina insolubili in acidi. Tali pigmenti sono variamente distribuiti fra le varie classi e possono avere delle disposizioni più o meno stabili o riconoscibili all'interno di una stessa specie tanto che si parla di *pattern* di colorazione: avremo quindi la formazione di flammule, sfumature, ecc. le quali non fanno riferimento al tipo di colorazione, ma alla disposizione della colorazione stessa sulla superficie del nicchio e nel suo spessore.

La conchiglia non è una struttura fissa ed immutabile col crescere dell'animale, così come si pensava fino a qualche decennio fa. È stato osservato che la conchiglia dei Gasteropodi può andare incontro allo stadio adulto a modifiche secondarie (da citare in particolare VERMEIJ, 1970; KOHN *et al.*, 1979; VERMEIJ, 1987; SIGNOR, 1983). Queste possono essere di due tipi: dirette e indirette. Le modifiche dirette si hanno quando viene cambiata la struttura calcarea della conchiglia; quelle indirette non interessano la struttura calcarea, ma sono operate dal mollusco per "completarne" l'efficienza. Esse sono per lo più calcificazioni ed incrostazioni extra- ed intraperiostricali la cui funzione non è ancora del tutto nota. Anche se da un punto di vista morfologico tali formazioni sono estranee alla conchiglia, esse ne fanno tuttavia parte da un punto di vista strutturale, e la loro funzione è perfettamente sovrapponibile a quella dei corrispettivi morfologici della conchiglia.

Cephalopoda

Ai Cefalopodi appartengono circa 10,000 specie fossili e circa 730 specie viventi, di dimensioni oscillanti da 1 cm fino a più di 20 m, diffuse in tutti i mari, nelle acque italiane rappresentati da 58 specie (BELLO, 1995).

Come nelle altre classi di Molluschi, anche nei Cefalopodi il mantello secerne di solito una conchiglia. Conchiglie intere e ben sviluppate esistono oggi in un numero limitato di specie del Pacifico Occidentale (*Nautilus*) che nei secoli XVIII e XIX hanno rivestito un ruolo fondamentale per comprendere la forma della conchiglia. In passato erano invece patrimonio

comune di quantità veramente notevole di specie e si presentavano sotto le forme più varie e con dimensioni talora gigantesche (lunghezza fino a 5 m e diametro fino a 3 m).

I Cefalopodi fossili presentano una struttura della conchiglia molto complessa che ha dato luogo a una ricca nomenclatura per descriverla. Per motivi di sintesi verranno trattate in queste sede esclusivamente le conchiglie di specie tuttora viventi, soprattutto *Nautilus* (Fig. 3).



Fig. 3. Sezione di una conchiglia di *Nautilus* nella quale è possibile osservare i setti che la separano in camere e le perforazioni per il passaggio del sifuncolo.

In questo genere la conchiglia è composta, analogamente a Gasteropodi e Bivalvi, da un sottile strato esterno di natura organica con un pattern di colorazione a strisce marroni e bianche (periostraco), seguito da uno strato madreperlaceo, costituito da prismi aragonitici (nelle forme estinte talvolta calcitici), immersi in una matrice organica e da uno strato interno madreperlaceo e lamellare di natura aragonitica. La parte posteriore della conchiglia (fragmocono) è internamente suddivisa in camere da setti trasversali mineralizzati e concavi. L'ultima camera (camera del corpo) è occupata dall'animale. La linea di contatto tra i setti e la parete interna della conchiglia è detta sutura. I singoli setti sono perforati per permettere ad una esile propaggine del mantello (sifuncolo) di collegarsi all'apice della conchiglia. Il sifuncolo è spesso circondato da espansioni dei setti (colli settali) che talvolta si prolungano

da un setto all'altro a formare un tubicino continuo variabilmente mineralizzato, detto ectosifuncolo o tubo sifuncolare.

Nei Coleoidi la conchiglia va incontro ad un progressivo involuppo e diventa interna. Nei Sepiidae si trasforma in un largo scudo ("osso di seppia"), in *Spirula* assume una forma planospirale, nei Teuthidae resta solo una struttura laminare, trasparente e flessibile di natura cornea (gladio o penna di calamaro), in molti Ottopodi scompare del tutto.

Come si può osservare, la conchiglia dei Cefalopodi è estremamente modificata, anche in *Nautilus* dove è esterna e ancora contiene il corpo dell'animale. Tali caratteristiche solo il risultato dell'adattamento ad una vita pelagica o demersale, quindi da attivi nuotatori, caratteristica proprio di questi animali. In particolare, la conchiglia dei Cefalopodi, più che esoscheletro atto alla difesa da agenti esterni, trova il suo ruolo primario come struttura idrostatica atta al galleggiamento.

Bivalvia

I Bivalvi, con circa 20,000 specie di cui 332 italiane (BEDULLI *et al.*, 1995a), rappresentano la seconda classe più diffusa dei Molluschi; questi animali hanno modificato ampiamente la propria morfologia, ottenendo risultati non riscontrabili in altri *taxa*.

Allo stadio adulto la conchiglia dei Bivalvi si compone di due valve (destra e sinistra), articolate lungo il margine dorsale (Fig. 4). Allo stato larvale essa si presenta come un unico elemento (prodissoconca), di natura cuticolare non calcificata e collocata in posizione dorsale. La calcificazione ha luogo sui due lati opposti i quali, dopo piegamento e divisione, danno luogo a due piccole valve; il loro mantenimento *in situ* è garantito dalla presenza di una componente non calcificata, da cui prenderà origine il legamento. A livello del fianco inferiore della piega esterna avviene la secrezione del periostraco; questo ricopre in ultimo gli strati mineralizzati della conchiglia, prodotti dal mantello.

Dal punto di vista geometrico, la conchiglia dei Bivalvi può essere considerata come una superficie doppia con accrescimento che segue le leggi di una spirale logaritmica, similmente alla conchiglia dei Gasteropodi; il suo accrescimento avviene ai bordi del mantello (D'ARCY THOMPSON, 1942). La lunghezza è misurata come la dimensione maggiore in senso antero-posteriore, l'altezza come la dimensione maggiore in senso verticale, la profondità come la dimensione maggiore in senso trasversale.

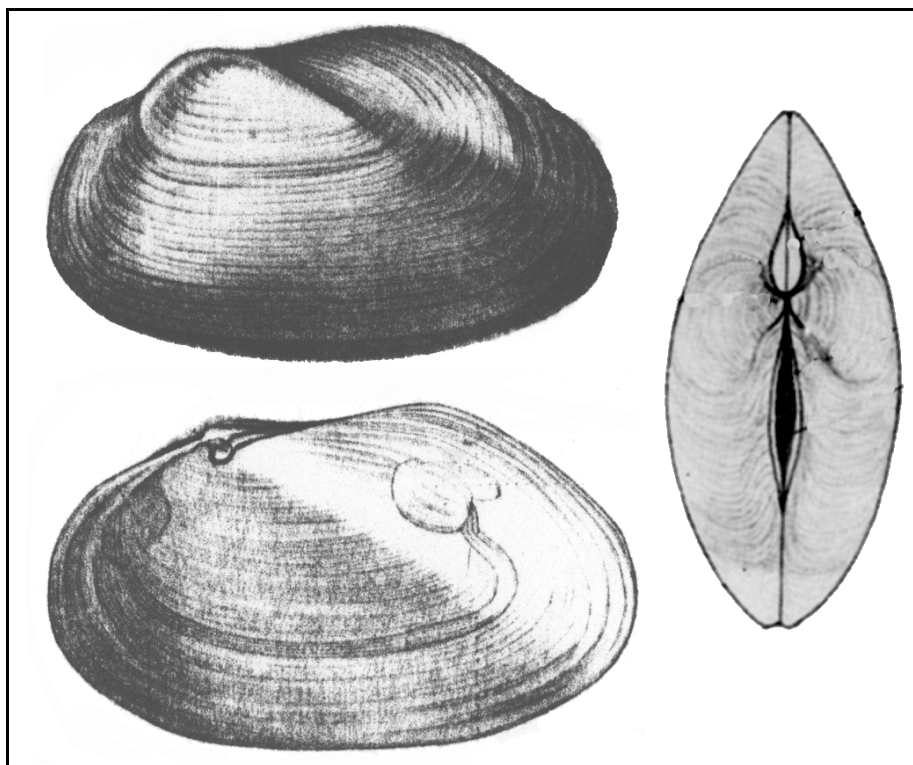


Fig. 4. Immagini di tipici bivalvi in visione laterale interna ed esterna e superiore (modificata da BIDDITTU, 2003).

Sulla parte dorsale delle valve è presente una zona più o meno rilevata, appuntita ed arcuata (umbone), punto da cui parte l'accrescimento della conchiglia. Il margine dorsale presenta due aree impresse, una anteriore (lunula) e una posteriore (scutello). Centralmente a quest'ultimo si posiziona il legamento elastico. Tale struttura unisce le valve, laddove si articolano, e le mantiene divaricate; è secreta dal mantello ed è costituita da due strati sovrapposti (esterno ed interno), derivati da modificazioni locali dei corrispondenti strati mineralizzati della conchiglia. Lo strato esterno è costituito da lamelle parallele di una proteina fibrosa tannata con chinoni, non contenente carbonato di calcio; quello interno (cartilagine o resilium) ha struttura fibrosa e consiste di proteine tannate (abductine) e di CaCO_3 sotto forma aragonitica.

La cerniera è rappresentata da una placca più o meno estesa lungo il margine dorsale della conchiglia, spesso provvista di un sistema di dentelli e fossette che, ingranandosi, assicurano la perfetta apposizione delle valve, impedendone lo scivolamento l'una sull'altra. Se ne conoscono diversi tipi:

1. cerniera tassodonte, con numerosi dentelli simili, regolarmente intervallati da fossette;
2. cerniera isodonte, con due soli dentelli per ciascuna valva, affiancati da due fossette;

3. cerniera schizodonte, dove è presente una placca divisa in due metà simmetriche;
4. cerniera eterodonte, con pochi denti di forma e dimensioni diverse, uno o due sotto l'umbone (denti cardinali) e uno o due spostati lateralmente (denti laterali).
5. in molte specie la cerniera può mancare dei dentelli (c. anodonte) o regredire del tutto.

La conchiglia è equivalve, quando le due valve sono l'una l'immagine speculare dell'altra (soprattutto nelle specie eutetiche, viventi presentando il piano di giunzione delle due valve perpendicolare alla superficie del substrato), oppure inequivalve quando le due valve sono più o meno diverse l'una dall'altra (soprattutto nelle specie pleurotetiche, viventi presentando il piano suddetto parallelo alla superficie del substrato). Nei diversi gruppi la conchiglia può essere equilaterale o inequilaterale, a seconda che le due metà di una valva siano rispettivamente speculari o meno.

Le valve sono collegate da uno o due muscoli adduttori che, attraversando il corpo da parte a parte, s'inseriscono sulle parti anteriore e posteriore della porzione mediodorsale delle valve; essi operano in antagonismo col legamento determinandone lo schiacciamento o stiramento, anche per lunghi periodi di tempo. Secondo il grado di sviluppo o della presenza/assenza dei muscoli adduttori si distinguono varie condizioni:

1. condizione dimiaria isomiaria, con due adduttori, anteriore e posteriore, di dimensioni coincidenti;
2. condizione dimiaria anisomiaria, c.s., ma con dimensioni differenti;
3. condizione monomiaria, con la scomparsa dell'adduttore anteriore;
4. condizione amiaria, con la scomparsa dei due adduttori.

Le impronte dei muscoli adduttori sono unite da una linea che percorre centralmente tutta la lunghezza della conchiglia; tale linea è l'impronta dei muscoli del margine del mantello ed è detta linea palleale. In molte specie la linea palleale è interrotta da una rientranza più o meno marcata (seno palleale) che si sviluppa per dare spazio all'interno della conchiglia ai sifoni inalante ed esalante.

Come nei Gasteropodi, anche i Bivalvi presentano una scultura molto complessa sulla superficie esterna della conchiglia, importante per la determinazione specifica. Nel caso dei Bivalvi, si distingue la scultura concentrica (quella che va dalla parte anteriore a quella posteriore della conchiglia) dalla scultura assiale (quella che va dalla parte dorsale alla ventrale dell'animale).

Per quanto riguarda la scultura concentrica, i tipi più comuni sono strie di accrescimento (la conseguenza indiretta della crescita dell'animale) e coste e strie (ornamentazioni realizzate

dall'animale). Questa è la cosiddetta scultura "a linee continue", contrapposta a quella "puntiforme", rappresentata da tubercoli, rosette, ecc. per la quale valgono le stesse considerazioni fatte per i Gasteropodi.

Anche la conchiglia dei Bivalvi, così come quella dei Gasteropodi, può andare incontro a modifiche secondarie durante la crescita dell'animale.

Scaphopoda

Se ne conoscono circa 400 specie, ripartite in due ordini: Dentalidi e Sifonodentalidi; nei mari italiani vi sono solo tredici specie (BEDULLI *et al.*, 1995a). Il corpo è allungato in senso anteroposteriore ed è completamente circondato dalla conchiglia, formata da un unico pezzo (Fig. 5).



Fig. 5. Immagine di un tipico scafodode dei nostri mari, *Episiphon rubescens*.

Essa è un tubo aperto alle due estremità, quella posteriore più piccola dell'anteriore. Data la bassa variabilità di forme della conchiglia, è necessario considerare, al fine della determinazione specie-specifica, l'ultrastruttura della conchiglia stessa, soprattutto l'apice posteriore.

Manca il periostraco, mentre la componente mineralizzata è composta da uno strato esterno a struttura prismatica incrociata di natura aragonitica e, internamente, da uno strato di natura lamellare.

La forma generale è riconducibile a due tipi fondamentali: il tipo *Dentalium* e il tipo *Cadulus*. Le conchiglie del tipo *Dentalium* hanno la caratteristica forma a zanna d'elefante; le pareti sono lisce oppure presentano delle sottili strie d'accrescimento o delle coste più o meno marcate che corrono per tutta la lunghezza della conchiglia. Le conchiglie del tipo *Cadulus* sono più brevi e la forma è variabile, potendo ricordare una piccola zanna, un barile o un boomerang. La scultura è simile a quella del tipo *Dentalium*, ma più sottile.

6. *L'approccio geometrico*

Con approccio morfologico si fa riferimento in questa sede a tutti quei studi condotti con la volontà di descrivere geometricamente la forma delle conchiglie.

L'approccio morfologico (o geometrico) può essere spiegato solo considerando la storia dell'approccio stesso, dalle sue origini aristoteliche fino alle ultime analisi "futuristiche" *in silico*. Piuttosto che elencare acriticamente le molteplici e complesse proprietà matematiche e/o geometriche della conchiglia dei Molluschi, si vuole accompagnare il Lettore a poco a poco in un argomento vasto e soprattutto multidisciplinare. Si noterà infatti che l'approccio col quale lo studioso si è avvicinato allo studio della forma della conchiglia dipende in larga misura dal metodo adottato. Per questa ragione la storia dello studio della forma conchigliare è anche in parte la storia dei metodi utilizzati nella morfologia per analizzare la forma stessa.

La trattazione che segue non vuole essere esaustiva dei tanti lavori elaborati nel corso degli anni, ma piuttosto vuole concentrarsi sui principali Autori che più di altri hanno fornito nuove idee allo studio della forma.

La speculazione estetica: Aristotele e Plinio il Giovane

I primi studi sui Molluschi e le loro conchiglie risalgono ai naturalisti dell'antichità classica per i quali non risulta che ci sia stato nessun interesse esplicito al problema della forma. Gli studi di Aristotele e Plinio il Vecchio sono infatti indirizzati prevalentemente a problemi di anatomia, biologia e di possibile utilità per l'uomo.

Aristotele in particolare imposta il suo lavoro dividendo i molluschi in Spirali, Bivalvi e Cefalopodi. Fornisce inoltre alcune descrizioni di conchiglie ed opercoli senza però entrare nel merito della questione della forma, ammettendo comunque che appartengono a quelle categorie di strutture che durante il processo di crescita non subiscono alcuna alterazione.

Anche Plinio, nella sua monumentale Storia naturale, si interessa di molluschi e conchiglie. La sua attenzione è tuttavia diretta principalmente alla raccolta di fatti degni di nota (come la storia della Pinna e del suo granchio) o allo studio dei rapporti con l'uomo (le perle e la fabbricazione della porpora).

Si sottolinea comunque che, parlando delle conchiglie, lo stesso Plinio resta colpito dalla loro varietà e le descrive dando un lungo elenco di termini. Molti di essi saranno ripresi nella tecnica della descrizione scientifica quando, molti secoli dopo, si cominciò a descrivere le specie in maniera sistematica.

La descrizione qualitativa: i secoli XVII-XVIII

Dopo questi primi grandi Autori dell'antichità classica, bisogna giungere alla metà del secolo XVII durante il quale il matematico inglese **John Wallis** nel 1659 e l'architetto **Christopher Wren** hanno uno scambio epistolare riguardante la natura della forma delle conchiglie. Proprio in queste lettere la conchiglia è descritta per la prima volta come un cono avvolto intorno ad un asse secondo la legge della spirale logaritmica. Wren precisa inoltre che la forma specifica di una conchiglia dipende in maniera esclusiva dall'ampiezza dell'angolo della spira.

Una interpretazione originale delle conoscenze fino a quel momento accumulate è ad opera del padre gesuita **Filippo Buonanni** (1638-1725) in PIZZARI (1975) il quale, seppur all'interno di un impianto teorico tradizionale ed ispirato alla filosofia aristotelica, nel 1681 descrive nel suo "*Recreatione dell'occhio e della mente nell'osservazione delle chioccioline*" la conchiglia come il risultato di "*tre figure*" che operano insieme e che insieme rendono conto della sua forma (Fig. 6):

1. la spirale che regola la forma della conchiglia vista in pianta;
2. la piramidale che governa la disposizione della conchiglia lungo il suo asse;
3. la circolare relativa al processo di avvolgimento.

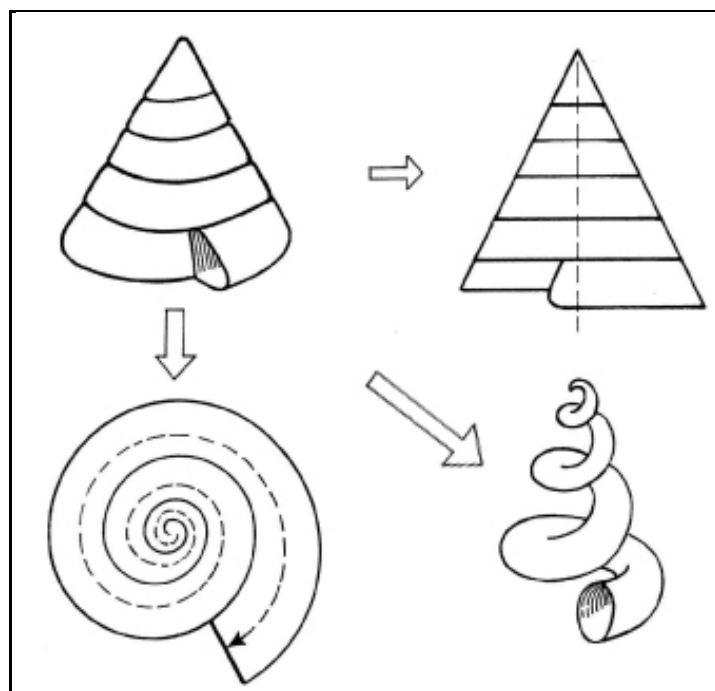


Fig. 6. Rappresentazione schematica delle tre figure descritte dal Buonanni (modificato da PIZZARI, 1975)..

A proposito di quest'ultimo movimento il Buonanni precisa che risulterebbe chiaro "*se svolgere si potessero [le conchiglie] essendo che si vedrebbe un perfettissimo corpo conico e in esso le parti con proportione di circoli sempre minori e minori artificiosamente diminuite*". Il Buonanni, quindi, senza l'apparato matematico idoneo alla comprensione del fenomeno in studio ed interpretando la singolare conformazione della conchiglia come l'impronta della "*Mente architettonica*" che l'ha creata, è andato alla radice del problema chiarendo di quali processi elementari la conchiglia è il risultato ed avendo il merito di impostarne la base concettuale.

Il secolo XVIII: Peter Camper

Gli studi fino a questo momento considerati hanno la caratteristica di avere una base filosofica cospicua, fatto che non permetteva agli Autori citati di andare oltre una semplice (anche se importante) speculazione qualitativa. Ciò dipende dal fatto che la malacologia resta ancora isolata dagli studi della forma che si erano andati già sviluppando nei secoli precedenti.

Esisteva infatti una tradizione artistico-fisiognomica che, partendo da Platone e annoverando nomi quali Leonardo da Vinci e Charles Le Brun, aveva creato le basi del moderno approccio morfometrico, introducendo da una parte il concetto di **deformazione** nella teoria artistica e dall'altra la **teoria delle proporzioni**. Come si vedrà in seguito, questi ultimi due aspetti diventeranno il nodo centrale del metodo moderno: l'approccio geometrico allo studio della forma. In sintesi, si può dire che, partendo da un disegno base e modificandone alcune grandezze fondamentali, era possibile deformare il disegno originario ottenendo figure differenti ma geometricamente simili. Un esempio storico importante è sicuramente l'**angolo facciale di Charles Le Brun**.

Si vuole qui concentrare la propria attenzione sul ruolo di **Peter Camper** (1722-1789) i cui studi rappresentano la sintesi di un proliferare di ricerche riguardanti la forma del corpo al quale si assiste nel corso del 1700. Gli studi di Camper si caratterizzano soprattutto per l'importanza che ha la geometria nello studio della forma e per l'applicazione di questo approccio alle scienze naturali. Con Camper, il disegno diventa uno strumento analitico e da ciò il suo merito principale fu quello di porre il problema della forma come problema matematico.

All'interno di questa cornice scientifica, si inseriscono alcuni importanti lavori che, seppur ancora limitatamente, chiariscono in termini strutturali e geometrici la forma della conchiglia. Risalgono al **1737** gli studi di **Swammerdam** che contribuisce a chiarire il

problema separando, nell'aspetto della conchiglia, l'infinita varietà di ornamentazioni dalla struttura sottostante a queste. Analizzando la struttura, Swammerdam riscopre l'uniformità di base e descrive di nuovo la conchiglia come un tubo curvato secondo una legge matematica secondo la quale le differenze di forma tra le conchiglie dipendono da variazioni nei coefficienti numerici che intervengono nella legge matematica che le descrive. A prescindere dalla presenza di sculture e di pattern di colorazione più o meno sviluppati, la forma essenziale dipende da differenze specifiche di natura esclusivamente geometrica.

Ancora da ricordare sono gli studi di **Reinecke** che nel **1818** riconobbe la progressione geometrica nelle camere del *Nautilus*, e di **von Buck et al.** che svilupparono questa idea qualche anno dopo.

La descrizione quantitativa del secolo XIX: Henry Moseley

Tra i secoli XVII-XVIII era quindi venuta maturando per opera di diversi studiosi una buona base concettuale alla comprensione del problema che aveva chiarito in modo qualitativo quali fossero i processi elementari implicati nella costruzione della conchiglia. Mancava ancora una solida trattazione quantitativa su basi geometriche e matematiche che permettesse per così dire di progettare la conchiglia. Questo lavoro fu svolto nel XIX secolo da un altro padre gesuita: Henry Moseley.

Il grande merito di Moseley (1838, 1842) fu quello di riconoscere l'esistenza di una legge geometrica semplice comune a tutte le conchiglie in quanto esse manifestano un'uniformità matematica in tutte le loro descrizioni (quasi un tentativo di razionalizzazione della "Mente architettonica" di Buonanni). Egli fornì inoltre una definizione della forma della conchiglia dei gasteropodi talmente efficace da essere tuttora attuale e generale. Secondo l'Autore, la superficie di qualsiasi conchiglia discoide o turbinata può essere immaginata come generata dalla rivoluzione di una curva chiusa (detta **curva generatrice**) attorno ad un asse fisso corrispondente all'asse del nicchio la quale, rimanendo sempre geometricamente simile a se stessa, va continuamente aumentando di dimensioni. Mentre la scala della curva generatrice aumenta in progressione geometrica, l'angolo di rotazione aumenta in progressione aritmetica e il centro di similitudine resta fisso; da ciò dipende l'assunto che la curva tracciata nello spazio da punti corrispondenti della curva generatrice è in ogni caso una spirale equiangolare (Fig. 7).

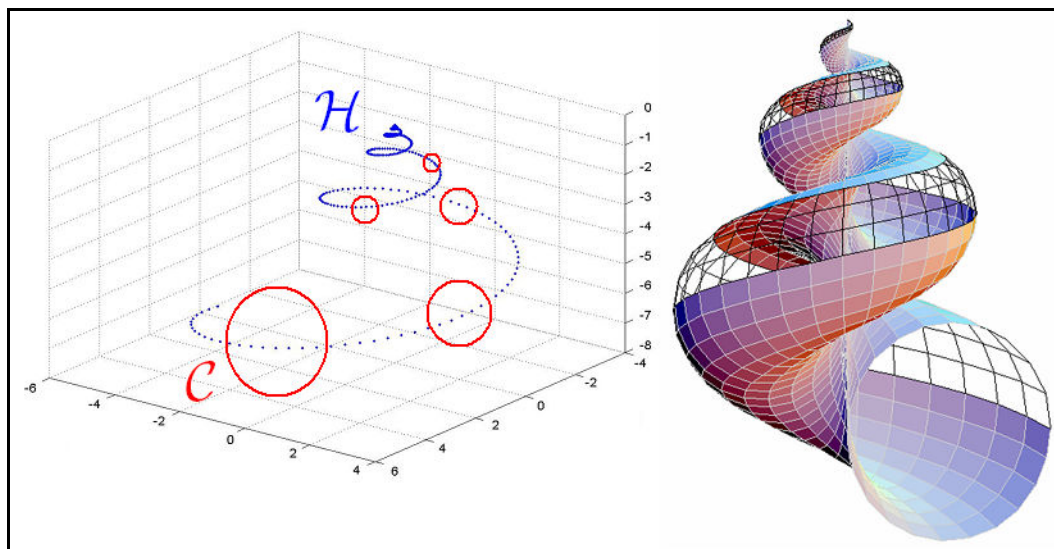


Fig. 7. Visione schematica della generazione di una conchiglia equinagolare secondo Moseley (da <http://mathdl.maa.org/>).

Nelle conchiglie discoidi (p.e., *Nautilus*) la curva generatrice ruota in un piano perpendicolare all'asse. Nelle conchiglie turbinato (la gran parte delle conchiglie note di gasteropodi), la curva generatrice segue un cammino elicoidale rispetto all'asse di rivoluzione e la curva generata nello spazio da qualsiasi punto è ad angolo costante rispetto all'asse del cono di avvolgimento, assumendo quindi le caratteristiche sia di un'elica sia di una spirale logaritmica. In tal senso, le conchiglie turbinato possono essere definite come "elicospirali".

Con questa semplice descrizione, Moseley definisce quali siano i fattori determinanti la forma generale della conchiglia: forma della curva generatrice e combinazione di tre movimenti principali, interpretabili come eredità dell'opera del Buonanni.

La curva generatrice può essere considerata come una qualsiasi sezione della conchiglia (parallela, normale o inclinata rispetto all'asse della conchiglia stessa). Quando le curve generatrici di spire successive si incontrano, la linea di intersezione che si viene a formare è una elicospirale o curva loxodromica, nota come linea di sutura.

Comunemente la curva generatrice è ritenuta identica allo stoma del nicchio e corrisponde al contorno definito dai labbri dell'apertura; in tal senso la curva generatrice è per lo più pressappoco piana e di forma semplice (p.e., circolare in *Epitonium*). In casi numerosi il suo perimetro è tuttavia molto complicato e non giacere su un piano. In quest'ultimo caso la curva generatrice può essere sostituita con una sezione del nicchio, tagliando la conchiglia elicoide attraverso il suo asse.

Un'altra proprietà importante da considerare è la posizione della curva rispetto all'asse. Se la curva contiene l'asse nel suo piano, si formano conchiglie come quelle del *Nautilus*. Il

caso più comune fra i gasteropodi è il caso in cui la curva è parallela all'asse. Nel caso in cui sia inclinata rispetto all'asse (p.e., *Haliotis*), la curva è così obliqua da sembrare che la conchiglia si accresca per deposizione di materiale ad un solo margine.

Per quanto riguarda i movimenti principali individuati da Moseley, dalla loro combinazione nasce la straordinaria varietà che caratterizza i gasteropodi conchigliati. Essi sono:

1. un movimento su un piano normale all'asse della conchiglia;
2. un movimento sul piano dell'asse;
3. un movimento sul piano della sezione con cui la curva generatrice si ingrandisce rimanendo simile a se stessa.

Secondo Moseley, i tre movimenti devono essere tali da rispettare la legge di accrescimento che a sua volta sottintende le proprietà della spirale logaritmica. Ciò vuol dire che le dimensioni delle sezioni della conchiglia devono rispettare la proprietà fondamentale delle spirali logaritmiche secondo la quale i raggi che vanno dal centro ai punti della curva sono in progressione aritmetica secondo un rapporto costante. Tale rapporto regola *in primis* la progressione logaritmica del movimento 1 e le progressioni geometriche dei movimenti 2 e 3.

Per molti anni dopo, il modello di Moseley fu ampiamente utilizzato e anzi furono realizzati alcuni strumenti con la finalità di misurare l'angolo della spira determinato dalla risultante dei tre movimenti dell'Autore: un esempio è l'**elicometro di d'Orbigny**. Tuttavia, fu immediatamente chiaro che la costanza nell'accrescimento della spira è un fenomeno infrequente durante la crescita del mollusco e che la legge logaritmica di crescita è vera con una certa approssimazione.

Ciò determinò oltre all'iniziale euforia per la prima descrizione geometrica della conchiglia, anche una serie di critiche che, pertanto, non furono in grado di demolire il modello stesso (NAUMANN, 1840a-b, 1845, 1848; MÜLLER, 1850, 1853; GRABAU, 1872; BLAKE, 1878). In particolare, fu chiaro che quanto Moseley descrisse è valido esclusivamente per le conchiglie a generatrice rettilinea, quelle cioè per cui si può effettivamente parlare di un cono. Esistono infatti diversi casi in cui la generatrice è una curva più complessa e quindi non si può più parlare di un solo angolo di apertura dato che questo non è costante variando lungo l'asse della conchiglia. In questi casi sembra che la spirale logaritmica non sia il solo vincolo nel determinare la forma della conchiglia adulta. In particolare, un'alternativa sembra l'abbandono della crescita in similitudine del mollusco il quale, modificando i suoi rapporti dimensionali rispetto al nicchio stesso, ne provoca uno scostamento dalla spirale logaritmica.

Tutto ciò resta comunque a livello di speculazione e il modello di Moseley continuerà ad essere utilizzato ancora per molto tempo, mentre le sue definizioni e, in particolare, la sua nomenclatura sopravvive tuttora.

La svolta del secolo XX: Thompson, lo Spazio-Tempo e le Griglie di Trasformazione

Bisogna aspettare gli inizi del secolo XX quando entra in campo un altro grosso nome nel settore della spiegazione fisica di fenomeni biologici: nel 1917 D'ARCY THOMPSON pubblica il suo "*Growth and Form*" le cui considerazioni influenzeranno in maniera considerevole molta della ricerca scientifica successiva.

In campo più genericamente morfologico, il grande merito di Thompson è stato quello di introdurre nella spiegazione della forma delle conchiglie il **fattore "tempo"** grazie alla comparazione di molte strutture biologiche che manifestano una struttura a spirale logaritmica (corni, artigli, nicchi delle globigerine, ecc.), e di applicare al suo accrescimento la **teoria degli gnomoni**.

L'assunto di base da cui parte Thompson è che le strutture a spirale logaritmica, seppure profondamente diverse da un punto di vista biologico, hanno una base comune: esse non sono strutture viventi, ma sono il prodotto di un accumulo (non di accrescimento) da parte di animali. Anche alle strutture con spirale equiangolare prodotte da vegetali (p.e., capolino del girasole, seppur strutture vive) si hanno disposizioni seriate di parti simili fra loro per forma, ma differenti per età e per grandezza, che è funzione dell'età. Naturalmente il processo di accumulo che avviene nelle disposizioni seriate di animali sono anch'esse legate all'età in quanto si sono formate per un continuo e successivo incremento, cosicché la parte più antica rimane come una parte immutata della struttura che si accresce.

Da queste considerazioni Thompson afferma che nelle spirali equiangolari il fattore tempo è sempre determinante e rileva che tale fatto ha un significato importante non solo da un punto di vista biologico, ma soprattutto matematico.

Non solo il tempo scaturisce da un'attenta analisi delle strutture biologiche equiangolari, ma dalla similitudine continua, caratteristica principale delle spirali logaritmiche, Thompson per la prima volta nella storia applica alle conchiglie una teoria geometrica nota già dai tempi di Pitagora: gli **gnomoni**.

Definendo che "*Ogni curva piana che proceda da un punto fisso o polo tale che l'area vettoriale di qualsiasi settore sia sempre uno gnomone dell'intera figura precedente è detta*

spirale equiangolare o logaritmica", Thompson introduce questa nuova nomenclatura nella descrizione delle forme biologiche equiangolari. Egli afferma che:

- se una struttura di accrescimento è costituita di parti successive, simili in forma e ingrandite in progressione geometrica e situate in modo simile rispetto al centro di similitudine, è possibile sempre tracciare per punti corrispondenti una serie di spirali equiangolari;
- è caratteristico delle strutture biologiche equiangolari che ogni successivo incremento di accrescimento è simile, similmente ingrandito e similmente situato rispetto al precedente ed è di conseguenza gnomone dell'intera struttura preesistente;
- nel disegno spirale di una struttura biologica equiangolare, è possibile inscrivere un numero e varietà infiniti di figure gnomoniche che non hanno alcuna necessaria relazione con la natura e il modo di sviluppo dell'intera struttura.

Soprattutto la seconda affermazione è fondamentale nella spiegazione delle strutture biologiche equiangolari. Ogni nuovo giro di spira può essere immediatamente descritto nelle sue caratteristiche fondamentali, risultandone pertanto spiegata la forma con la semplice constatazione che ogni incremento costituisce uno gnomone dell'intera struttura preesistente. E in ciò è presente la spiegazione dell'elemento tempo nello sviluppo delle spirali organiche; segue come corollario della teoria degli gnomoni che non è possibile trovare spirali logaritmiche in strutture le cui parti siano prodotte simultaneamente. È invece possibile trovare tali strutture in organismi che mantengono inalterate le fasi successive del passato sviluppo. Da ciò si può dedurre che solo le parti solide dell'organismo presentano le peculiari caratteristiche equiangolari. La spirale logaritmica è quindi caratteristica dei tessuti morti ed è spesso accompagnata da disegni o sculture che sono semplicemente la proiezione permanente di successive fasi di forma e grandezza.

In sintesi, Thompson considera lo sviluppo della conchiglia, così come di ogni altra forma biologica equiangolare, come un **evento nello spazio-tempo** e non semplicemente come una configurazione nello spazio, così come considerato da tutti gli Autori precedenti. In tal modo l'Autore poneva in stretta relazione la forma con i processi di sviluppo morfologico e il suo studio rappresenta la base per molti dei modelli matematici che si sono sviluppati in seguito con la finalità di spiegare la morfogenesi delle strutture biologiche.

Per comprendere in pieno l'opera di Thompson e il suo contributo a tutta la ricerca scientifica successiva, bisogna comprendere anche il momento storico nel quale essa fu scritta. Fra la fine del secolo XIX e l'inizio del secolo XX si assiste alla nascita della biometria

e alla immediata distinzione di due approcci metodologici profondamente diversi (LOY, 1996-1997).

Il primo deriva dall'estensione in campo morfometrico di metodi statistici introdotti dai padri fondatori della biometria: **Francis Galton** (1822-1911) e **Karl Pearson** (1857-1936), entrambi fortemente attratti dai problemi dell'eugenetica. Tali metodi statistici erano solitamente applicati a caratteri di lunghezza generalmente rilevati con il calibro e nessun aspetto dell'organizzazione geometrica delle misure veniva presa in considerazione. Tale approccio affrontò alcune questioni fondamentali, quali la separazione e il trattamento indipendente della taglia (*size*) rispetto alla forma (*shape*), l'analisi dell'allometria, il problema della soggettività nella scelta dei caratteri. Le acquisizioni in tal senso raggiunsero il livello più alto di formalizzazione con BLACKITH & REYMENT (1971) nel quale lo sforzo maggiore consisteva nel dare un senso biologico funzionale ad una serie di manipolazioni di matrici di dati dove la scelta delle misure (proporzioni, angoli, lunghezze) non necessariamente influenzasse la natura degli algoritmi utilizzati. A prescindere dal rigore metodologico, la morfometria tradizionale non fornisce la possibilità di visualizzare le differenze morfologiche: la geometria delle forme di partenza è completamente persa nel corso delle analisi o al momento della rilevazione del dato; per tale ragione il ricercatore che si muove all'interno di tale approccio è costretto ad analizzare tabelle di numeri e ad interpretarle con un notevole sforzo immaginativo.

Il secondo approccio metodologico, che si può definire geometrico, nasce proprio grazie a Thompson il quale, nella spiegazione generale della forma in natura, utilizza in maniera innovativa l'approccio metodologico della tradizione artistico-fisiognomica sviluppatasi nel secolo XVIII.

Thompson descrive la forma come una serie di caratteri che rispettino le relazioni spaziali esistenti; ciò comporta un notevole vantaggio rispetto alle tecniche tradizionali dando la possibilità di visualizzare la deformazione attraverso le cosiddette griglie di trasformazione (Fig. 8). Queste non rappresentano un metodo biometrico s.s., ma sono piuttosto la visualizzazione sistematica del cambiamento morfologico come fenomeno a sé stante.

L'introduzione delle griglie di trasformazione risponde alla necessità di Thompson di cercare una continuità nella deformazione. Con questo significato la forma per Thompson rappresenta un diagramma di forze che può essere utilizzato per dedurre quelle che agiscono o hanno agito per determinarla. Ciò vuol dire anche che il metodo cartesiano (trasformazione di una forma in una serie di numeri) veniva per la prima volta applicato alla morfologia e il compito del morfologo era lo studio della deformazione di tale sistema di riferimento.

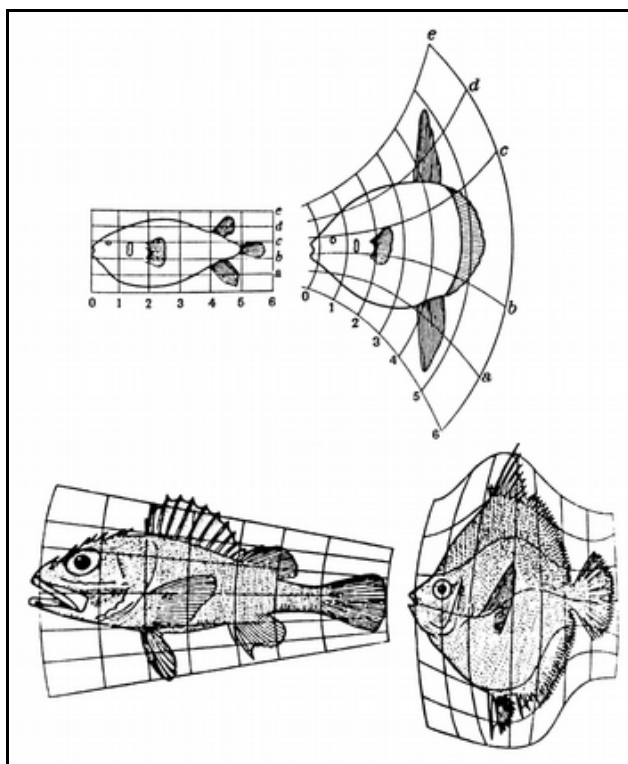


Fig. 8. Immagine classica delle griglie di trasformazione di Thompson (<http://psycnet.apa.org/>).

L'impostazione data da Thompson consisteva quindi nell'intravedere nella descrizione matematica delle forme la semplicità delle forze che su di essa avevano agito. Una delle condizioni necessarie poste dall'Autore nello sviluppare questo metodo consisteva nella comparazione di forme "affini" in cui le differenze non fossero grossolane ma anzi gli oggetti potessero convergere gli uni negli altri attraverso semplici trasformazioni delle figure di riferimento. È solo ora quindi che la geometria fa la sua comparsa formale nello studio delle forme biologiche e proprio lo studio della deformazione rappresenta il nodo centrale dell'approccio morfometrico moderno.

L'approccio geometrico di Thompson dovette aspettare molti anni prima di essere formalizzato matematicamente e di essere utilizzato nelle ricerche morfologiche. Un motivo di ciò è prima di tutto da trovare nel dilagare delle teorie eugenetiche nella prima metà del secolo XX, originatesi dall'approccio statistico di Galton e Pearson ed utilizzate per validare scientificamente la teoria del miglioramento della razza e le oscure conseguenze a tutti note.

Una seconda ragione stava nel fatto che le griglie di trasformazione hanno un problema formale alla base: attraverso esse non è possibile quantificare la deformazione. Thompson in pratica illustrava ciò che un biologo quantitativo vuole rappresentare. Inoltre, il modello di crescita di un organismo dai primi stadi immaturi a quello adulto non è spesso chiaramente

rappresentabile da tavole o semplici grafici, determinando poi la realizzazione di più griglie diversificate per ogni stadio di crescita (RICHARDS & RILEY, 1937). Tale limite ha fatto sì che in anni recenti il suo approccio è stato profondamente revisionato (BOOKSTEIN, 1978, 1991, 1993).

Se l'approccio metodologico di Thompson diventa una vera e propria rivoluzione in campo morfologico, l'Autore sembra investire meno energie nella spiegazione della forma delle conchiglie. In particolare, per quanto riguarda i Gasteropodi, egli somma le conclusioni effettuate dagli Autori precedenti partendo dalla tesi principale già nota dal XVII secolo secondo la quale la crescita nelle forme biologiche spirali segue rigide leggi matematiche. Egli ne arricchisce semplicemente la descrizione introducendo i cosiddetti "**angoli di accrescimento**". Questi dipendono dall'interazione di tre tipi di movimento che, ad una lettura maggiormente approfondita, non sono altro che i movimenti di accrescimento di Moseley:

1. **angolo costante α** della spirale equiangolare;
2. **angolo β del cono circoscritto**, oppure, considerando metà di questo angolo, l'angolo che viene determinato dalla tangente delle spire con l'asse della conchiglia;
3. **angolo di ritardo γ** che esprime il ritardo di accrescimento della parte interna rispetto alla parte esterna di ogni spira e che pertanto misura l'estensione con cui una spira si sovrappone o si allontana dall'altra.

Questi angoli sono legati alle velocità con cui avvengono i movimenti di Moseley e, come spiegato da RAUP (1961), la loro introduzione permette a Thompson di ricorrere ad un'unica "*forma base*" per descrivere la forma della conchiglia dei Gasteropodi, senza entrare nel merito di altre caratteristiche morfologiche (ornamentazione, linee di crescita, ecc.) e rappresenta un tentativo di spiegare la morfologia conchigliare in termini di parametri naturali reali correlati alla crescita, piuttosto che in termini di caratteri arbitrari come la larghezza del giro del corpo o l'altezza della spira.

Come Neumann e Blake, anche Thompson fa comunque notare che esistono conchiglie per cui gli angoli caratteristici non sono costanti ma variano durante la vita dell'animale. A questi casi non è possibile applicare la teoria vista fin qui, ma è necessario ricorrere a calcoli più complessi, non sviluppati da Thompson.

Se la parte dei Gasteropodi costituisce una "sintesi modificata" di quanto già detto dagli Autori precedenti, una novità tutt'altro che trascurabile è l'**analisi geometrica dei Bivalvi** che Thompson compie per la prima volta nella storia.

Nonostante le notevoli differenze fra Bivalvi e Gasteropodi dipendenti dal differente *life style*, non vi sono differenze geometriche sostanziali tranne per il fatto che si ha a che fare con

due spirali associate i cui assi hanno una relazione ben definita fra loro e posseggono inoltre un certo grado di libertà nel movimento rotatorio l'uno con l'altro. Inoltre, la conchiglia dei Bivalvi si accresce sempre per deposizioni successive di gnomoni, mentre la curva generatrice è molto semplice da osservare e corrisponde al contorno della conchiglia stessa (nella gran parte dei casi una curva piana) e può essere descritta come deformazione continua di un tipo comune.

La crescita di una conchiglia di Bivalve può essere immaginata come la sovrapposizione di diverse posizioni della stessa figura generatrice, visibili sulla superficie della conchiglia come linee di crescita, la quale non modifica mai la propria similarità geometrica. Come punto di origine e di contatto di ciascuna figura generatrice è per semplicità considerato l'umbone e da qui le varie componenti radiali di una figura generatrice possono avere diverse accelerazioni.

Thompson applica inoltre alle conchiglie dei Bivalvi lo stesso angolo spirale a dei Gasteropodi il quale sarà prossimo a "0" nelle specie con valve molto appiattite (p.e. *Anomia*, valva inferiore di *Pecten*, ecc.), mentre sarà piuttosto grande in *taxa* come *Cardiidae*. In ciascuna conchiglia equivale l'angolo spirale sarà uguale ma di segno opposto.

La trattazione sui Bivalvi resta a un livello semiquantitativo e molte approssimazioni vengono fatte per spiegarne l'architettura generale. Le sue considerazioni saranno comunque utilizzate dagli Autori successivi e profondamente modificate, in particolare Owen e Yonge.

Gli anni '50 e la "scoperta" dei Bivalvi: Owen e Yonge

Tranne Thompson, si sarà notato che gli Autori e i lavori fino ad ora considerati trattano esclusivamente i Gasteropodi. Ciò non vuol dire che nessuno si è mai interessato del problema della forma della conchiglia dei Bivalvi; semplicemente le osservazioni sono state fino agli anni '50 del XX secolo isolate e molto localizzate da un punto di vista sistematico. Bisogna aspettare LISON (1949) il quale raccoglie la poca letteratura esistente, permettendo qualche anno dopo a YONGE (1952, 1953, 1955) e OWEN (1953) di applicare alla conchiglia dei Bivalvi quanto era noto da più di un secolo per i Gasteropodi.

Coerentemente con Thompson, ciascuna valva di cui si compone la conchiglia dei Bivalvi viene considerata separatamente e a ciascuna di esse possono essere applicate le proprietà della spirale equiangolare, come se fossero due conchiglie distinte di Gasteropodi. La crescita della conchiglia avviene a livello del margine del mantello secondo le leggi della spirale logaritmica attorno ad un punto fisso coincidente con l'umbone. Inoltre, ciascuna valva

può essere separata in settori talvolta facilmente identificabili: per esempio, in *Pecten* ciascun settore è delimitato dalle coste sulla superficie della conchiglia. La figura generatrice coincide nei Bivalvi con il contorno delimitato dalle valva.

La conchiglia dei Bivalvi è caratterizzabile per alcune linee o piani che ne sintetizzano lo sviluppo morfologico; esse sono la **linea di demarcazione** o **asse normale** descritta da Yonge e Owen e il **piano direttivo** ("*plan directeur*") descritto da LISON (1949) (Fig. 9). La linea di demarcazione passa attraverso tre punti rappresentati dall'umbone, dal punto di massima larghezza della conchiglia e da quella parte del margine ventrale libero della valva che mostra la concavità più ampia. Nel caso di conchiglie totalmente simmetriche (valva superiore di *Pecten maximus*, conchiglie equilaterali come *Glycymeris*) la linea di demarcazione coincide con l'asse della conchiglia e si posiziona sul piano della spirale. In tal senso la forma geometrica che descrive la conchiglia è una spirale piana. Nel caso di conchiglie asimmetriche (conchiglie inequilaterali), la linea di demarcazione diventa progressivamente più obliqua, obbligando la spirale a passare da una condizione di spirale piana a una di spirale turbinata (p.e., *Glossus*).

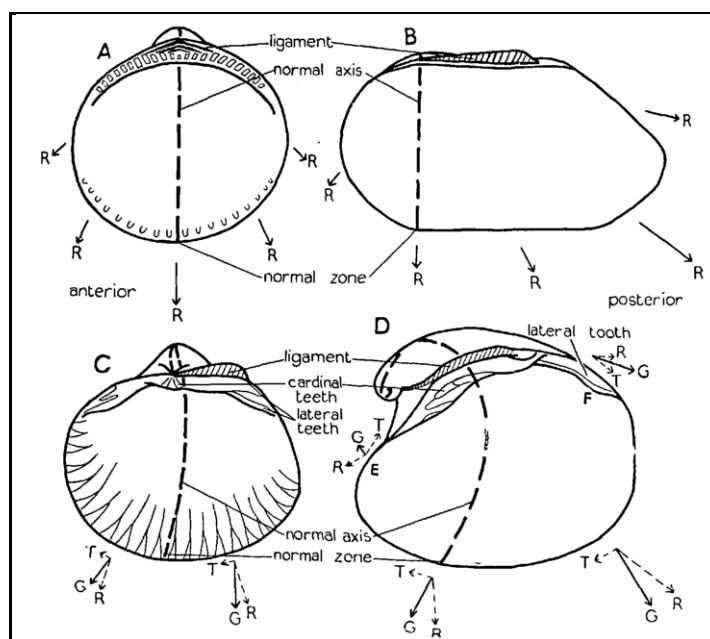


Fig. 9. Diagramma delle valva sinistra di *Glycymeris* (A), *Anodonta* (B), *Cardium* (C) e *Glossus* (D). G: direzione di crescita in corrispondenza del margine del mantello in *Cardium* e *Glossus*; R: componente radiale; T: componente tangenziale. La linea tratteggiata indica l'asse normale

Il piano direttivo è definito da LISON (l.c.) nella maniera seguente (Fig. 10): "*Chez les Lamellibranches existe toujours un plan et un seul, dans lequel s'inscrivent sur toute leur longueur une ou des cotes representant des courbes planes. Ce plan, qui passe*

necessairement par l'umbo, sera appele le plan directeur de la coquille. Toutes les cotes situdes de part et d'autre du plan directeur dessinent des courbes gauches, c'est-a-dire non contenues dans un seul plan." La posizione del piano direttivo è specie-specifico ed ogni sua pur minima variazione ha effetti profondi sulla forma finale della conchiglia. In *Pecten* il piano direttivo è perpendicolare al piano della curva generatrice e l'angolo di incidenza è 90°. Nella gran parte dei Bivalvi, il piano direttivo è variabilmente inclinato e spesso coincide col piano della curva generatrice.

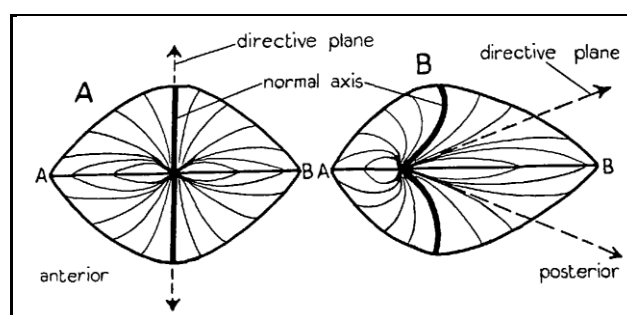


Fig. 10. Diagramma rappresentativo del piano direttivo di Lison (1949), insieme all'asse normale.

A: conchiglia non influenzata dalla componente tangenziale;

B: conchiglia influenzata dalla componente tangenziale.

La direzione di accrescimento della valva di un Bivalve dipende da tre fattori, non necessariamente presenti contemporaneamente e che agiscono con forza differente a seconda della sezione della valva:

1. **fattore di crescita radiale**; laddove solo questo è attivo la valva si presenta piatta (p.e., la valva superiore di *Pecten maximus* o *Pandora inaequalis*) e la linea di demarcazione coincide con l'asse della conchiglia.
2. **fattore di crescita trasversale**; il più delle volte presente insieme al primo fattore, fa in modo che la valva risulti curvata in sezione trasversale e che la linea di demarcazione esca fuori dal piano della spirale logaritmica (p.e., la valva inferiore di *Pecten maximus* e per le conchiglie della quasi totalità dei bivalvi, anche quando la figura generatrice non è ovale).
3. **fattore di crescita tangenziale**; presente raramente, agisce in maniera tale da deformare drasticamente la linea di demarcazione convertendo la spirale piana in una spirale turbinata (p.e. Veneridae e Mytilidae) e portando gli umboni leggermente in avanti o all'indietro (*Glossus* e *Nucula*, rispettivamente). Laddove questo fattore sia presente, il piano direttivo non coincide con la linea di demarcazione.

Il rapporto tra i fattori di crescita radiale e trasversale determina l'angolo spirale della linea di demarcazione e la concavità delle valve: per esempio, la crescita della valva superiore di *Pecten maximus* è il risultato della sola componente radiale.

Ciò vuol dire che la figura generatrice di ciascuna valva durante lo spostamento lungo il piano della spirale logaritmica subisce sviluppi differenziali a seconda del settore considerato; ciò può produrre la formazione delle conchiglie inequilaterali laddove la regione con crescita marginale maggiore sia l'anteriore o, nella quasi totalità, la posteriore. Un caso evidente si trova in *Anodonta* e *Ensis*; anche in queste specie, tuttavia, l'effetto maggiore della componente trasversale rimane nella porzione ventrale della figura generatrice, producendo in tal modo sempre una spirale piana.

Nei casi in cui la valva è una spirale piana, questa può essere rappresentata da coordinate radiali lineari; se è presente una evidente componente tangenziale e la valva risultante è una spirale turbinata, questa può essere trasformata in un sistema di coordinate spirali.

In sintesi, la forma finale di una valva è determinata da tre fattori principali:

1. l'angolo spirale dell'asse normale;
2. la forma (planospirale o turbinata) dell'asse normale;
3. il contorno della curva generatrice.

Owen non solo applica ai Bivalvi le descrizioni sviluppate per la conchiglia dei Gasteropodi, ma fa un interessante confronto fra Gasteropodi e Bivalvi criticando alcuni modelli realizzati negli anni precedenti da HUXLEY (1932) e dagli stessi THOMPSON (l.c.) e LISON (1949). Tale confronto rappresenta quindi il primo tentativo di descrivere geometricamente in maniera uniforme Bivalvi e Gasteropodi, fino a questo momento mai tentato o fallito (Fig. 11).

Nei Gasteropodi la conchiglia si sviluppa attraverso la rotazione della curva generatrice lungo un piano perpendicolare all'asse della conchiglia. La spirale logaritmica è generata dalla crescita differenziale lungo i punti che descrivono la curva generatrice. Quando la crescita differenziale è maggiore al polo esterno della curva generatrice, minore al polo interno e decrescente gradualmente lungo entrambi i lati fra i due poli che descrivono la curva generatrice, si avrà la formazione di conchiglie planospirali (p.e., *Planorbis*). In questo caso, tale tipo di crescita differenziale sarà detto **rapporto medio di crescita differenziale (median differential growth ratio - MDGR; HUXLEY, 1932)** e storicamente si può ricondurre alla descrizione della presenza di due spirali interna ed esterna di Neumann nel secolo XIX. Nel caso in cui sia presente lungo i margini fra i due poli un incremento secondario della crescita esternamente al piano delimitato dalla curva generatrice e un

decremento secondario al lato opposto, il gasteropode risultante avrà una conchiglia a spirale turbinata (*Helix*, *Turritella*). HUXLEY (l.c.) descrive questo fenomeno come **rapporto laterale di crescita differenziale (lateral differential growth ratio - LDGR)** e la conchiglia prodotta sarà la risultante di due sistemi di plano-spirali inclinate fra loro di un angolo determinato ed entrambe perpendicolari al piano della curva generatrice.

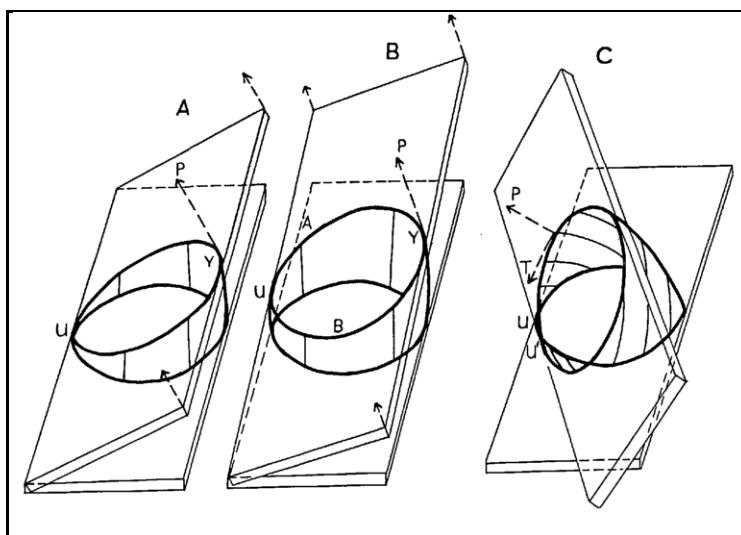


Fig. 10. Diagramma esplicativo per la formazione di: A. conchiglia planospirale; B. conchiglia a spirale turbinata nei gasteropodi; C. valva a spirale turbinata nei bivalvi. La componente radiale non è mostrata.

Nei Bivalvi con la linea di demarcazione collocata su un piano, la crescita della valva sarà simile a quella della conchiglia planospirale dei Gasteropodi in quanto sarà il risultato di un MDGR. Quando viene prodotto un giro intero, ogni valva descrive una spirale piana attorno all'umbone. L'asse sul quale agisce il MDGR giace sul piano della linea di demarcazione, mentre l'effetto del fattore trasversale sarà maggiore nella parte ventrale della valva in corrispondenza della linea di demarcazione. Ciò porta alla produzione di valve planospirali in Bivalvi con valve equilaterali (*Pecten*, *Glycymeris*) ed inequilaterali (*Anodonta*, *Ensis*).

Diverso e ben più complesso è il caso delle valve a spirale turbinata. Secondo HUXLEY (1932), D'ARCY THOMPSON (1942) e LISON (1949), esse sono simili alle conchiglie turbinate dei Gasteropodi. Bisogna invece considerare alcuni aspetti che complicano fortemente la descrizione della forma della conchiglia nei Bivalvi, quali la presenza di due valve, la presenza di un legamento che le connette e una componente tangenziale che agisce ai margini della conchiglia, oltre a quelle radiale e trasversale.

Anteriormente all'umbone, le componenti radiale e tangenziale si oppongono l'una all'altra ed è presente una sezione del margine del mantello dove esse sono più o meno uguali.

L'incremento in corrispondenza di questa regione è dovuto per lo più alla componente trasversale. Posteriormente all'umbone, le componenti radiale e tangenziale si incrementano l'una con l'altra. In questo modo si viene a produrre un LDGR che, insieme al corrispondente MDGR, genera una conchiglia a spirale turbinata. Come nei gasteropodi, la crescita di una conchiglia a spirale turbinata è la risultante di due differenti rapporti di crescita; tuttavia, mentre il rapporto centrale agisce perpendicolarmente al piano della curva generatrice, il rapporto laterale agisce sullo stesso piano della curva generatrice.

Verso la ricerca di parametri naturali:

David Raup e i morfospazi

Nonostante i progressi fatti a partire dal XVII secolo, questi non avevano trovato una vasta applicazione in studi di tipo matematico e biologico. Ciò vale ancor di più per la sintesi operata da Thompson i cui principi e metodi furono sottostimati sia in campo biologico che paleontologico.

Bisogna attendere RAUP (1961) il quale focalizza la propria attenzione sulla tipologia dei parametri utilizzati per descrivere la morfologia conchigliare. Secondo l'Autore, tali caratteri sono il più delle volte difficili o impossibili da misurare: per esempio, l'angolo apicale di Thompson è sensibile a variazioni anche minime della curva generatrice o della sezione del giro, oppure l'angolo suturale, che dovrebbe rappresentare una costante, in realtà è estremamente sensibile a piccole variazioni durante la crescita della conchiglia stessa.

L'approccio di Raup rappresenta un punto di partenza fondamentale. Per la critica dei parametri morfologici di Thompson, l'Autore utilizza un metodo tanto semplice e chiaro quanto efficace: egli utilizza per la prima volta un confronto *in silico* (con l'ausilio del calcolatore) fra conchiglie ideali, facendo variare un solo parametro ed osservando la transizione della deformazione. Non vi sono complesse formulazioni matematiche o geometriche dietro la critica al lavoro di Thompson, ma solo il confronto con la realtà biologica è sufficiente per chiarire quanto poco naturali siano i suoi parametri (in particolare, l'angolo apicale) tanto che solo la costanza della forma della curva generatrice sopravvive all'analisi grafica di Raup (parametro peraltro ereditato da Moseley).

La finalità di RAUP (1961) diventa quella di individuare quelle variabili che possono essere incorporate in un modello matematico in grado di contenere e confrontare tutte le possibili forme fra loro. In ciò l'approccio di Raup è sostanzialmente differente dai precedenti dove i modelli matematici erano realizzati per particolari gruppi e non era possibile un

confronto fra forme affini. L'aspetto saliente consiste nel fatto che ora tutte le possibili forme sono discusse insieme, superando in particolare la dicotomia Gasteropodi-Bivalvi che ha caratterizzato la ricerca scientifica da Aristotele fino a Thompson (RAUP, 1965).

In particolare, secondo RAUP (1962, 1965, 1966) la forma elementare di una conchiglia può essere descritta dai seguenti quattro parametri naturali (Fig. 11):

1. forma della curva generatrice (S);
2. posizione della curva generatrice rispetto all'asse di spiralizzazione (D);
3. velocità di espansione della curva generatrice (W);
4. velocità di spiralizzazione lungo l'asse (T).

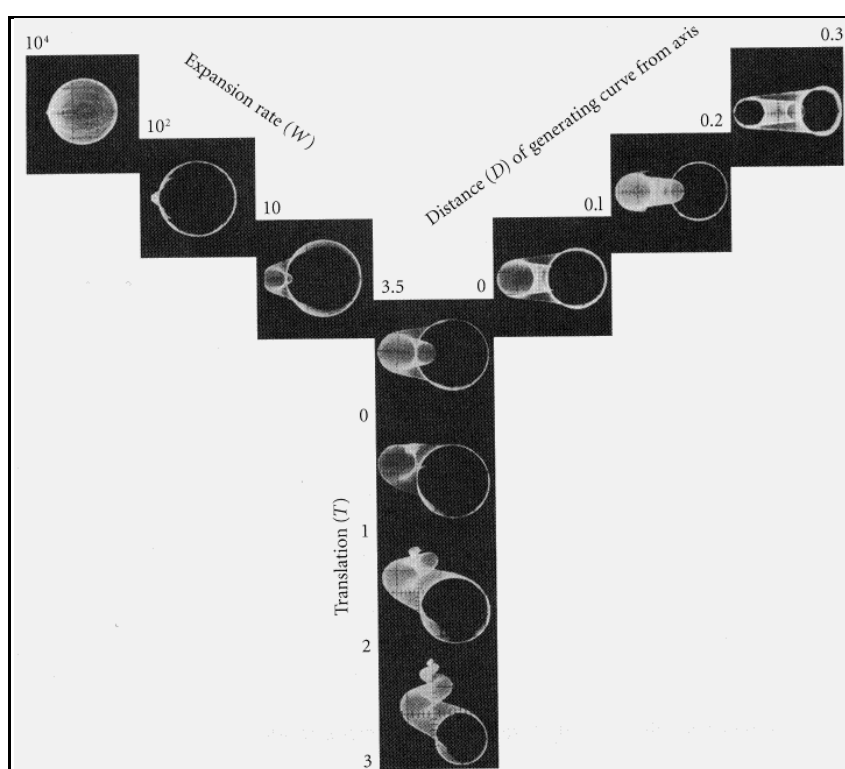


Fig. 11. Diagramma esplicativo della morfologia conchigliare al variare delle tre variabili fondamentali di Raup. Si assume costante la variabile S (forma della curva generatrice).

La curva generatrice è rappresentata dalla sezione trasversale della spira (elicocono) che ruota lungo un asse fisso coincidente con l'asse della conchiglia ed è sovrapponibile al contorno del margine di crescita della conchiglia. Essa diventa progressivamente più grande ad ogni rivoluzione attorno all'asse e mantiene la sua forma relativamente costante. La sua forma può essere raramente definita matematicamente, diversamente dagli altri tre parametri.

W è un fattore esponenziale che indica quanto ciascuna dimensione lineare della curva generatrice aumenti durante una rivoluzione. T è un secondo fattore esponenziale che misura il grado di sovrapposizione fra giri successivi, in altre parole la proporzione dell'altezza di una curva generatrice (misurata parallelamente al suo asse) coperta dalla successiva curva generatrice sullo stesso lato dell'asse.

La conchiglia a spirale può essere considerata come un sistema di coordinate cilindriche dove l'asse y coincide con l'asse di spiralizzazione, θ esprime la rivoluzione della curva generatrice attorno allo stesso asse, mentre r è la distanza di ciascun punto dall'asse (Fig. 12: v. punto "A"). La curva generatrice iniziale può essere definita per convenzione da un insieme di punti arbitrari ed inserita nel sistema di coordinate definito dal centro geometrico (punto B) con $y=0$.

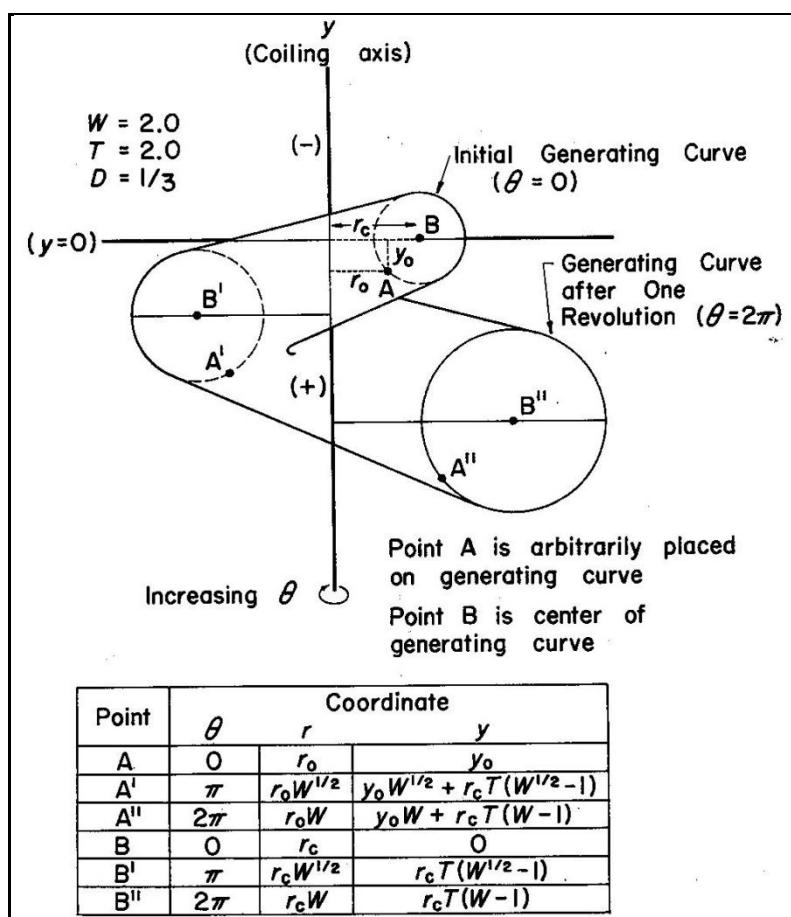


Fig. 12. Diagramma esplicativo per spiegare la rotazione di un giro in una conchiglia ipotetica a spirale cilindrica (modificata da RAUP, 1966).

Se r_0 è la distanza iniziale del punto A (o di qualsiasi altro punto) dall'asse y , r_θ (la distanza di A dopo θ rivoluzioni) può essere espressa nella maniera seguente:

$$1) \quad r_{\theta} = r_0 W^{\frac{\theta}{2\pi}}$$

Nelle conchiglie planospirali ($T=0$), dato y_0 come il valore iniziale y dello stesso punto, lo stesso valore dopo θ rivoluzioni è espresso come:

$$2) \quad y_{\theta} = y_0 W^{\frac{\theta}{2\pi}}$$

Nelle forme planospirali, il centro geometrico della curva generatrice ha valore y costante per tutta la crescita ($y=0$). Nelle forme elicoidi, la curva generatrice si muove invece lungo l'asse y e l'ultima equazione diventa:

$$3) \quad y_{\theta} = y_0 W^{\frac{\theta}{2\pi}} + r_c T (W^{\frac{\theta}{2\pi}} - 1)$$

T è la velocità di spiralizzazione definita rispetto al centro della curva generatrice, mentre r_c è il valore r del centro della curva generatrice iniziale.

RAUP (1965, 1966) è comunque consapevole dell'esistenza di altre caratteristiche fondamentali per completare la descrizione della forma delle conchiglie (ornamentazioni, spessore, ecc.). Tuttavia, la finalità di Raup è fornire un modello che spieghi la forma fondamentale delle conchiglie attraverso l'uso di poche variabili comuni a tutte le conchiglie esistenti (anche agli esoscheletri calcarei di Brachiopodi e Foraminiferi). Inoltre, tale modello non descrive eventuali cambiamenti ontogenetici durante la crescita del mollusco, che sono specifici di alcuni gruppi. RAUP (1965) avverte che tali variabili supplementari sono solitamente definibili in maniera rigorosa e possono essere incorporate nel modello. Ciò è ancor più importante in quanto il modello di Raup si presenta come un "modello aperto", i cui principi base non sono alterati se esso stesso subisce modifiche sostanziali. Ciò vale ancor di più per il parametro S il quale, pur presentandosi apparentemente semplice, può essere descritto attraverso diversi parametri i quali aggiungono nuove dimensioni allo spazio descritto da Raup.

Le quattro variabili combinate insieme definiscono un "*four-dimensional space*" (Fig. 13) il quale contiene la quasi totalità delle possibili forme teoricamente possibili. La proiezione in questo spazio virtuale delle forme naturali (morfospazio) permette di discriminare porzioni di volume nei quali esse sono assenti. RAUP (1965) spiega tale assenza affermando che l'evoluzione ha favorito solo alcune di queste regioni, mentre le altre rappresentano forme ideali geometricamente possibili ma biologicamente improbabili o inefficienti da un punto di vista funzionale. Secondo l'Autore, sono proprio questi spazi vuoti

a fornire la corretta chiave di interpretazione delle forme naturali poiché *“It is often easier to explain the absence of forms than their presence”*.

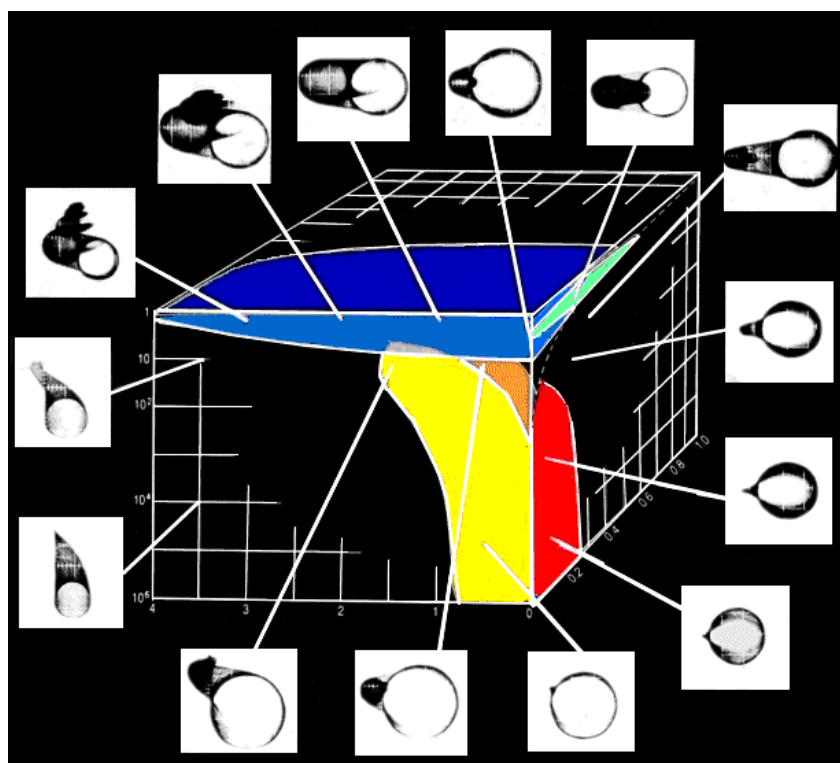


Fig. 13. Morfospazio teorico di Raup nel quale sono indicati i volumi “reali”.
I volumi “ideali” non sono occupati in quanto le forme corrispondenti sono biologicamente improbabili.

La fine della spirale logaritmica e l'analisi in silico

I modelli precedentemente descritti trovano la propria base comune nell'ipotesi iniziale che la crescita della conchiglia sia isometrica e quindi sempre perfettamente sovrapponibile ad una spirale logaritmica. Tuttavia, già molti Autori precedenti avevano la percezione che durante la crescita dei gasteropodi, avvenivano delle modifiche nelle variabili di Raup tali che il modello isometrico della spirale logaritmica veniva perso (per esempio, KOHN & RIGGS, 1975). Inoltre, una forte limitazione di tutti i modelli è l'approssimazione costante della figura generatrice ad una circonferenza, caratteristica che non ha alcuna validità biologica se non in pochi casi.

La ricerca successiva a Raup si è trovata impegnata da una parte a sviluppare modelli equivalenti a quelli di Raup con risultati molto diversi fra loro (p.e., LØVTRUP & VON SYDOW, 1974), a investigare possibili equazioni per descrivere forme diverse di aperture (ILLERT, 1983), a correggere o arricchire di ulteriori variabili il modello di Raup (HUTCHINSON, 1989;

SAVAZZI, 1985), oppure integrando i principali modelli storici di Moseley, Thompson e Raup (CORTIE, 1989).

Inoltre, lo sviluppo di nuove tecniche matematiche di approccio all'analisi della forma delle conchiglie e l'analisi *in silico* ha permesso negli ultimi decenni, da una parte, di aprire nuovi sviluppi alla comprensione della forma e, dall'altro, ha dotato lo studioso di ulteriori strumenti grafici per visualizzarne la deformazione.

Per quanto riguarda la modellistica, una delle prime problematiche emerse con questo tipo di approccio è la difficoltà nel descrivere da un punto di vista matematico i processi che avvengono durante lo sviluppo di un organismo in quanto le descrizioni matematiche classiche non soddisfacevano la pluralità dei fenomeni e delle variabili in gioco.

I primi modelli matematici sviluppati fanno riferimento soprattutto alla formazione dei *pattern* biologici (p.e. la distribuzione dei pigmenti sulla pelliccia o sulle penne). Fra questi si possono citare il meccanismo di diffusione di reazione (**reaction diffusion mechanism, RDM**), formulato da TURING (1952), e il sistema "L" (**L-system**) elaborato da LINDENMAYER (1968a-b).

Ad un primo esame, la gran parte degli organismi viventi presenta tuttavia un livello elevato di irregolarità, caratteristica che non permette loro di essere descritti secondo modelli matematici che si ispirano alla geometria euclidea (RDM e *L-system*). Solo ad uno sguardo più attento tali oggetti naturali presentano ad una determinata scala di osservazione delle proprietà di autosimilarità (*self-similarity*) riconducibili a quelle di alcuni oggetti matematici (frattali), la cui esistenza era già nota da molto tempo e che erano utilizzati come esempio di "*pathological cases*": per essi non era possibile conoscere diverse proprietà matematiche.

Solo con MANDELBROT (1983) sarà riconosciuto che i frattali sono in realtà degli strumenti utili per descrivere gli oggetti naturali, più delle figure classiche della geometria euclidea. È proprio a questo Autore che si deve il riconoscimento della natura frattale degli organismi biologici.

Negli anni immediatamente successivi alla pubblicazione di Mandelbrot si è assistito ad un fiorire di studi nei quali sempre più veniva riconosciuta la geometria frattale dietro molti oggetti biologici, anche molto diversi fra loro (gli apparati respiratorio e circolatorio, la barriera corallina, la vegetazione, ecc.), fino alla pubblicazione di FALCONER (1990) nella quale i frattali sono utilizzati come modelli matematici per spiegare gli oggetti biologici. Uno sviluppo importante nella geometria frattale è ottenuto da NIEMEYER *et al.* (1984) con la modellizzazione dei pattern di crescita attraverso i modelli laplaciani.

In realtà, i molti studi che si stavano effettuando in quegli anni non producevano i risultati attesi per spiegare l'insorgere della forma attraverso i processi biologici di crescita. Soprattutto non era ancora chiaro come l'informazione genetica potesse essere tradotta nella forma adulta.

Lo sviluppo dell'informatica (*Computer Science*) e quindi della cosiddetta analisi *in silico* ha offerto maggiori possibilità nel comprendere tali processi attraverso esperimenti di simulazione nei quali i processi di crescita possono essere imitati in maniera virtuale. KAANDORP (1994) e KAANDORP & KÜBLER (2001) offrono un elegante esempio di modellistica frattale e simulazioni al computer con la finalità di esplorare le relazioni tra crescita e forma in organismi marini sessili.

L'applicazione della modellistica e dell'informatica alla forma delle conchiglie è iniziata con RAUP (1962) il quale realizzò due grafici bidimensionali di sezioni trasversali longitudinali di conchiglie come una sorta di cianografica per forme disegnate a mano (Fig. 14). RAUP & MICHELSON (1965) estesero il modello alle tre dimensioni e visualizzò i modelli di conchiglia come *stereo pairs* per enfatizzare la costruzione 3-D.

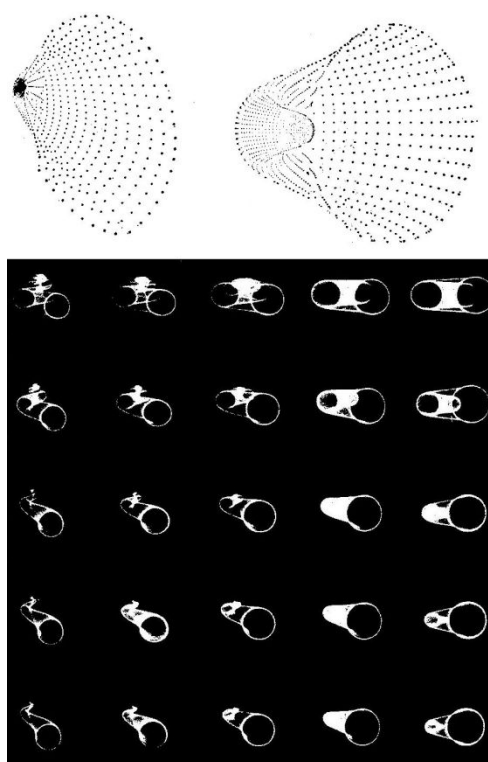


Fig. 14. Le prime conchiglie virtuali generate con un computer IBM 7094 (sopra) e PACE TR-10 (sotto), realizzate da RAUP (1965).

Bisogna aspettare il 1982 e l'espansione dell'informatica per ottenere immagini realistiche con KAWAGUCHI il quale utilizza poligoni pieni per rappresentare la superficie

della conchiglia. Tecniche simili furono utilizzate successivamente da OPPENHEIMER (1986) e PRUSINKIEWICZ & STREIBEL (1986). PICKOVER (1989, 1991) utilizza *software* complessi e *computer* sempre più potenti sia per visualizzare i modelli matematici delle forme naturali, sia per imitare l'aspetto di una superficie rugosa con pattern di colorazione a strisce.

I lavori successivi si caratterizzano per una attenzione crescente per il dettaglio e per l'utilizzo di tecniche grafiche sempre più innovative. Da citare in particolare ILLERT (1989); CORTIE (1989); ILLERT & PICKOVER (1992).

La diffusione del calcolatore ha permesso inoltre la realizzazione di *software* per la generazione virtuale di conchiglie per la quale si rimanda a CASADEI (1990) e LUCCA (2005-2006) per una prima base concettuale. Nel 1998 MEINHARDT presenta una completa trattazione della modellistica matematica applicata ai pattern di colorazione delle conchiglie. Prusinkiewicz & Fowler (in MEINHARDT, l.c.) combinano i modelli di pigmentazione delle conchiglie con forme di conchiglie 3-D, aggiornando quanto già fatto in FOWLER *et al.* (1992). HIRAYAMA *et al.* (2000) propongono un metodo per riprodurre l'iridescenza della madreperla sulle conchiglie e su altre forme biologiche considerando l'interferenza della luce su strutture multistratificate.

Nel 2002 GALBRAITH *et al.* utilizzano la cosiddetta geometria solida costruttiva (CSG) combinandola con tecniche di grafica avanzata al fine di realizzare un modello sempre più realistico di conchiglia (*Murex cabritii*; Fig. 15).



Fig. 15. Riproduzione digitale di *Murex cabritii* (dx), confrontata con una immagine reale (sx)

(modificata da GALBRAITH *et al.*, 2002).

Nel 2005 HOFER *et al.* presentano un nuovo metodo per la riproduzione di superfici complesse a partire da dati in 3D (Fig. 16).

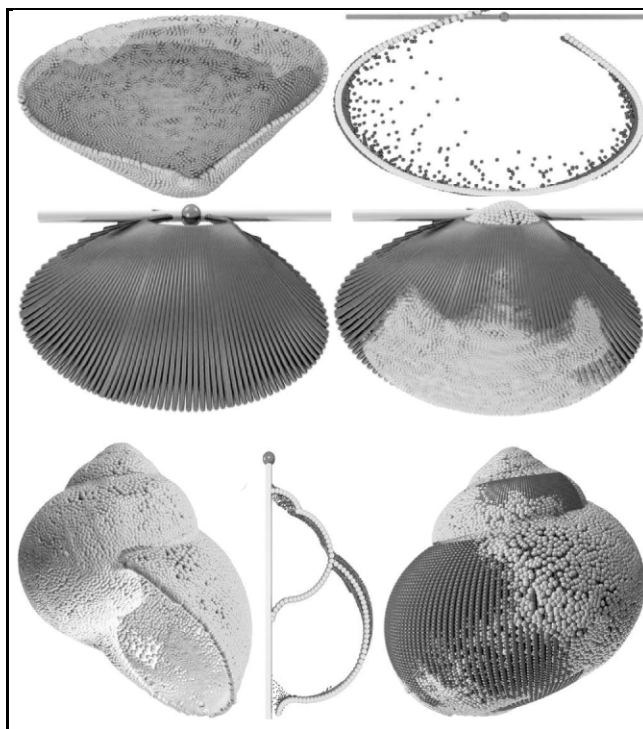


Fig. 16. Riproduzione digitale di *Saxidomus nutalli* ed *Helix pomata* attraverso scansione con laser (modificata da HOFER *et al.*, 2005).

Bisogna dire che in campo malacologico questi nuovi strumenti non hanno trovato al momento lo spazio adeguato per una loro corretta applicazione. Si auspica che in un prossimo futuro se ne possano sfruttare appieno le potenzialità attraverso l'integrazione di diverse professionalità utili a comprendere la variazione della forma.

7. *L'approccio ecologico*

L'approccio ecologico allo studio della forma nasce dall'evidenza sperimentale che esiste una discrepanza fra differenze morfologiche e somiglianza genetica. Ciò vuol dire che all'interno di una specie possono essere presenti diverse varietà o forme (in passato spesso descritte come sottospecie) che potrebbero far pensare a una divergenza genetica fra diverse popolazioni. In realtà tale divergenza genetica non è sovrapponibile alle differenze morfologiche fra popolazioni diverse della stessa specie.

Si può riassumere l'essenza dell'approccio ecologico in campo malacologico così come scrivono LAUDIEN *et al.* (2003) secondo i quali la forma della conchiglia è la risultante della plasticità fenotipica dettata da variabili ambientali. Con tale premessa si può dire che **l'approccio ecologico ha la finalità di spiegare l'universo delle forme possibili in termini di adattabilità e maggiore *fitness* dell'individuo al suo ambiente**.

Uno dei primi studi sulla correlazione tra forma della conchiglia e condizioni ambientali risalgono a Jeffreys il quale nel 1865 sulla storica rivista British Conchology correla i numerosi ecomorfotipi di *Littorina saxatilis* alle diverse condizioni ambientali nelle quali essi si trovano. Tradizionalmente lo studio delle correlazioni tra morfologia conchigliare e habitat si fa iniziare invece con PELSENEER (1920).

Per quanto riguarda i Bivalvi, i primi studi si concentrano su taxa commercialmente importanti (*Mytilus*, *Cerastoderma*, *Callista*, ecc.): BATESON (1889); LOPPENS (1923); DAUTZENBERG & FISCHER (1925); BOETTGER (1930); PURCHON (1939); MARS (1951); FISCHER-PIETTE (1955); DEHNEL (1956); LEWIS & POWELL (1961). In sintesi, questi Autori dimostrano che popolazioni di molluschi conspecifici che vivono in ambienti iperalini e/o con bassa concentrazione di nutrimento hanno conchiglie sottili, di piccola taglia ed asimmetriche (inequilaterali, s.l.) rispetto ai conspecifici di ambienti con caratteristiche opposte.

È merito di FRANC in Grasse (1960) aver realizzato una prima revisione approfondita del ruolo dell'ambiente nel determinare la morfologia e la biologia dei bivalvi, con particolare riferimento alle specie marine.

Per quanto riguarda i gasteropodi, i gruppi tassonomici maggiormente studiati sono quelli dei piani sopra- e mesolitorale (Patellidae, Neritidae, Littorinidae, alcuni Rissoidae, Trochidae, ecc.). I primi studi sono per lo più orientati a comprendere la relazione fra colorazione del nicchio e caratteristiche ambientali (COLTON, 1916; BURTON, 1933; LEIGHTON, 1961), più rari sono quelli utili a valutare la relazione morfologia/habitat

(AGERSBORG, 1929; MOORE, 1936). Appartiene a STAIGER (1954, 1957) il merito di aver associato differenze morfologiche sia a un diverso assetto genetico sia alle condizioni ambientali.

Esemplari sono gli studi svolti sul genere *Patella* (ORTON, 1928, 1932; FISCHER-PIETTE, 1932) nei quali si dimostra che le conchiglie sottoposte ad un maggior grado di essiccazione e ad elevato idrodinamismo sono più strette e a cono alto; in condizioni ambientali meno estreme la conchiglia si fa maggiormente piatta. MOORE (1934) e HATTON (1938) dimostrano che tali differenze possono cambiare se la patella viene a trovarsi in condizioni ecologiche diverse. COMFORT (1946) e KISCH (1956) associano una conchiglia sottile con scultura fine a condizioni di basso idrodinamismo.

Nei Littorinidae (KNUDSEN, 1949; SACCHI, 1961, 1963) una maggiore turbolenza delle acque è associata a forme più piccole e con una scultura maggiormente evidente.

Importante è il lavoro di GAILLARD (1965) nel quale, oltre ad essere considerate più specie di fondo duro appartenenti a diverse famiglie, sono esaminati diversi fattori abiotici e biotici nel determinare la morfologia adulta del nicchio, quali la categoria trofica del taxon in considerazione, la presenza di un'ampio ricoprimento algale, la latitudine, il grado di essiccazione, ecc. Soprattutto Gaillard nota come le considerazioni degli Autori precedenti effettuate su animali filtratori (Bivalvi) non sono utilizzabili se si considerano animali raschiatori o brucatori (Trochidae, Littorinidae). La crescita di questi ultimi è infatti sfavorita al crescere dell'idrodinamismo.

Particolarmente interessanti sono le conclusioni di Gaillard sulla base di osservazioni effettuate sulla specie polimorfa *Littorina saxatilis* (Fig. 17), separata in diversi ecomorfotipi sulla base del livello di sviluppo della scultura spirale. Una scultura assiale flebile è associata a condizioni di basso idrodinamismo.



Fig. 17. Forma tipica della *Littorina saxatilis*, specie studiata come modello per valutare le variazioni fenotipiche al variare delle condizioni ambientali nel piano sopralitorale.

A partire da questi primi lavori, si è sviluppata una notevole mole bibliografica che ha permesso di comprendere in parte la relazione tra forma e habitat. Tuttavia, la quasi totalità della bibliografia raccolta ricade nel campo dell'autoecologia, in altre parole dell'ecologia di singole specie o popolazioni. Solo pochi lavori (fra i più recenti) hanno affrontato il tema della forma delle conchiglie in termini sinecologici, vale a dire dal punto di vista dello studio delle comunità. In particolare, la bibliografia raccolta può essere separata in cinque grandi insiemi:

1. la variazione morfologica lungo gradienti batimetrici (soprattutto sopra- e mesolitorale) o latitudinali fra ecomorfotaxa, varietà o sottospecie oppure fra più specie legate filogeneticamente;
2. il pattern zonale lungo gradienti batimetrici (soprattutto lungo i piani infra- e circalitorale) dei nicchi scelti da crostacei decapodi (paguri);
3. la determinazioni di forzanti fisiche sulla morfologia di protoconche e (più raramente) prodissoconche;
4. la variazione nei pattern ornamentali e di colorazione dei nicchi subadulti e adulti;
5. nei lavori più recenti, le alterazioni in funzione della presenza di inquinanti lungo la colonna d'acqua o nello spessore del sedimento.

In questa Tesi saranno considerati esclusivamente i lavori che fanno riferimento ai punti 1, 2 e 5. per quanto riguarda i restanti, essi al momento non apportano informazioni indispensabili alla comprensione della forma in campo sinecologico.

Di seguito, viene fornita una sintesi delle informazioni raccolte, separandole per comodità di lettura nei singoli caratteri morfologici che descrivono una conchiglia.

Contorno della conchiglia. Le conchiglie possono avere una spira chiusa o aperta. Nel primo caso i giri della spira sono fusi tra loro, nel secondo questi si presentano liberi di variare nel volume definito dalle tre dimensioni principali. Queste ultime hanno per lo più uno stile di vita sedentario e sono tipicamente acquatiche (Siliquariidae, Vermetidae) (LINSLEY, 1978a).

La spira viene spesso distinta in spira alta e bassa in funzione del rapporto fra altezza della spira e massima larghezza del giro del corpo. Una spira molto alta è sicuramente più dispendiosa da un punto di vista energetico, ma è stato notato che esse offrono due vantaggi evolutivi importanti:

- da una parte facilita il movimento nello spessore del sedimento in specie fossorie (GRAUS, 1974);

- dall'altra, un'altezza maggiore della spira sembra correlata nei prosobranchi ad una riduzione della pressione di predazione da parte di crostacei, prevenendo il prelievo dell'animale dall'esterno (VERMEIJ, 1977, 1978).

Il piano sopralitorale sembra rappresentare un elemento di discontinuità nel cercare di estrarre delle regole generali. I problemi maggiori per un organismo tipico di tale zona di transizione fra ambiente marino e terrestre sono la disidratazione per le elevate temperature e la difesa dall'idrodinamismo. Le comunità che si insediano nel sopralitorale sono quindi fisicamente controllate e, solo in zone relativamente protette dall'azione dell'idrodinamismo, la difesa dalla predazione diventa la principale variabile nella strutturazione delle comunità.

Un espediente per evitare la disidratazione è la conservazione di liquidi nella cavità del mantello, il quale permette la presenza di una riserva di acqua e una migliore regolazione della temperatura interna durante i periodi di emersione (VERMEIJ, 1973; RAO & BHAVANARAYANA, 1976). Essa è maggiore laddove le conchiglie hanno una spira alta e globosa (VERMEIJ, 1972, 1973; KIRBY *et al.*, 1997; JOHNSON & BLACK, 1996, 2000).

Laddove l'idrodinamismo è minore, la predazione è l'elemento fondamentale che direziona i molluschi nel produrre conchiglie allungate, spesse e con bocche piccole. Sebbene tale morfologia sembra sia la migliore per evitare la cattura da parte dei predatori (KITCHING *et al.*, 1966; KITCHING & LOCKWOOD, 1974; KITCHING, 1976; SEED, 1978; HUGHES & ELNER, 1979; JOHANNESSON, 1986), secondo PALMER (1990) tale morfologia sembra dovuta più che altro ad una modifica nel *feeding behaviour* delle specie sopralitorali quando sono sottoposte ad un elevato tasso di predazione.

Nel piano sopralitorale, l'idrodinamismo sembra quindi avere un ruolo fondamentale solo nel determinare lo spessore e la forma dello stoma (CHAPMAN, 1995). In particolare, in zone sottoposte ad elevato idrodinamismo le conchiglie sono più leggere e hanno una bocca relativamente grande, rispetto alle conchiglie di zone a basso idrodinamismo dove le conchiglie sono più spesse e hanno la bocca ben più piccola. La forma dello stoma è direttamente correlata alle dimensioni del piede (ETTER, 1988; GRAHAM & MILL, 1986): una maggiore taglia del piede permette una migliore presa al substrato ed una accresciuta sopravvivenza (GRENON & WALKER, 1981; WARBURTON, 1973; BRANCH & MARSH, 1978).

Per quanto riguarda i Bivalvi, DALLA VIA *et al.* (1987) dimostrano che nel mesolitorale del Nord Adriatico, le popolazioni di *Mytilus galloprovincialis* (Mytilidae) collocate nella fascia superiore (maggiormente sottoposte a stress come la disidratazione ed elevata energia idrodinamica) posseggono una conchiglia meno alta e più larga rispetto alle popolazioni della

fascia inferiore. Tale morfologia permette di avere un rapporto peso secco/peso umido più basso e, quindi, una migliore difesa nei confronti della disidratazione.

MCCCLAIN *et al.* (2004) dimostrano che nei piani profondi del sistema afitale (batiale inferiore e abissale) si registra una maggiore presenza di conchiglie globose, di piccola taglia e poca scultura, mentre nel batiale superiore (contiguo al sistema fitale, energeticamente più ricco) si sono riscontrate molte forme allungate e con scultura ben sviluppata. Secondo gli Autori, queste differenze nella forma sono correlate alla forte riduzione nel carico trofico, tipica dei piani profondi, la cui forma trochiforme tipica è adatta a ottimizzare lo spazio disponibile per l'animale. La diminuzione della scultura è anch'essa correlata alla diminuzione in nutrienti grazie alla riduzione dei costi di calcificazione, così come la riduzione nella taglia (MCCCLAIN *et al.*, 2006), fenomeno paragonabile a quanto descritto per l'ambiente negli ambienti insulari.

La transizione da conchiglie allungate e sculturate a conchiglie globose e compatte sembra anche correlato ad un mutamento nel feeding behaviour, rispettivamente da predatori a detritivori (MCCCLAIN, 2005).

OLABARRIA & THURSTON (2004) sembrano arrivare a conclusioni opposte. Questi Autori trovano conchiglie più alte nel piano abissale, mentre conchiglie più globose nel batiale. Essi spiegano questi dati osservando che alle maggiori profondità della zona in esame è presente un maggior tasso di predazione sugli esemplari più piccoli; in tal modo sopravvivono solo gli esemplari con tasso di crescita maggiore che producono conchiglie alte e più dispendiose dal punto di vista energetico. In tal senso sembra che la predazione abbia un ruolo maggiore nel determinare la forma delle conchiglie rispetto alla disponibilità di nutrienti, confrontando i lavori di MCCCLAIN *et al.* (2006) e OLABARRIA & THURSTON (2004).

PURCHON (1968) fornisce una sintesi delle caratteristiche adattative dei bivalvi filtratori a diverse tipologie di fondale. Nel caso di fondi mobili, la forma arrotondata tipo *Glycymeris* è adatta per bivalvi relativamente inattivi (p.e., *Glossus*, *Genoina*, ecc.). La conchiglia assume una forma maggiormente idrodinamica quando il mollusco si muove nel o sulla superficie del sedimento per opporsi al frangersi delle onde o a un qualsiasi input di energia meccanica. In particolare, la forma triangolare arrotondata (*Egeria*, *Spisula*, *Cardium*, *Mactra*) aumenta l'efficienza nell'infossarsi nel sedimento e rappresenta quindi un importante adattamento al rischio di essere esposti a variazioni locali nell'energia idrodinamica in prossimità del fondale. Le specie con tale tipologia di conchiglia non presentano solitamente una grande mobilità quando hanno trovato la propria posizione di sicurezza. Conchiglie con contorno

ovale o ellittico appartengono a specie con maggiori possibilità di locomozione verticale nel sedimento (maggiore efficienza nell'infossamento): *Abra*, *Tellina*, ecc.

Le forme fino ad ora descritte sono equilaterali, a prescindere dall'allungamento della conchiglia in senso antero-posteriore, e secondo Purchon rappresentano le forme più ancestrali. Molte specie di bivalvi presentano tuttavia un sviluppo maggiore e differenziale dell'estremo posteriore della conchiglia. Questo rappresenta il punto di contatto dell'animale con la superficie del sedimento e con lo strato d'acqua immediatamente sovrastante a fini sia alimentari sia riproduttivi. Confrontando tali forme con le ancestrali, Purchon afferma che le più evolute forme inequilaterali presentano una maggiore *fitness* nell'opporsi a eventi di dislocazione passiva da parte di input maggiori di energia meccanica (maggiore idrodinamismo).

La comparsa di forme inequilaterali è considerata come una deformazione della forma ancestrale tipica e può essere espressa come distorsione delle coordinate radiali (YONGE, 1952). Esempio in questo caso è la conchiglia di *Ensis* (Fig. 18) la cui forma è perfettamente adattata ad un life style endopsammico con frequenti spostamenti verticali nello spessore del substrato sia a fini alimentari che di protezione nei confronti di possibili predatori. La forma allungata di *Ensis* si ritrova in altre specie anche lontane filogeneticamente (*Botula*, *Lithophaga*, ecc.) ed essa, secondo YONGE (1955), rappresenta il migliore espediente per specie strettamente endopsammiche o endolitiche le quali devono letteralmente scorrere lungo un tubo di sabbia o di roccia.



Fig. 18. *Ensis ensis*, un bivalve con forma della conchiglia adattata al life style endobionte profondo della specie. Pur avendo una forma elissoidale paragonabile a quella di molti altri fossori profondi come *Tellina*, presenta una conchiglia estremamente allungata.

Molti Bivalvi hanno adottato nella loro evoluzione un life style da epifauna e sono in grado di spostamenti veloci e talvolta anche piuttosto lunghi sul substrato (Pectenidae, Pandoridae). Tali Bivalvi presentano modifiche evidenti nella forma della conchiglia la quale

assume una condizione inequivalve, differenziandosi dalle forme descritte precedentemente, tutte equivalve. Esempi tipici sono *Pandora inaequalvis* e *Pecten maximus*. Nella prima specie la valva destra si colloca superiormente è piatta o leggermente concava, mentre in *Pecten* la valva superiore è del tutto piatta. In questi due casi la valva destra/superiore presenta una crescita esclusivamente radiale, mentre la componente trasversale è soppressa (OWEN, 1952).

Un caso importante e peculiare è rappresentato dai Corbulidae, con particolare riferimento a *Corbula gibba*, uno dei bivalvi di fondo mobile più comune lungo le coste italiane (Fig. 19).



Fig. 18. *Corbula gibba*, la specie più comune sui fondi mobili italiani.

C. gibba è inequivalve: la valva sinistra è più piccola e meno convessa della destra la quale, a conchiglia chiusa, si adatta e ingloba i contorni della sinistra. *C. gibba* ha quindi una conchiglia arrotondata triangolare, che ricorda quelle di *Spisula* o *Egeria* (forme ancestrali *sensu* Purchon), ma per la sua condizione inequivalve presenta un adattamento evolutivo molto spinto. Secondo YONGE (1946), proprio per le sue caratteristiche ancestrali, evolute secondariamente, si potrebbe pensare che viva sulla superficie del sedimento; al contrario, questa specie vive invece nello spessore del sedimento fangoso con una forte componente detritica o ghiaiosa. La caratteristica avvolgente della valva destra rappresenta secondo VERMEIJ (1983) un ottimo espediente nei confronti di possibili predatori con la finalità di

evitare fratture a livello del margine della conchiglia, rintracciabile in altri bivalvi con la medesima caratteristica morfologica.

Secondo TRUEMAN *et al.* (1966) conchiglie più piccole e meno cuneiformi si introducono nel sedimento più velocemente di quelle spesse. Secondo LAUDIEN *et al.* (2003) conchiglie di *Donax serra* allungate e cuneiformi sono maggiormente più adattate al mesolitorale in quanto si possono infossare più velocemente e prevenire fenomeni di dislocazione passiva più efficacemente. Ciò è particolarmente efficace anche per prevenire l'attacco di possibili predatori nei periodi di bassa marea.

Inoltre, conchiglie globose (“*dome-shaped*”) di bivalvi epibionti presentano livelli minori di predazione rispetto a specie di taglia simile con un contorno maggiormente appiattito in quanto per i possibili predatori è più semplice frantumare una conchiglia appiattita che arrotondata (MASCARÓ & SEED, 2001) e la linea di apertura delle valve è vulnerabile tanto quanto il resto della conchiglia (VERMEIJ, 1983).

EAGAR *et al.* (1984) forniscono alcune osservazioni su *Paphia rhomboides* (Veneridae), una specie eurialina che si rinviene spesso in fondali prossimi ad estuari o lagune. Le conchiglie di fondali profondi senza fango hanno una forma più allungata, meno convessa e più spessa di quelle che si rinvencono su fondi superficiali fangosi prossimi alla foce di un fiume. Gli Autori non chiariscono sufficientemente la ragione di ciò e citano la pressione idrostatica come un eventuale fattore che determina tale differenziazione morfologica.

Apertura della conchiglia. In questa sede con “apertura della conchiglia” si intende quella porzione del nicchio che permette il contatto del mollusco con il suo ambiente esterno. Nei Gasteropodi l'apertura corrisponde allo stoma, mentre nei Bivalvi si fa risalire alla linea di contatto fra le valve. L'apertura della conchiglia presenta molteplici caratteristiche che possono essere riassunte come forma, posizione e presenza di scultura.

Forma. Nei Gasteropodi, lo stoma può assumere una forma che varia da circolare (stoma aperto) a ellissoidale (stoma stretto o oblungo). L'assunzione di una o l'altra delle due possibilità sembra legato al livello tipico di predazione della comunità nel quale vive la specie o l'individuo nel caso di taxa polimorfi. In particolare, nel caso di comunità biologicamente controllate (alta diversità e numero di specie dei livelli trofici superiori), la forma stretta rappresenta un possibile ostacolo alla predazione (VERMEIJ, 1983). Diverso è il caso di specie ectoparassite, per altro poco studiato. Sembra che la forma della bocca dipende in larga misura dalla morfologia del substrato, in questo caso l'ospite, come dimostrato con *Capulus subcompressus* e i tubi di *Serpula narconensis* (SCHIAPARELLI *et al.*, 2000).

Posizione. Per quanto riguarda i Gasteropodi, LINSLEY (1977) distingue le aperture radiali dalle tangenziali ed afferma che esse sono indicatrici dello stile di vita dei Gasteropodi. In particolare, le aperture tangenziali sono caratteristiche soprattutto dei taxa molto vagili i quali tendono a far aderire lo stoma al substrato. Per rendere efficiente questa posizione, il piano dell'apertura deve essere tangenziale alla porzione ventrale della parete del giro del corpo. Le aperture radiali sembrano invece caratteristiche delle specie sedentarie (Architectonicidae) (LINSLEY, 1978a) che tendono ad aderire al substrato con altra parti della conchiglia.

Scultura. La complicazione dell'apertura tramite sculture di vario tipo (da un punto di vista funzionale dette barriere aperturali) sembra avere un ruolo antipredatorio (VERMEIJ, 1975; ZIPSER & VERMEIJ, 1978). LINSLEY (1978b) afferma che, rispetto alle funzioni di ogni altra parte della conchiglia, lo stoma ne presenta in misura maggiore: p.e. il labbro spinoso nel muricide australiano *Pterynotus triformis* (Fig. 19) agisce come una leva per aprire la conchiglia dei bivalvi (ILLERT, 1981); oppure i resti spinosi dell'apertura nel muricide *Ceratosoma foliatum* agisce come un equilibratore idrostatico durante la caduta libera (PALMER, 1977). Nei Bivalvi la scultura aperturale può far riferimento a ornamentazioni di vario tipo (spirale e longitudinale) che si sviluppa attorno alla linea di apertura delle valve con la funzione di protezione della stessa (VERMEIJ, 1983).



Fig. 19. *Pterynotus triformis*.

Incisioni, tremata e tubi sono associati con la ventilazione della cavità palleale (HICKMAN, 1985) e potrebbero anche essere correlati all'apertura.

Spessore della conchiglia. Dalla letteratura esistente si evince che lo spessore della conchiglia è funzione sia di variabili biotiche (livello di predazione) sia abiotiche (temperatura). Nei Gasteropodi, specie o popolazioni tipiche di ambienti biologicamente controllati, caratterizzati da un forte diversità e da un elevato tasso di predazione, presentano conchiglie con spessore maggiore. Evidenze biogeografiche suggeriscono che le stesse considerazioni valgono anche per regioni diverse: quelle tropicali (dove c'è una maggiore diversità in predatori) le conchiglie assumono una robustezza ben maggiore rispetto alle conspecifiche o alle congeneri delle regioni temperate (VERMEIJ, 1978, 1983, 1987; VERMEIJ & VEIL, 1978).

In particolare, un maggiore spessore della conchiglia nei Gasteropodi riduce la vulnerabilità alla predazione da parte di crostacei (VERMEIJ, 1975; ZIPSER & VERMEIJ, 1978; BROOKES & ROCHETTE, 2007) e dei pesci (PALMER, 1979; LIPPARINI & NEGRA, 2002).

I Bivalvi hanno una risposta più complessa rispetto allo spessore del nicchio (VERMEIJ, 1983; SMITH & JENNINGS, 2000) nella quale la predazione gioca sempre un ruolo fondamentale. Specie epibionti presentano infatti uno spessore maggiore rispetto alle specie fossorie; queste ultime tendono a proteggersi da possibili attacchi infossandosi nello spessore del sedimento o proteggendosi in tane scavate nel substrato in specie endolitiche. Bisogna dire infatti che sia in Gasteropodi che in Bivalvi un aumento dello spessore del nicchio (misurabile come aumento del volume occupato da materiale inorganico) va a ridurre lo spazio disponibile per l'animale e molta della risorsa trofica acquisita dall'esterno deve essere utilizzata per rendere maggiormente spessa la conchiglia (MASCARÓ & SEED, 2001).

Anche la temperatura dell'acqua può esercitare una notevole influenza sulle proprietà micro- e macroscopiche del carbonato di calcio (CaCO_3), il costituente fondamentale delle conchiglie. Sia la deposizione che il mantenimento delle conchiglie risulta infatti più difficile nelle acque più fredde rispetto a quelle più calde poiché il CaCO_3 diventa maggiormente saturato e più solubile col diminuire della temperatura (LOWENSTAM, 1954a-b; DODD, 1963, 1964; MALONE & DODD, 1967; KENNEDY *et al.*, 1969; GRAUS, 1974; VERMEIJ, 1978, 1993; CLARKE, 1983).

Specie che vivono in acque fredde tendono quindi ad avere una conchiglia più sottile, in opposizione alle acque più calde dove questa avrà uno spessore maggiore (TRUSSELL, 2000).

Scultura. La scultura sulla superficie della conchiglia riveste un ruolo fondamentale nei confronti della predazione sia in Gasteropodi che in Bivalvi (VERMEIJ, 1983, 1987), in particolare paguri (VERMEIJ, 1975; ZIPSER & VERMEIJ, 1978) e pesci (PALMER, 1979). È stato anche dimostrato che nei Gasteropodi i pattern sculturali (scultura s.s. e incorporazione di materiale esterno) hanno una base geografica e filogenetica (VERMEIJ, 1978).

Nelle acque tropicali è manifesta una frequenza elevata di scultura di spine sviluppate in correlazione con l'intensità crescente di rottura della conchiglia da parte di pesci. Ciò implica che la predazione di pesci ha influenzato la distribuzione geografica del tipo di scultura (PALMER, 1979). VERMEIJ & ZIPSER (1986) e DUDLEY & VERMEIJ (1989) hanno trovato che il rapido infossamento è associato con conchiglie lisce, mentre i fossori lenti tendono ad avere una scultura ben sviluppata. La scultura in conchiglie a spira elevata può facilitare l'infossarsi nel sedimento (SIGNOR, 1983). Coste asimmetriche e tubercoli agiscono funzionando come arpioni prevenendo la conchiglia dallo scivolare indietro quando l'animale si estende e facilita i movimenti in avanti al momento della contrazione del muscolo columellare. KOHN (1986) ipotizza che la scultura di tubercoli appuntiti rivolti all'indietro nel genere ceritioideo *Argyropeza* agisca in maniera simile.

TAYLOR *et al.* (1999) dimostrano che la scultura esterna di sabbia cementata nei generi indo-pacifici *Granicorium* e *Samarangia* ha funzione antipredatoria così come la corrispondente scultura in altri bivalvi.



Fig. 20. *Rissoa auriscalpium*.

Solo pochi Autori correlano la scultura all'idrodinamismo, senza peraltro spiegarne la causa. In particolare, WIGHAM (1975) riscontra in zone a basso idrodinamismo forme costolate di *Rissoa parva* (Rissoidae), mentre COLOGNOLA *et al.* (1986) trovano che l'idrodinamismo sembra influenzare il ritmo di deposizione della conchiglia: *Rissoa auriscalpium* (Fig. 20), un tipico Rissoidae delle praterie di *Posidonia oceanica*, presenta coste più sviluppate in praterie ad elevato idrodinamismo.

Un caso particolare e ancora non del tutto analizzato e compreso è la scultura columellare, l'unica tipologia di scultura interna al momento osservata nei Gasteropodi. Secondo SIGNOR & KAT (1984) nelle conchiglie turrifelliformi la presenza di pieghe o denti columellari appartengono a specie fossorie (*Terebra*, *Rhinoclavis*, *Pyramidella*); a tal proposito gli Autori hanno ipotizzato che esse prevengono lo scivolamento laterale del muscolo columellare quando il mantello è contratto.

Secondo PRICE (2003) non è osservabile alcuna correlazione tra la scultura columellare e una maggiore efficienza nell'infossamento. È probabile che abbiano una qualche funzione adattativa, ma questa è ancora lontana dall'essere capita.

Paguri e conchiglie. Alcune interessanti osservazioni sulla forma delle conchiglie sono contenuti in lavori che si occupano dell'associazione conchiglia di gasteropode – paguro. Questi crostacei occupano conchiglie di gasteropodi per proteggere il loro addome non calcificato ed esse diventano quindi una forma esclusiva di protezione da possibili predatori, dall'evaporazione e da stress fisici (HAZLETT, 1981).

Il numero e tipo di conchiglie disponibili sono determinanti fondamentali tali da essere considerati un fattore limitante per le popolazioni di paguri e l'elemento fondamentale che ne determina la composizione specifica (VANCE, 1972; SPIGHT, 1977) e in coorti (MARKHAM, 1968).

Bisogna dire che la ripartizione differenziale dei gasteropodi conchigliati lungo il gradiente batimetrico non è perfettamente sovrapponibile con quella generata dalla distribuzione dei paguri che scelgono le stesse specie di conchiglie. La ragione di ciò proviene dal fatto che, tranne per le specie opportuniste, in generale i paguri non operano la loro scelta casualmente (per una review v. HAZLETT, 1981).

Sono molte le evidenze sperimentali *in vivo* e *in vitro* secondo le quali i paguri selezionano le conchiglie soprattutto in funzione della loro taglia, secondariamente per la loro forma (p.e. BLACKSTONE, 1985); altri importanti fattori che determinano la scelta sono la presenza di possibili epibionti, il loro peso e la presenza di parti rimosse o danneggiate che

influenzano positivamente la scelta delle conchiglie. Questa preferenza differenziale sembra produrre anche una forma di ripartizione differenziale delle nicchie ecologiche che permette la coesistenza di specie di paguri simili fra loro (VANCE, 1972). A ciò si deve aggiungere anche che i paguri sono animali più mobili dei molluschi stessi e presentano movimenti e migrazioni giornaliere e comportamenti riproduttivi complessi che provoca il ritrovamento di conchiglie a profondità diverse rispetto alle corrispettive specie di molluschi che le hanno prodotte. Le ragioni per le quali un paguro sceglie una forma più che un'altra non sono quindi direttamente applicabili ai molluschi e tali limiti devono essere tenuti in considerazione prima di proiettare le conclusioni di questi lavori alla forma della conchiglia.

A prescindere da essi, comunque, gli studi sui paguri sono importanti per capire quali siano le caratteristiche morfologiche che pesano nella scelta delle conchiglie stesse. Secondo HAZLETT (1981), i parametri conchigliari che maggiormente pesano sulla scelta delle conchiglie da parte dei paguri sono:

1. peso e volume interno della conchiglia, che sono funzione della taglia e dello spessore;
2. forma e ampiezza dell'apertura (in termini strutturali, la curva generatrice del nicchio);
3. angolo dell'asse columellare.

Pochi sono i lavori nei quali si tenta di organizzare le forme in insiemi discreti in grado di descrivere la variabilità morfologica fra le specie considerate.

SATO & JENSEN (2005) analizzano *in vitro* i tipi di conchiglie che sono utilizzati da *Pagurus hartae*. Gli Autori suddividono le conchiglie di gasteropodi in base alla loro forma: corte e globose, coniche, allungate. Essi quindi prendono in considerazione solo il parametro 3 e concludono che le conchiglie globose offrono la migliore protezione nei confronti di possibili predatori.

In ZUPO *et al.* (1989) le conchiglie sono state suddivise in quattro categorie soggettive sulla base del loro peso e forma: globose e pesanti, globose e leggere, allungate e pesanti, allungate e leggere. In tal senso questi Autori utilizzano le categorie 1 e 3 e forniscono alcune interessanti informazioni sulla selezione delle conchiglie che viene operata da tre specie di paguri lungo il gradiente batimetrico di una prateria di *Posidonia oceanica*: in particolare, ai livelli più superficiali (dove maggiore è l'effetto dell'idrodinamismo) sono scelte conchiglie globose e pesanti. Tale scelta potrebbe essere un espediente utilizzato dai paguri per evitare fenomeni di trasporto passivo a causa di onde o correnti.

Inquinamento. Bivalvi esposti a livelli subletali di TBT mostrano effetti sui meccanismi di calcificazione della conchiglia; ciò è stato ampiamente dimostrato in *Crassostrea gigas*. TBT

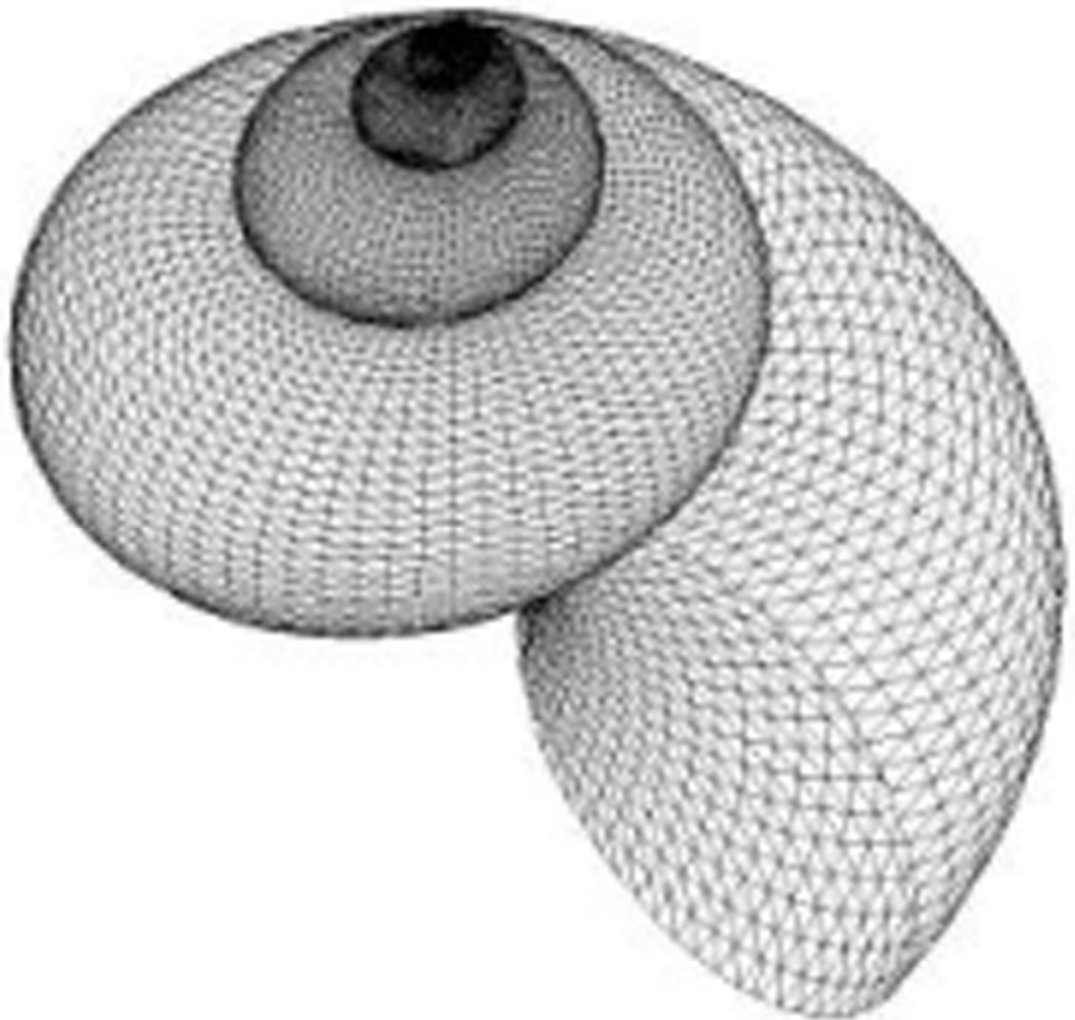
induce un notevole ispessimento della conchiglia e un notevole aumento in volume dello spazio fra le valve che conferiscono alla conchiglia stessa un aspetto “*ball shaped*” (ALZIEU *et al.*, 1989; THAIN & WALDOCK, 1986). Altre malformazioni indotte da TBT sono state osservate anche in esemplari post-larvali di *Scrobicularia plana* (RUIZ *et al.*, 1994). Tali deformità possono essere legate allo sviluppo di strati meno rigidi, che potrebbero a loro volta deformarsi per l’attrito con il sedimento sabbioso al momento dell’impianto sul substrato delle post-larve.

COELHO *et al.* (2006) dimostrano che i giovanili di *Tapes decussatus* esposti ad elevati livelli di TBT (50 ng/l) modificano la tipica forma appiattita in una forma maggiormente arrotondata. Tale caratteristica è più visibile nei margini anteriori della valve piuttosto che posteriormente.

SOKOLOWSKI *et al.* (2002) forniscono la prima descrizione di un legame potenziale fra deformazione della conchiglia e concentrazione di metalli pesanti in *Macoma baltica*: laddove si hanno concentrazioni elevate di metalli la parte posteriore del nicchio è più allungata e flessuosa rispetto al fenotipo normale.

Parte IV

Materiali e Metodi



8. Data set di dati

Il *data set* preliminare di analisi è composto da circa 2200 osservazioni (stazioni di campionamento) nelle quali è stata misurata l'abbondanza delle specie, così ripartite sul territorio nazionale (Tab. 2):

Località	Numero osservazioni	%
Adriatico	753	34.2
Tirreno	1123	51.1%
Sicilia - Sardegna	324	14.7

Tab. 2. Ripartizione sul territorio nazionale delle stazioni di campionamento del data set preliminare.

I dati provengono da diverse campagne di campionamento effettuate per lo più negli ultimi venti anni e da diversi gruppi di ricerca (Fig. 21), tra cui quello dell'Università di Roma "Tor Vergata", della società Bioservice s.c.r.l., del dipartimento DIPTERIS dell'Università di Genova, e dalle campagne del Progetto CNR PRISMA e PRISMA II.



Fig. 21. Posizionamento lungo il territorio nazionale delle campagne del data set principale.

Di tale *data set*, in 2000 stazioni il campionamento è stato effettuato tramite benna Van Veen fino al raggiungimento del volume minimo di sedimento di 50 l e tra questi, in corrispondenza di 673 punti di prelievo, sono state rilevate anche le variabili sedimentologiche.

Il presente *data set* è stato oggetto di altre due ricerche di dottorato (PENNA, 2007; TRABUCCO, 2008) entrambe finalizzate alla diversità funzionale come strumento di valutazione ambientale.

Il data set preliminare è stato sottoposto ad una fase elaborata di revisione che ha portato alla **delimitazione del data set definitivo malacologico** e che ha comportato:

1. “restauro informatico” dei dati elettronici e conversione nei formati più recenti (Excel e Access 2007);
2. estrapolazione dei dati malacologici;
3. eliminazione dei dati riguardanti gli esemplari giovanili (laddove fossero stati raccolti ed indicati con apposite annotazioni);
4. aggiornamento sistematico dei taxa.

Per quanto riguarda il punto 3), nella routine di studio del benthos, la **separazione degli individui in adulti e giovanili** è un passaggio obbligato; i giovanili, da un punto di vista anatomico, si possono definire come quegli esemplari dove le cellule germinali sono localizzate nella regione ventrale del pericardio, contrapposti agli adulti, dove le stesse cellule si localizzano nel o vicino il piede (LUCAS, 1975).

La distribuzione lungo il gradiente costa-largo dei taxa giovanili è differente rispetto a quella dei conspecifici adulti. Mentre la distribuzione degli adulti, che rappresentano la memoria biologica del sistema, è il risultato di eventi passati che hanno interessato il sistema stesso, i giovanili, in virtù della loro età limitata, sembrano rappresentare l'“istantanea” del sistema considerato, offrendo un'immagine del sistema in funzione della principale variabile ecologica, sia essa biotica o abiotica, che regola il sistema stesso nell'istante in cui è effettuato il campionamento (BIDDITTU, 1997-1998). Si è visto che il riferimento è in questo caso soprattutto nei confronti dell'idrodinamismo, mentre altri fattori biotici (p.e., predazione) possono essere invocati a livelli spaziali molto ristretti e la loro influenza non è quindi rappresentata equamente su una vasta superficie (ARMONIES, 1996).

Un problema rilevante è rappresentato dalle **sinonimie**. Il periodo di tempo interessato globalmente dai campionamenti e l'eventuale bibliografia utilizzata per l'identificazione delle specie ha determinato che la stessa specie nei campionamenti considerati fosse presente con

differenti nomenclature, delle quali alcune molto antiche. Al fine di rendere omogeneo questo dato, si è provveduto all'aggiornamento tassonomico dei taxa identificati.

A tal fine si è fatto uso degli aggiornamenti effettuati da REPETTO *et al.* (2005). Qualora tale opera non avesse informazioni sufficienti per determinare la nomenclatura più recente, si è fatto uso di BEDULLI *et al.* (1995a-b-c), BELLO (1995), BODON *et al.* (1995) e GIANNUZZI-SAVELLI *et al.* (1997, 1999, 2001, 2002, 2003).

Per i sinonimi meno recenti e per particolari taxa, oltre ad opere generali sui Molluschi mediterranei (FISCHER *et al.*, 1987; PARENZAN, 1970, 1974, 1976; POPPE & GOTO, 1991, 1993; SAVELLI *et al.*, 1990, 1992a-b; TEBBLE, 1976), sono state utilizzate monografie specialistiche (p.e., CATTANEO-VIETTI *et al.*, 1990; DELL'ANGELO & SMRIGLIO, 1999; GLÉMAREC, 1964; HOUART, 2001; NORDSIECK, 1977, 1982; TRAINITO, 2005; VAN AARTSEN, 1981, 1984, 1987, 1994; WEIL *et al.*, 1999).

L'aggiornamento tassonomico ha permesso di individuare 447 taxa sui 741 iniziali, volendo significare che circa il 40% di questi ultimi rappresentava un *core set* di *items* duplicati.

L'opera di revisione ha permesso di isolare dal *data set* preliminare un vasto sottoinsieme di dati malacologi, d'ora in avanti detto "*data set* malacologico", costituito da 60 campionamenti comprensivi di 1971 stazioni di prelievo, per lo più collocate fra le batimetriche dei 5 e 25 m (Tab. 3), nelle quali sono stati identificati 447,075 esemplari.

Profondità P/m	Stazioni	%
P≤5	105	5.3
5<P≤25	663	33.6
25<P≤50	427	21.7
50<P≤100	202	10.2
P>100	73	3.7
Ignota	501	25.4

Tab. 3. Ripartizione per fascia batimetrica delle zone stazioni di prelievo del *data set* malacologico.

Per le caratteristiche bionomiche dei taxa campionati si è fatto uso del modello di PÉRÈS & PICARD (1964) e PICARD (1965). Si ricorda che il modello di Pérès e Picard non rappresenta un rigido strumento conoscitivo al quale si devono necessariamente ricondurre i popolamenti macrozoobentonici. Esso infatti descrive le comunità "tipiche" sulla base della frequenza di alcune specie che più di altre ricorrono nelle medesime condizioni ambientali (dette "specie

caratteristiche esclusive e preferenziali”) e trova la sua applicazione nella possibilità di individuare i popolamenti in equilibrio con le condizioni ambientali.

Nella realtà biologica, si rinvencono spesso popolamenti che, pur non differendo sostanzialmente nella lista di specie caratterizzanti, mancano di alcuni livelli strutturali. Questi popolamenti sono degli “aspetti” delle comunità in equilibrio e risultano particolarmente utili al fine di rilevare possibili distorsioni (anche in termini di impatto antropico) a livello delle comunità macrozoobentoniche.

9. Descrittori morfologici: identificazione dei morphotaxa

Ciascun taxon del *data set* malacologico è stato catalogato sulla base della morfologia del nicchio. Da questa classificazione morfologica sono esclusi i seguenti *taxa*:

- specie che non hanno una vera o propria conchiglia (p.e., poliplacofori, caudofoveati, ecc.);
- specie con aspetti diversi di regressione della conchiglia nello stadio adulto (p.e., nudibranchi e altri opisthobranchi non cefalaspidei) e con *life-style* planctonico, nectonico o necto-bentonico (per lo più cefalopodi);
- taxa per i quali non è stato raggiunto il livello di identificazione specifico (p.e., *Tellina* sp., Mactridae Gen. sp., ecc.).

Questi *items* sono rappresentativi dello 0.15% degli esemplari che compongono il *data set* malacologico e possono essere considerati non rappresentativi del sistema in considerazione. I taxa per i quali è stata prevista la classificazione morfologica appartengono alle tre classi maggiori di molluschi (Gasteropodi, Bivalvi, Scafopodi).

Al fine di produrre categorie morfologiche trasversali a quelle tassonomiche si è fatto uso dei modelli utilizzati in letteratura per spiegare la forma delle conchiglie da un punto di vista geometrico. In particolare, è stato utilizzato come base di lavoro il modello di RAUP (1961) la cui caratteristica principale è nella identificazione di “variabili naturali” in grado di confrontare tutte le possibili forme fra loro.

Il metodo seguito è quello di attribuire a ciascun taxon una categoria morfologica (d’ora in avanti detta **morphotaxon**) che rappresenta la sintesi di più caratteristiche morfologiche della conchiglia. I caratteri scelti non hanno valore tassonomico al fine di evitare una ricatalogazione sistematica e di approssicare una catalogazione puramente ecologica. Per la catalogazione delle specie nei morphotaxa si è fatto uso delle descrizioni e delle immagini disponibili sia nella letteratura scientifica già citata sia nel digitale (WWW).

Per ragione di sintesi, si introduce parte della nomenclatura utilizzata nel testo. La specie che riassume più di altre le caratteristiche morfologiche del morphotaxon di riferimento sarà detto **morfotipo**. Saranno dette **specie chiave** le specie più abbondanti per ciascun morphotaxon. L’individuazione delle specie chiave è particolarmente importante al momento di descrivere i morphotaxa da un punto di vista ecologico. La dicitura “*specie chiave*” è stata acquisita da DÍAZ & CABIDO (2001) che le definiscono come quei taxa che più di altri riassumono il funzionamento della comunità in considerazione e la cui scomparsa determina

radicali mutamenti nella struttura dell'ecosistema. Per ciascun morphotaxon vi possono essere più specie chiave.

I morphotaxa hanno la finalità di descrivere le variazioni morfologiche delle specie presenti nel *data set*. Non hanno la finalità di essere esaustivi di tutta la variabilità morfologica del syntaxon a Molluschi. L'individuazione di morphotaxa in grado di leggerne in maniera esaustiva la variabilità morfologica comporta l'analisi delle forme su altri tipi di substrati o in altri ambienti non rappresentati nel *data set* in esame (p.e., substrati duri, praterie di fanerogame marine, ecc.). Il ritrovamento di queste specie nei campionamenti considerati è da considerare del tutto accidentale e trascurabile da un punto di vista quantitativo. Esse sono rappresentate da taxa tipici di fondo duro o molto grossolano (p.e., Trochidae, la gran parte dei Mytilidae, Pinnidae) o epifiti la cui presenza è da imputare alla presenza in alcuni campionamenti di stazioni di transizione con substrati duri.

Tranne rari casi in cui la forma di queste conchiglie rappresenti una reale discontinuità all'interno dei range morfologici individuati (p.e., Patelloidea), negli altri casi si è optato per la loro introduzione in morphotaxa già individuati. Tali specie rappresentano delle forme “outlayer” all'interno del morphotaxon nel quale sono state momentaneamente inserite.

Per la **connotazione ecologica dei morphotaxa**, è stato utilizzato il dato batimetrico e sedimentologico, individuando due sottoinsiemi di dati dal *data set* malacologico:

1. il primo comprende le stazioni di campionamento per le quali è noto il dato batimetrico (1470 stazioni sulle 1971 totali, $\approx 40\%$, e 128,317 esemplari su 447,075, $\approx 30\%$ rispetto al *data set* malacologico);
2. il secondo comprende le stazioni di campionamento per le quali è noto anche il dato sedimentologico come Classi di Nota (178 stazioni, $\approx 9\%$, e 63,587 esemplari, $\approx 14\%$ rispetto al *data set* malacologico).

Per altre campagne di campionamento sono presenti dati sedimentologici, ma i dati sono elaborati con altre metodologie e non sono stati considerati. Per i due sottoinsiemi di dati, le stazioni di campionamento sono state accorpate in classi discrete al fine di renderne agevole la lettura dei risultati.

Per il range batimetrico, è stata usata la seguente classificazione (P = profondità):

- 0 m ($0 < P < 5$ m);
- 5 m ($5 < P < 10$ m);
- 10 m ($10 < P < 20$ m);

- 20 m ($20\text{ m} < P < 30\text{ m}$);
- 30 m ($30\text{ m} < P < 40\text{ m}$);
- 40 m ($40\text{ m} < P < 50\text{ m}$);
- 50 m ($P > 50\text{ m}$).

Per le classi granulometriche, sono state utilizzate le Classi di Nota:

- Sabbia (sabbia $> 95\%$);
- Sabbia pelitica ($70\% < \text{sabbia} < 95\%$);
- Pelite molto sabbiosa ($30\% < \text{sabbia} < 70\%$);
- Pelite sabbiosa ($5\% < \text{sabbia} < 30\%$);
- Pelite (sabbia $< 5\%$).

Riguardo a questi due sottoinsiemi di dati, è stata calcolata l'abbondanza percentuale di ciascun morphotaxon per fascia batimetrica/classe sedimentologica. I dati batimetrici e sedimentologici per ciascun morphotaxon sono presi in considerazione solo quando esso presenta un'abbondanza di almeno 100 esemplari. Per gli altri casi si è ritenuto di scartare il dato in quanto risulta troppo "rarefatto" per poterne estrarre delle informazioni.

Le informazioni così raccolte, insieme a quelle desunte dalle caratteristiche ecologiche delle specie chiave (trofismo, caratteristiche biocenotiche, ecc.), sono raccolte in una matrice la quale connota in maniera preliminare i morphotaxa da un punto di vista ecologico.

Per fornire una **lettura sinecologica dei morphotaxa** e per misurarne la **coerenza forma/habitat**, sono stati analizzati i dati relativi alle singole campagne di campionamento. Sono stati scartati quei campionamenti per i quali:

- il numero di stazioni e taxa è troppo basso (al limite 4 stazioni x 7 specie, con valori medi di abbondanza pari a 1 o 2);
- i dati presentano incoerenze biologiche tali da supporre eventi accidentali durante le operazioni di prelievo e *sorting*;
- il prelievo è stato effettuato su fondali omogenei per quanto riguarda la struttura biologica e non risultano utili ai fini della lettura sinecologica dei morphotaxa.

Prima di ciascuna analisi, ciascuna matrice di dati è stata sottoposta alla rimozione del cosiddetto rumore di fondo, la quale consiste nella rimozione dalla matrice dei dati dei taxa e morphotaxa rari, cioè presenti in poche stazioni di campionamento, al limite tre.

Una seconda fase di riduzione di eventuali distorsioni interne al sistema in considerazione è stata necessaria laddove si registrasse la presenza di ulteriori sorgenti di

rumore diversa dalla precedente. È il caso per esempio di densità di alcune specie non comparabili numericamente con le altre.

Questo è un fenomeno comune nelle analisi multivariate ed ha l'effetto di “mascherare” la variabile principale che regola la zonazione del benthos lungo il gradiente costa-largo, l'idrodinamismo.

10. Analisi dei dati: Tecniche matematico-statistiche

L'analisi formale dei dati si è basata principalmente su una tecnica di *scaling* (ordinamento) multidimensionale, ampiamente utilizzata nell'ambito degli studi ecologici, nota come Analisi Fattoriale delle Corrispondenze o, più brevemente, **Analisi delle Corrispondenze AC** (BENZÉCRI, 1973; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984a-b). Per una sintesi applicata ai dati ecologici su questa tipologia di analisi si rimanda a SCARDI (2001).

L'ordinamento consiste nel disporre i punti-oggetto lungo degli assi corrispondenti a relazioni d'ordine, o su dei grafici formati da due o più assi dello stesso tipo; le relazioni d'ordine sono per lo più quantitative, ma sono anche utilizzati descrittori semiquantitativi, ottenendo degli ordinamenti soddisfacenti. L'ordinamento, quindi, è la rappresentazione di oggetti in rapporto a uno o più assi di riferimento. Tale approccio numerico all'ecologia nasce dall'esigenza di ridurre ad un ristretto numero di variabili la quantità di possibili descrittori per ciascuno degli oggetti studiati; come scrivono, infatti, LEGENDRE & LEGENDRE (l.c.), "*en effet, l'examen de la dispersion des objets par rapport à toutes les paires possibles de descripteurs est une approche laborieuse, qui pourrait générer plus de papier noirci que de lumière sur le problème*".

Nell'esigenza di considerare la rappresentazione degli oggetti in un grafico multidimensionale con tanti assi quante sono le variabili in considerazione, si cercheranno quelle proiezioni dei punti-oggetto sul piano migliore al fine di conservare le informazioni principali riguardo al fenomeno in studio. I nuovi assi così generati permetteranno di rappresentare, internamente ad uno spazio di dimensioni ridotte, la variabilità della matrice multidimensionale dei dati; sarà possibile, inoltre, acquisire tutta una serie di conoscenze quantitative sui valori delle proiezioni così ottenute.

Fra le tecniche di ordinamento, l'analisi delle corrispondenze è quella che meglio consente di evidenziare le variazioni nella struttura delle dominanze relative e di connotare le stazioni su questa base, associandole ai taxa che le caratterizzano, nella proiezione simultanea dei rispettivi punti. È opportuno sottolineare il fatto che questo tipo di analisi, pur essendo applicabile a dati di tipo non quantitativo, consente di preservare anche l'informazione di tipo strettamente quantitativo, facilmente desumibile dall'esame dei contributi assoluti.

La qualità della rappresentazione ottenuta nello spazio ridotto definito dagli assi fattoriali è stimabile sulla base degli autovalori estratti, per quanto riguarda la qualità globale

dell'ordinamento ed il grado di strutturazione del sistema e, sulla base dei contributi relativi, per quanto riguarda i singoli taxa e le singole stazioni.

L'AC, inoltre, differentemente da altre tecniche statistico-matematiche, consente di rappresentare simultaneamente i punti-variabile (specie) e i punti-osservazione (stazioni) con coordinate tali da rendere massima la correlazione fra i due insiemi per ogni fattore; solo per comodità di lettura i punti-stazione e i punti-specie si possono rappresentare separatamente, come è fatto in questa Tesi quando il numero delle variabili è molto elevato.

Per il calcolo della AFC si è fatto uso del free software PAST v. 1.82b e successivi aggiornamenti (HAMMER *et al.*, 2001), liberamente scaricabile all'indirizzo WEB <http://folk.uio.no/ohammer/past>.

È stata inoltre utilizzata un'ulteriore tecnica statistico-matematica messa a punto da DUFRENE & LEGENDRE (1997): la **Indicator Species Analysis (ISA)**, utilizzata spesso nell'analisi delle comunità al fine di individuare e descrivere il valore delle varie variabili come indicatori di determinate condizioni ambientali.

In questa tecnica le differenze ambientali sono concretizzate in gruppi di osservazioni (o stazioni). Il metodo fornisce un *indicator value* per ogni specie in ciascun gruppo combinando l'informazione sulla concentrazione dell'abbondanza delle variabili e la loro fedeltà nel ricorrere in un particolare gruppo. La significatività statistica dell'*indicator value* è valutata tramite il "test di Monte Carlo".

Il metodo assume, pertanto, che due o più gruppi di stazioni siano stati formati a priori e si conoscano le abbondanze delle specie in ciascuna stazione. Per ogni specie la tecnica prevede i seguenti passaggi di calcolo:

- calcolo dell'abbondanza relativa in un particolare gruppo (espressa in percentuale) definita come il rapporto tra l'abbondanza media della specie nelle stazioni di un gruppo e l'abbondanza media in tutte le stazioni;
- calcolo della frequenza relativa in un particolare gruppo (espressa in percentuale) definita come il rapporto tra il numero di stazioni in cui la specie è presente e il numero di stazioni del gruppo;
- calcolo dell'*indicator value* per ciascuna variabile in ogni gruppo moltiplicando le due grandezze ottenute nei punti precedenti ed esprimendo il risultato in percentuale.

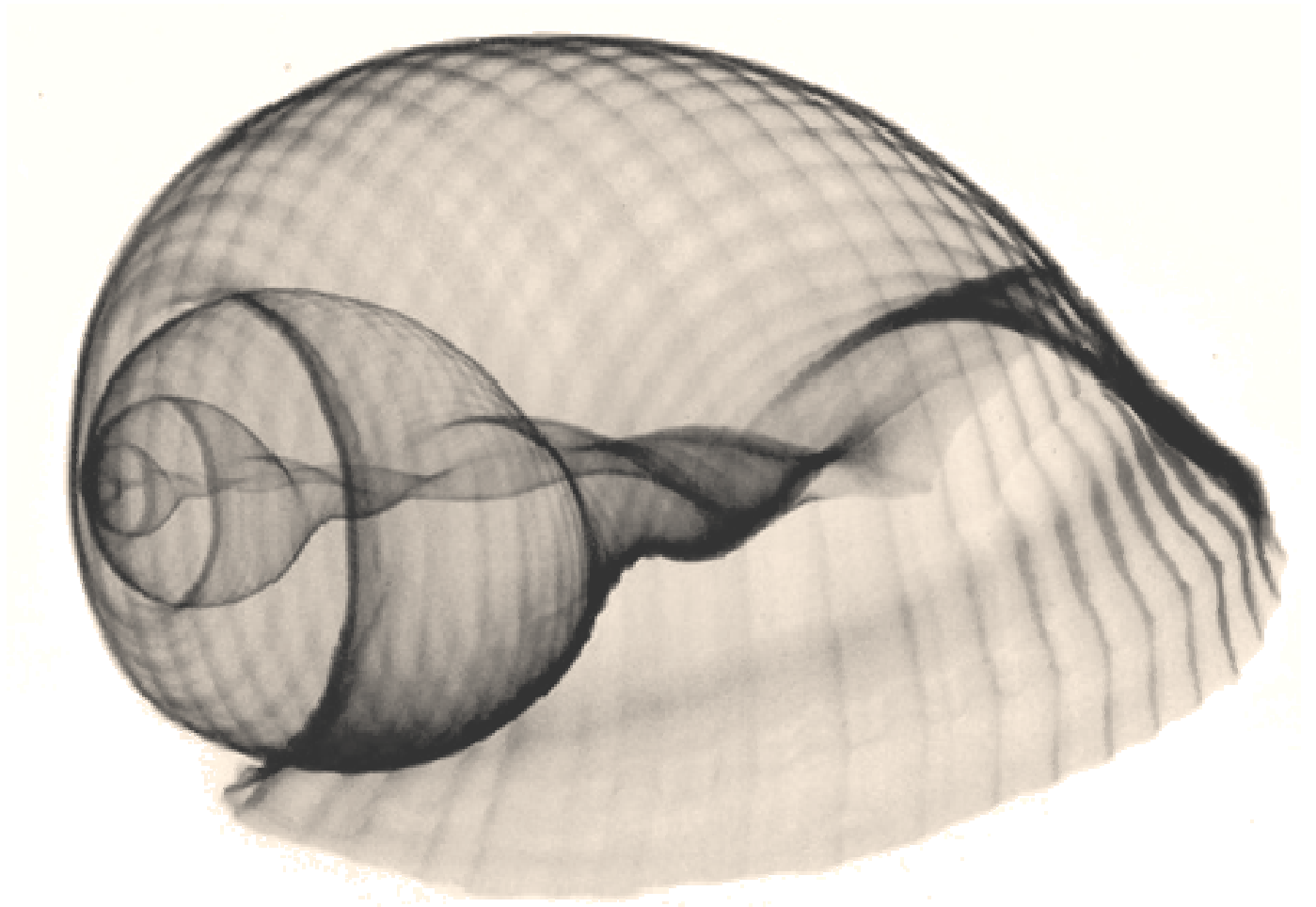
L'*indicator value* più alto tra quelli dei vari gruppi è considerato come l'*indicator value* complessivo di quella specie. Il test di Monte Carlo valuta inoltre la significatività statistica riassegnando casualmente le stazioni ai vari gruppi e calcolandolo ogni volta reiterando l'operazione 10000 volte (o valori diversi). La probabilità è definita come il rapporto tra le

volte in cui la frequenza ottenuta dai dati riassortiti casualmente eguaglia o supera quella osservata e il numero totale di riassegnazioni casuali effettuate. L'ipotesi nulla è che tale frequenza non sia più grande di quanto non ci possa aspettare a seguito di eventi casuali.

Per il calcolo dell'ISA è stato utilizzato il software indspana2, realizzato dal Prof. Michele Scardi (Univ. Tor Vergata). Per una sintesi applicata ai dati ecologici su questa tipologia di analisi si rimanda a SCARDI (2001).

Parte V

Risultati e Discussione



11. Analisi descrittiva del data set malacologico: specie

Il data set malacologico comprende 60 campagne di campionamento in corrispondenza di diverse aree delle coste italiane ed include dati sulle abbondanze su 447,075 esemplari per un totale di 447 taxa (Tab. 4; Fig. 22).

Taxon	Classe	Famiglia	Campagne	Stazioni	Esemplari
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	Bivalvia	Corbulidae	51	893	302332
<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	Veneridae	21	250	26481
<i>Mysella bidentata</i> (Montagu, 1803)	Bivalvia	Montacutidae	24	220	14661
<i>Turritella communis</i> Risso, 1826	Gastropoda	Turritellidae	42	461	12586
<i>Spisula subtruncata</i> (Da Costa, 1778)	Bivalvia	Mactridae	41	368	11567
<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)	Bivalvia	Veneridae	21	162	8988
<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)	Bivalvia	Thyasiridae	35	455	4870
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	Bivalvia	Semelidae	34	328	4542
<i>Pitar rudis</i> (Poli, 1795)	Bivalvia	Veneridae	32	224	3383
<i>Phaxas adriaticus</i> (Coen, 1933)	Bivalvia	Pharidae	35	337	3234
<i>Calyptraea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	Gastropoda	Calyptraeidae	37	278	2706
<i>Tellina distorta</i> Poli, 1791	Bivalvia	Tellinidae	16	234	2700
<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	Nuculidae	22	273	2638
<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	Lucinidae	34	228	2373
<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	Bivalvia	Nuculidae	24	318	2296
<i>Lentidium mediterraneum</i> (O.G. Costa, 1839)	Bivalvia	Corbulidae	9	51	1845
<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	Gastropoda	Iravadiidae	13	130	1513
<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	Gastropoda	Cylichnidae	32	275	1329
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	Bivalvia	Semelidae	35	312	1184
<i>Aequipecten opercularis</i> (Linnaeus, 1758)	Bivalvia	Pectinidae	16	104	1076
<i>Tellina nitida</i> Poli, 1791	Bivalvia	Tellinidae	18	174	1029

<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	Bivalvia	Hiatellidae	19	117	1028
Altri taxa			2236	8976	32052

Tab. 4. Abbondanze dei taxa più frequenti nel data set malacologico.

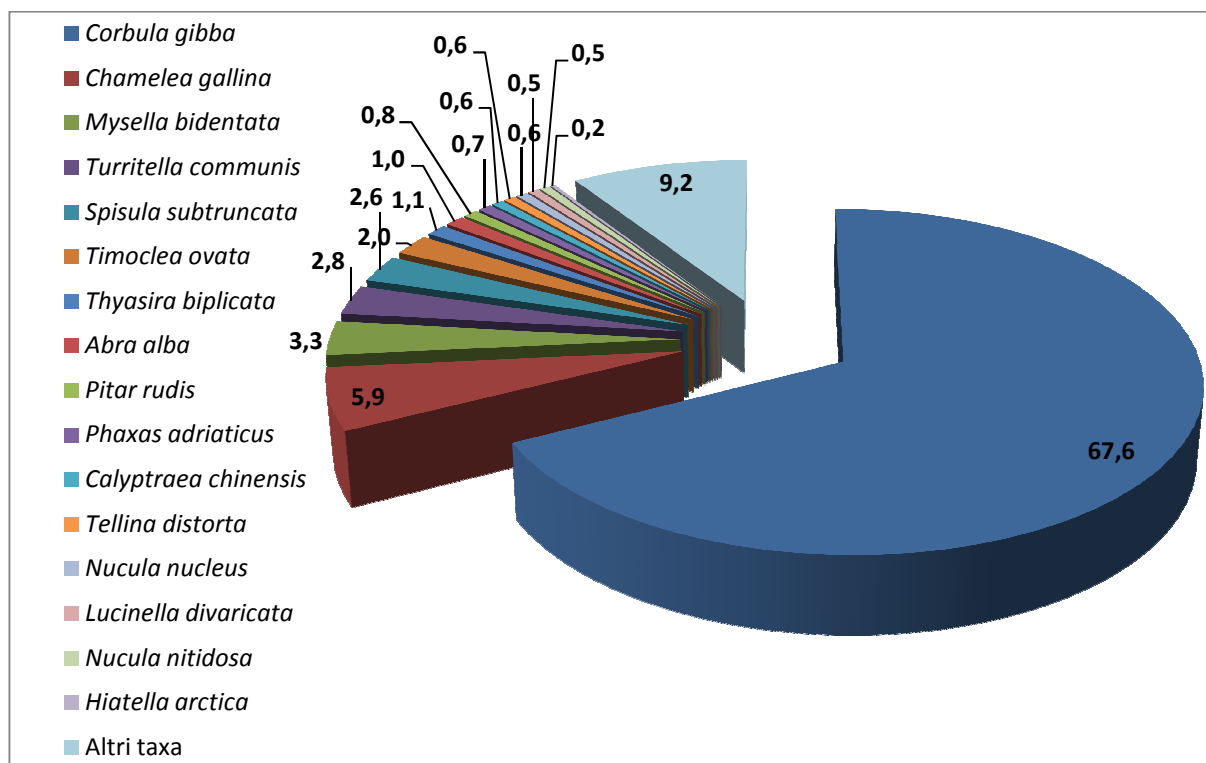


Fig. 22. Abbondanze relative dei taxa più frequenti nel data set malacologico.

Il taxon più abbondante è *Corbula gibba*, un bivalve dalla forma trigonale, endobionte superficiale e filtratore. In passato era genericamente considerata una specie opportunista, indicatrice di “disequilibri nel ciclo sedimentario”; PÉRÈS & PICARD (1964) la definivano come caratteristica preferenziale della biocenosi MI (*Fonds Meubles Instables*).

Corbula gibba è una specie euriecia e fondamentalmente misticola con densità di popolazione molto variabile (per una *review* esaustiva, HRS-BRENKO, 2006). Forma facies molto dense in fondali sottoposti a forti sorgenti di disturbo. Queste possono essere di origine antropica (inquinamento organico di cui è specie indicatrice - UNEP 1986) o naturale (condizioni anossia/ipossia, elevata torbidità). In particolare, è stato osservato che popolazioni molto dense di *Corbula gibba* si rinvencono a livello dei primi stadi pionieri in fondali sottoposti ad elevata pressione, sia stagionale che accidentale.

Le tabelle seguenti indicano l’abbondanza relativa per fascia batimetrica (Tab. 5) e per classe sedimentologica (Tab. 6) dei taxa più frequenti nel data set batimetrico e sedimentologico.

Taxon	P<5	5≤P<10	10≤P<20	20≤P<30	30≤P<40	40≤P<50	P≥50
<i>Corbula gibba</i>	0.4	7.6	68.0	17.3	5.7	0.3	0.7
<i>Chamelea gallina</i>	0.2	52.9	46.6	0.1	0.0	0.0	0.2
<i>Mysella bidentata</i>	0.0	1.0	83.7	4.6	9.9	0.3	0.6
<i>Spisula subtruncata</i>	0.1	6.3	87.6	4.5	0.3	0.1	1.1
<i>Turritella communis</i>	0.1	0.2	8.9	37.6	43.0	3.0	7.2
<i>Thyasira biplicata</i>	1.2	6.2	2.1	13.9	13.9	10.3	52.4
<i>Nucula nitidosa</i>	2.3	3.7	35.2	32.0	19.3	4.1	3.6
<i>Lucinella divaricata</i>	0.4	13.1	61.6	19.9	4.2	0.4	0.4
<i>Hyala vitrea</i>	0.0	0.1	39.5	21.4	18.6	9.3	11.0
<i>Lentidium mediterraneum</i>	93.8	4.6	1.2	0.4	0.0	0.0	0.0
<i>Cylichna cylindracea</i>	0.0	5.3	43.5	33.7	13.7	1.1	2.7
<i>Tellina nitida</i>	0.1	33.3	64.1	0.8	0.7	0.0	1.0
<i>Abra nitida</i>	3.8	11.7	23.2	34.8	5.2	4.8	16.4
<i>Tellina fabula</i>	3.0	15.8	79.3	1.3	0.1	0.1	0.3
<i>Tellina distorta</i>	0.0	8.7	43.3	37.0	9.4	1.7	0.0
<i>Tellina donacina</i>	0.0	5.9	37.2	39.5	14.5	2.3	0.6
<i>Abra alba</i>	11.3	17.3	45.3	8.7	15.0	1.0	1.4
<i>Nucula nucleus</i>	1.0	2.2	36.7	10.8	24.6	2.4	22.2
<i>Calyptraea chinensis</i>	0.0	3.8	33.1	38.7	17.1	4.8	2.4
<i>Abra prismatica</i>	0.0	1.9	28.4	29.1	16.0	7.5	17.1
<i>Bela nebula</i>	0.6	44.7	51.0	2.1	0.3	0.0	1.3
<i>Nassarius pygmaeus</i>	0.0	29.0	66.9	3.7	0.3	0.0	0.0
<i>Phaxas adriaticus</i>	0.2	8.9	13.8	20.8	19.1	7.0	30.3
<i>Tellimya ferruginosa</i>	0.2	13.4	51.7	21.5	2.9	1.8	8.6
<i>Tellina pulchella</i>	6.3	5.7	42.2	29.3	10.7	3.4	2.3
<i>Nucula sulcata</i>	0.0	1.7	23.7	26.7	10.4	2.4	35.0
<i>Dosinia lupinus</i>	0.8	20.6	60.0	13.8	1.9	1.4	1.6
<i>Myrthea spinifera</i>	0.0	0.4	0.0	15.6	38.1	15.2	30.7
<i>Loripes lucinalis</i>	5.9	15.6	37.2	27.9	12.3	0.8	0.2
<i>Thracia convexa</i>	0.2	1.6	93.0	1.9	1.4	0.5	1.4
<i>Donax semistriatus</i>	25.4	66.7	5.2	0.2	0.0	0.5	2.1
<i>Nassarius incrassatus</i>	3.1	34.5	39.0	11.6	6.6	1.4	3.8
<i>Plagiocardium papillosum</i>	0.0	6.2	9.0	35.3	17.5	19.9	12.1
<i>Antalis inaequicostatum</i>	0.7	2.2	48.3	23.6	12.3	8.1	4.7
<i>Saccella commutata</i>	0.0	0.0	3.7	6.9	4.9	5.8	78.7
<i>Pitar rudis</i>	0.3	1.5	30.5	45.1	18.3	1.8	2.4
<i>Paphia aurea</i>	0.0	3.4	81.0	11.2	3.7	0.3	0.3
<i>Donax venustus</i>	13.8	72.4	12.8	0.3	0.0	0.0	0.7

Tab. 5. Abbonanze dei taxa più frequenti per fascia batimetrica.
I dati utilizzati provengono dal data set batimetrico.

Taxon	Sabbia	Sabbia pelitica	Pelite molto sabbiosa	Pelite sabbiosa	Pelite
<i>Corbula gibba</i>	0.2	5.5	23.0	40.8	30.5
<i>Mysella bidentata</i>	0.0	1.6	3.1	34.5	60.8
<i>Chamelea gallina</i>	55.3	36.8	0.2	2.8	4.9
<i>Nucula nitidosa</i>	0.9	24.0	14.7	28.1	32.3
<i>Hyala vitrea</i>	2.4	13.0	9.0	24.3	51.3
<i>Cylichna cylindracea</i>	4.9	30.7	22.7	22.7	19.0
<i>Turritella communis</i>	2.8	8.7	6.0	55.1	27.4
<i>Lucinella divaricata</i>	53.6	38.1	6.7	0.5	1.1
<i>Nassarius pygmaeus</i>	16.4	33.3	2.8	6.4	41.1
<i>Tellina distorta</i>	1.4	53.0	20.9	18.3	6.4
<i>Tellina nitida</i>	19.2	34.2	2.1	17.3	27.1
<i>Bela nebula</i>	42.2	54.0	0.3	1.5	2.1
<i>Nucula nucleus</i>	0.0	10.9	14.2	12.0	62.9
<i>Abra prismatica</i>	6.4	35.0	11.3	15.4	32.0
<i>Thyasira biplicata</i>	0.0	56.0	9.3	31.7	3.1
<i>Scapharca inaequalis</i>	0.8	25.6	2.1	43.0	28.5
<i>Paphia aurea</i>	0.0	15.7	50.0	8.3	25.9
<i>Abra alba</i>	1.5	42.4	9.1	23.2	23.7
<i>Phaxas adriaticus</i>	0.0	58.9	29.9	5.1	6.1
<i>Spisula subtruncata</i>	11.2	24.9	37.1	13.2	13.7
<i>Myrthea spinifera</i>	0.0	71.4	25.9	0.5	2.1
<i>Dosinia lupinus</i>	16.0	46.9	7.4	16.0	13.7
<i>Pitar rudis</i>	2.3	50.6	12.2	9.3	25.6
<i>Loripes lucinalis</i>	0.0	45.6	36.1	6.5	11.8
<i>Eulima glabra</i>	2.4	29.3	28.0	23.2	17.1
<i>Donax semistriatus</i>	96.3	0.0	0.0	0.6	3.1
<i>Parvicardium minimum</i>	0.0	98.8	1.3	0.0	0.0
<i>Episiphon rubescens</i>	17.9	80.8	0.0	0.0	1.3
<i>Calyptraea chinensis</i>	2.0	35.8	40.5	11.5	10.1
<i>Nucula sulcata</i>	4.9	19.7	50.7	9.9	14.8
<i>Antalis inaequicostatum</i>	4.3	25.0	42.9	11.4	16.4
<i>Abra nitida</i>	0.0	75.8	4.5	19.7	0.0
<i>Tellimya ferruginosa</i>	37.7	42.1	1.8	0.9	17.5

Tab. 6. Abbonanze dei taxa più frequenti per classe sedimentologica.
I dati utilizzati provengono dal data set sedimentologico.

12. Descrittori morfologici: identificazione dei morphotaxa

L'utilizzo del modello di RAUP (1961, 1962, 1965, 1966), noto come “morfospazio” (Fig. 13 Pag. 46), ha permesso di individuare le variabili naturali in grado di confrontare tutte le possibili forme fra loro. Ciò vuol dire che, non solo si realizzano categorie morfologiche trasversali ai taxa più bassi (specie, famiglia), ma è possibile anche superare la dicotomia Gasteropodi-Bivalvi, sulla quale si basa la quasi totalità della ricerca ecologica.

Secondo l'Autore, la forma elementare di una conchiglia è descritta dalle seguenti quattro variabili morfologiche (Fig. 23):

- forma della curva generatrice (S);
- posizione della curva generatrice rispetto all'asse di spiralizzazione (D);
- velocità di espansione della curva generatrice (W);
- velocità di spiralizzazione lungo l'asse (T).

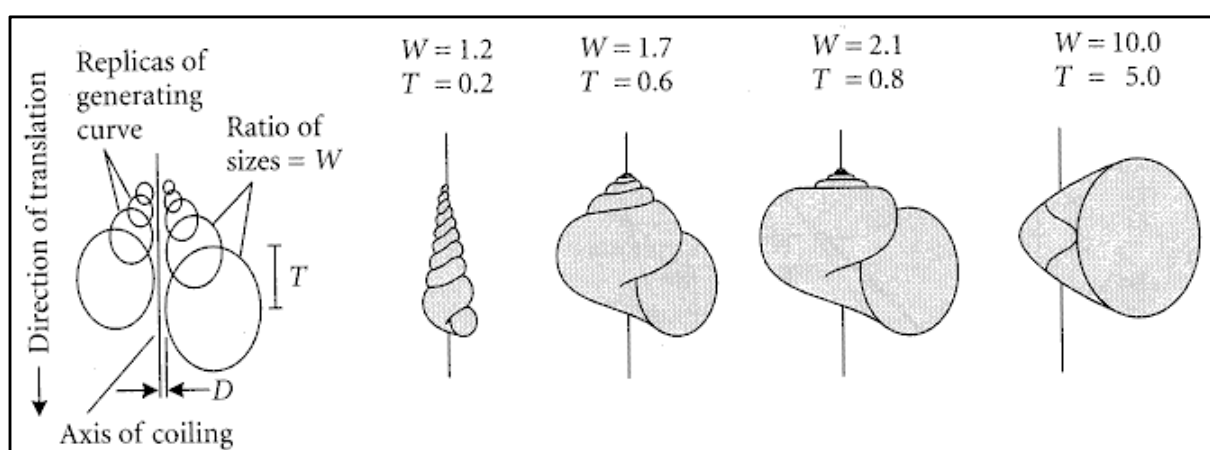


Fig. 23. *Variazioni morfologiche della conchiglia al variare delle variabili W e T. In questo caso D e S sono mantenuti costanti.*

Nell'approccio geometrico l'unità minima di riferimento non è più la conchiglia in senso biologico (il nicchio dei Gasteropodi e degli Scafopodi e le due valve dei Bivalvi), ma è la spirale logaritmica e le sue leggi: la conchiglia diventa quindi il risultato della rotazione equiangolare di una curva generatrice lungo un asse.

Nel caso del nicchio dei Gasteropodi e degli Scafopodi si è in presenza di una sola spirale logaritmica, mentre la conchiglia dei Bivalvi è prodotta dalla rotazione di due spirali equiangolari speculari l'una all'altra.

Ne consegue che la conchiglia dei Gasteropodi e Scafopodi e la singola valva dei Bivalvi sono strutture morfologicamente sovrapponibili e per esse è possibile utilizzare gli stessi descrittori morfologici che sono:

1. profilo della spira (descrittore sintetico delle tre variabili D, W e T di Raup);
2. forma della curva generatrice (la bocca dei gasteropodi e il contorno della valva nei Bivalvi);
3. spessore del nicchio.

Profilo della spira

Dalle specie comprese nel data set è possibile distinguere tre tipologie principali di profili (Fig. 4):

1. elicoide;
2. piramidale;
3. emisferico.

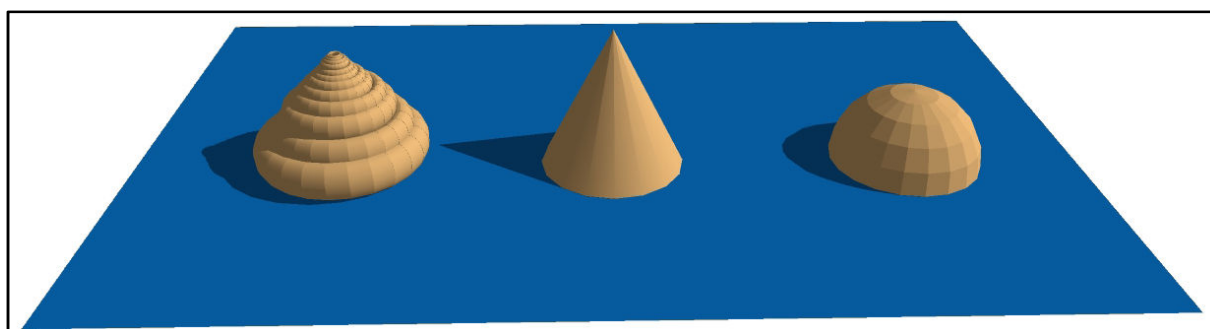


Fig. 24. *Profilo della spira. Tipologie principali reperibili nel data set malacologico.
Da sinistra a destra: elicoide – piramidale – emisferico.*

Nelle forme elicoidi la morfologia generale della spira è determinata principalmente dalle differenze di sviluppo in altezza e larghezza della spira; in molti casi risulta inoltre influenzata dal contorno della figura generatrice. Per questa ragione per le conchiglie elicoidi si preferisce considerare solo il profilo della spira, che racchiude in sé anche l'informazione portata dalla curva generatrice e che risulta di più semplice attuabilità. La spira si chiude su se stessa attorcigliandosi lungo l'asse.

Nelle forme piramidali ed emisferiche, la morfologia generale della conchiglia presenta il contributo variabile sia del profilo della spira sia della curva generatrice. Il contributo della curva generatrice è maggiore nelle forme emisferiche. In queste forme la spira non si chiude su se stessa, ma i margini della curva generatrice devono aderire ad un substrato rigido, nelle

piramidali la superficie di una roccia o una conchiglia vuota semimmersa nel sedimento, nelle emisferiche una spira corrispondente.

Differentemente dalle forme elicoidi, nelle forme piramidali ed emisferiche la forma della curva generatrice è quindi una variabile determinante, insieme al profilo della spira, ai fini della determinazione delle categorie morfologiche.

Da un punto di vista ecologico, le forme elicoidi sono tipiche della gran parte dei Gasteropodi di fondo mobile: tipicamente vagili, si spostano alla ricerca di nuove fonti di cibo (detrito vegetale ed animale, prede endobionti, ospiti da parassitare), alternando stili di vita endo- ed epibionti. Le piramidali sono tipiche di Gasteropodi Patelloidei ed altre forme specializzate (p.e., *Calyptrea*), debolmente vagili e legati ad ecotoni con substrati duri o accidentati, mentre le emisferiche sono tipiche dei Bivalvi, specie tipicamente sedentarie e per lo più microfaghe.

All'interno della "famiglia" delle forme elicoidali è possibile osservare diverse forme riassumibili in cinque tipologie fondamentali (Fig. 25).

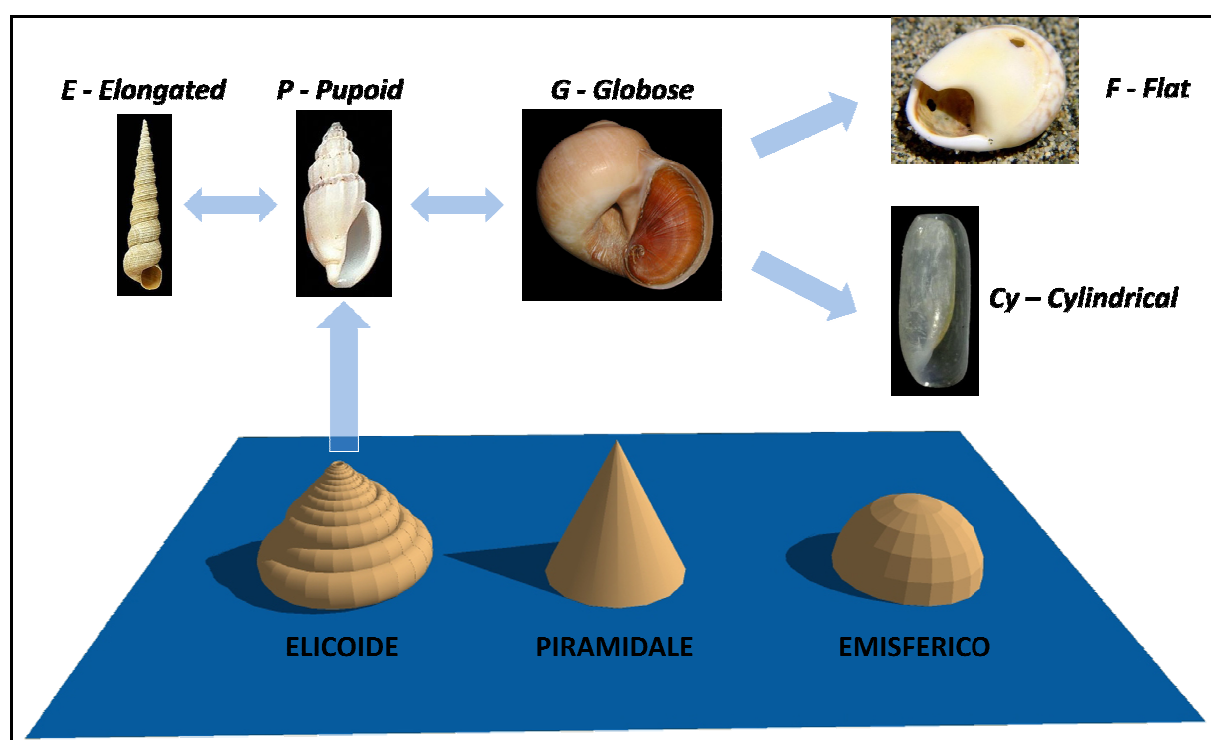


Fig. 25. Profilo della spira. Tipologie elicoidali descritte nel data set macologico.

Le forme E (*Elongated*) sono tipiche di gasteropodi e scafopodi con *life style* per lo più endobionte superficiale o profondo, utile allo spostamento nello spessore del sedimento alla

ricerca della preda o di ospiti da parassitare. La forma allungata agevola lo spostamento all'interno di una matrice compatta, come quella del sedimento.

Le forme G (Globose) sono tipiche di gasteropodi con *life style* per lo più epibionte. Si muovono sul sedimento alla ricerca di prede e si infossano solo in occasione della cattura della preda. La forma globosa è più efficiente rispetto a quella allungata nella difesa da possibili attacchi di predatori. Sono rappresentati per lo più da macromolluschi.

Le forme P (Pupoid) sono forme di transizione fra E e G, sia macro- che microgasteropodi. Molti taxa sono necrofagi (*Nassarius sp.*), molti altri ectoparassiti di profondità. Per molti taxa non si hanno conoscenze autoecologiche appropriate. Si può ipotizzare che le forme pupoidi non presentano una forma di specializzazione confrontabile a quella delle conchiglie allungate e globose.

Le conchiglie F (Flat) sono rappresentate nel *data set* dalla sola *Cyclope neritea*, gasteropode epibionte e necrofago su fondi a bassa profondità e basso idrodinamismo, ipossici e zolfo-riducenti. È una forma adatta ad evitare l'infossamento nel sedimento sul quale letteralmente "galleggia". È da considerare una forma specializzata delle conchiglie "G".

Le conchiglie Cy (Cylindrical), tipiche di gasteropodi con *life style* per lo più endobionte. Si muovono nello spessore del sedimento alla ricerca di prede (meio- e microbenthos). Sono da considerare una forma altamente specializzata delle conchiglie "E".

Le conchiglie con contorno piramidale sono piuttosto rare su fondi mobili e per esse è osservabile una certa omogeneità di struttura (Fig. 26).

Le forme Py (Pyramidal) sono rappresentate da specie accidentali su fondo mobile o rinvenibili in ecotoni con substrati duri. Nel *data set* sono state riscontrate solo nei Gasteropodi Patelloidei. Da un punto di vista morfologico, sono importanti in quanto risultano forme di transizione fra le elicoidali (gasteropodi) e le emisferiche (bivalvi) e ne permettono la lettura attraverso le stesse variabili.

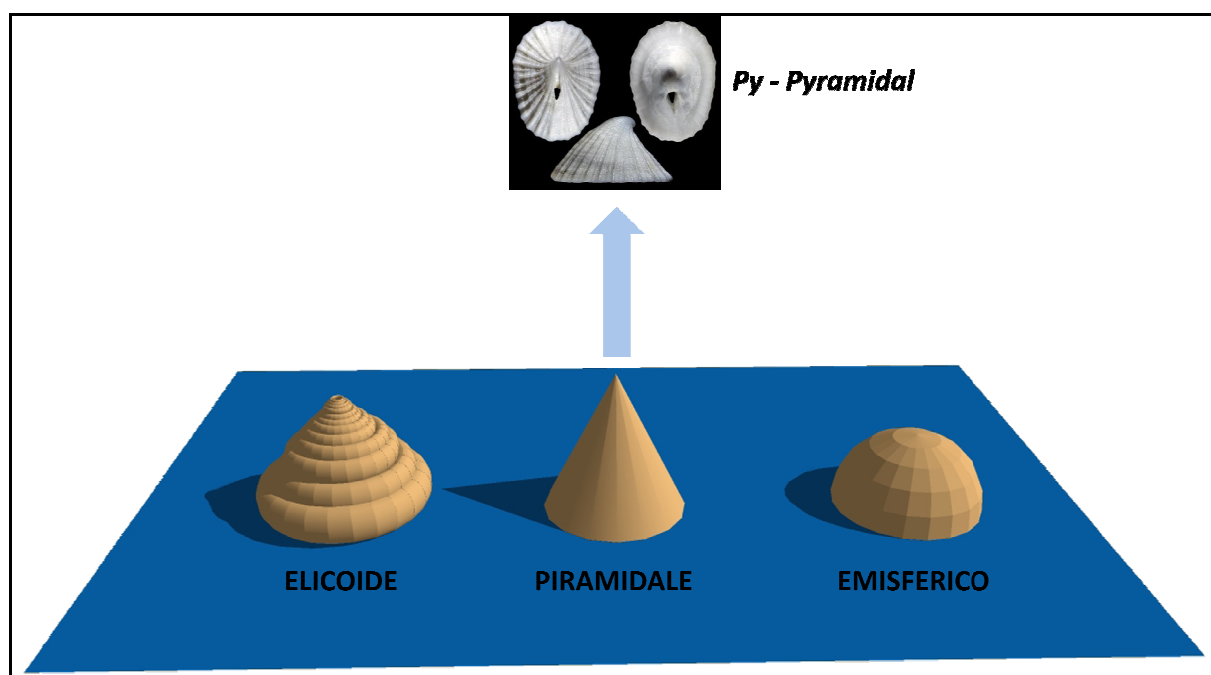


Fig. 26. *Profilo della spira. Tipologie piramidali descritte nel data set macologico.*

La gran parte delle specie su fondo mobile sono attribuibili alla forma emisferica (Fig. 27), tipica dei Bivalvi.

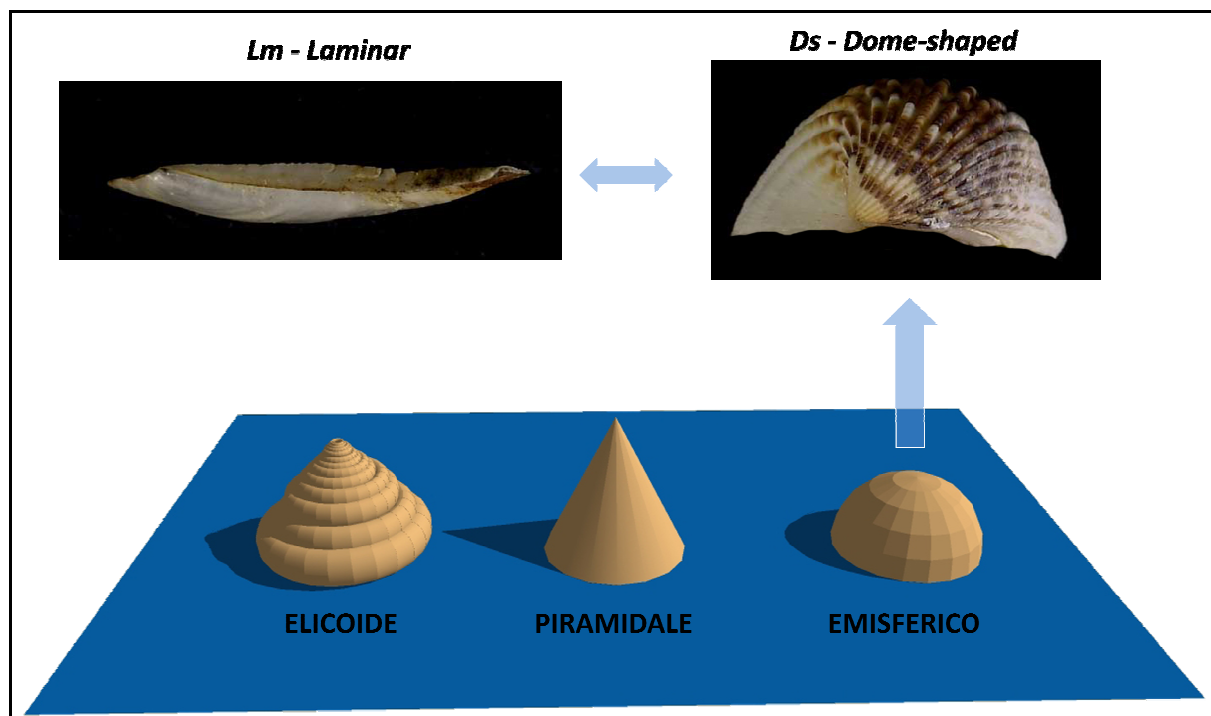


Fig. 27. *Profilo della spira. Tipologie emisferiche descritte nel data set macologico.*

Risulta particolarmente difficoltosa la lettura della morfologia della spira dei bivalvi. La letteratura scientifica è infatti concentrata a descrivere i caratteri diagnostici delle specie,

collocati lungo i margini della curva generatrice e sulle superfici interna ed esterna della valva. Al momento si è quindi scelto di separare le forme emisferiche in due tipologie fondamentali.

La prima, Ds (*Dome-shaped*) è la più comune fra i Bivalvi ed è descrivibile come una spira non fortemente spiralizzata su se stessa, quasi mimando una forma elicoidale del tipo F. Essa risulta adatta ad un *life style* epibionte o endobionte superficiale. Non risulta particolarmente efficiente nel penetrare nello spessore del sedimento, sia per profondità che per velocità.

Nella seconda, Lm (*Laminar*), la spira è talmente pressata da presentarsi appiattita. È frequente in bivalvi con *life style* per lo più endobionte profondo. È adatta ad infossarsi nello spessore del sedimento a profondità e velocità elevate, offrendo poco attrito in corrispondenza dell'interfaccia conchiglia/sedimento e garantendo una notevole protezione all'animale.

Forma della curva generatrice

Come già specificato prima, la forma della curva generatrice è una variabile determinante solo nelle forme piramidali ed emisferiche. Soprattutto in quest'ultime si nota una notevole variabilità, spesso con caratteristiche tipiche di una o poche famiglie. Al momento è stato possibile individuare sette tipologie principali (Fig. 28).

La forma C (*Circular*) è considerata la più primitiva fra i Bivalvi e la meno specializzata. È tipica di Bivalvi generalmente sedentari, nel *data set* riscontrata in taxa epibionti ed endobionti superficiali, tipicamente filtratori. Una cospicua frazione di conchiglie circolari fa riferimento a taxa endobionti profondi con trofismo mixotrofico. Per quanto riguarda quest'ultimi, si tratta di Bivalvi sedentari (soprattutto Lucinidae) che vivono nello spessore riducente del sedimento sotto il RPD, contraendo simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi e zolfo-ossidanti.

Le forme Es (*Ellipsoidal*) si riscontrano nella gran parte dei Bivalvi di fondo mobile e si caratterizzano per un'elevata efficienza nell'infossamento. Sono tutti taxa endobionti, superficiali e profondi. Dal punto di vista trofico, sono filtratori, detritivori e limivori. Importante è la cospicua presenza di detritivori, caratterizzati da sifoni molto allungati. L'allungamento della conchiglia in senso antero-posteriore può anche essere collegato allo sviluppo di queste strutture.

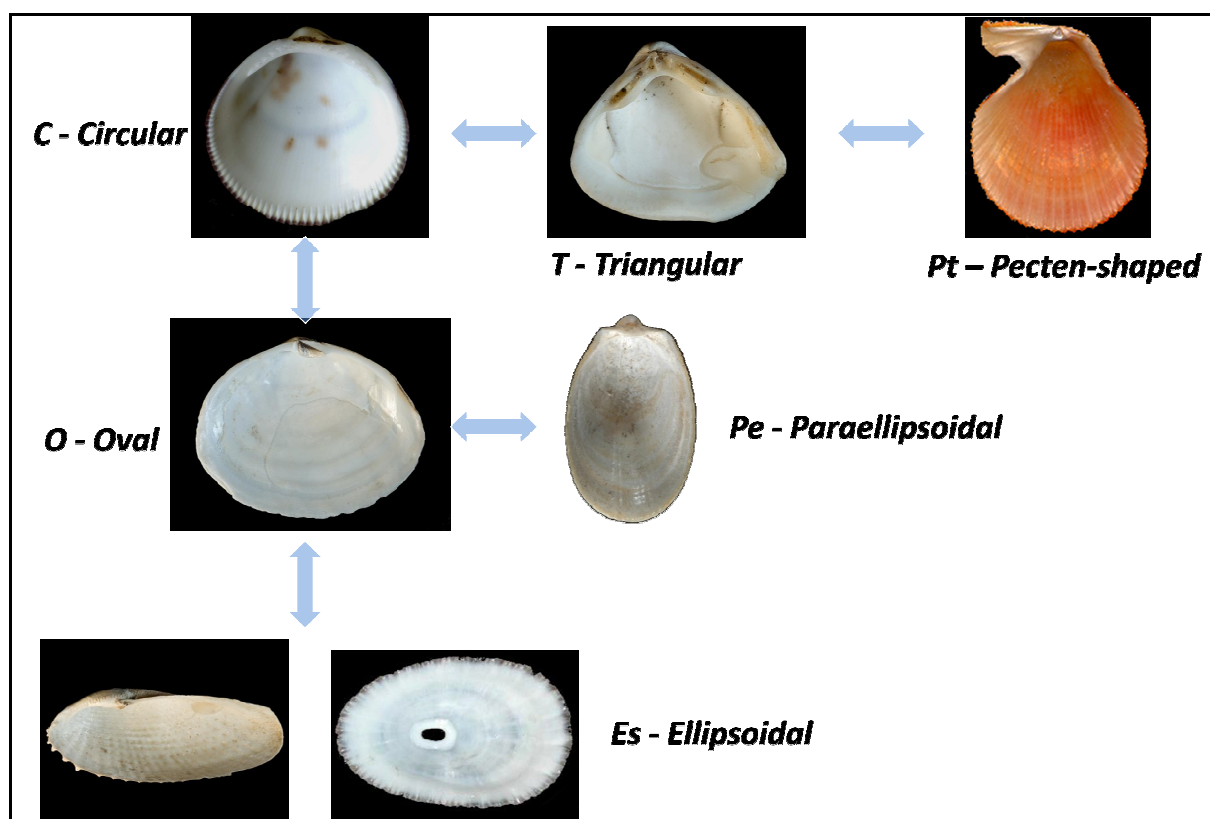


Fig. 28. Forma della curva generatrice. Tipologie descritte nel data set macologico.

La forma O (Oval) è una tipologia intermedia fra conchiglie “C” ed “Es”, soprattutto frequente fra specie “profonde” (dal circolatorale fino alle maggiori profondità). Bivalvi endobionti dal trofismo più vario, offrono una migliore stabilizzazione nello spessore del sedimento rispetto alle forme “C” (RHOADS, 1974), ma mostrano un’efficienza minore nell’infossamento rispetto alle “Es” (PURCHON, 1968).

Le forme Pe (Paraellipsoidal) sono rinvenibili nel *data set* in taxa filtratori tipici di basse profondità (al limite anche lagune costiere), oppure in taxa mixotrofici che vivono sotto lo strato RPD, comunque in sedimenti anossici o ipossici zolfo-riducenti. Per questa ragione è possibile rinvenirne anche a grandi profondità (circalitorale, batiale). Si possono considerare come forme specializzate.

Le forme T (Trigonal) sono anch’esse tipologie specializzate rispetto alle “C”. È la variabile morfologica più rappresentata nel *data set*. In letteratura la forma triangolare è associata a taxa endobionti superficiali e filtratori; pur essendo per lo più sedentari, hanno un’efficienza maggiore nel ristabilire la posizione originale dello spessore del sedimento a seguito di un evento di dislocazione (PURCHON, 1968) rispetto alle altre forme descritte. Il dislocamento può avere un’origine fisica (idrodinamismo), ma anche un’origine biologica

(predazione). La forma triangolare presenta quindi un vantaggio ecologico rispetto alle altre forme prima descritte.

Si può ipotizzare che a questo vantaggio si deve il fatto che molti taxa con curva generatrice triangolare formano *facies* anche molto dense (migliaia di individui/m²) alle profondità più diverse: *Lentidium mediterraneum*, *Chamelea gallina*, *Spisula subtruncata*, *Corbula gibba*.

Le forme Pt (Pecten-shape) sono tipologie specializzate rispetto alle “T” e ad esse è associata in *toto* la famiglia Pectenidae, composta da specie demersali e filtratrici. Oltre al vantaggio ecologico tipico delle conchiglie trigonali, la figura generatrice si dilata superiormente a costituire le ben note “orecchiette”. Esse hanno la funzione di stabilizzare l’animale sulla superficie del sedimento, impedendone l’affossamento nel suo spessore.

Spessore della spira

Lo spessore è una variabile ecologica, non considerata nel modello di Raup. Molta letteratura scientifica ha comunque posto in evidenza l’importanza di questa caratteristica nel determinare la presenza delle specie in funzione di variabili abiotiche e biotiche. Per questa ragione, viene aggiunta ai descrittori morfologici estrapolati dagli studi di Raup.

Nel data set in esame, è stato possibile rinvenire tre tipologie fondamentali di seguito descritte (Fig. 29).

Le forme H (Heavy) sono conchiglie a spessore elevato, caratteristiche di specie epibionti o endobionti superficiali, quindi taxa per i quali la matrice “sedimento” non offre l’adeguata protezione da possibili attacchi di predatori. Queste conchiglie sono “dispendiose” in termini di consumo energetico e la loro presenza è legata ad ambienti ricchi di cibo. Quest’ultimo può essere rappresentato da animali viventi o meno, da materia organica in sospensione o sulla superficie del sedimento.

Le forme L (Light) sono conchiglie sottili, poco dispendiose in termini di consumo energetico. Sono tuttavia le più inefficienti nella protezione da possibili predatori. Per questa ragione nel sistema fitale sono tipiche di endobionti profondi per i quali lo spessore del sedimento rappresenta una protezione adeguata, oppure di commensali o ectoparassiti per i quali l’ospite rappresenta la protezione stessa. Le conchiglie “L” sono inoltre tipiche degli strati anossici del sedimento al di sotto dello strato RPD e dei fondi batiali/abissali. In questi ultimi casi un ruolo è sicuramente svolto dalla rarefazione della comunità e dalla bassa disponibilità di calcio solubile.

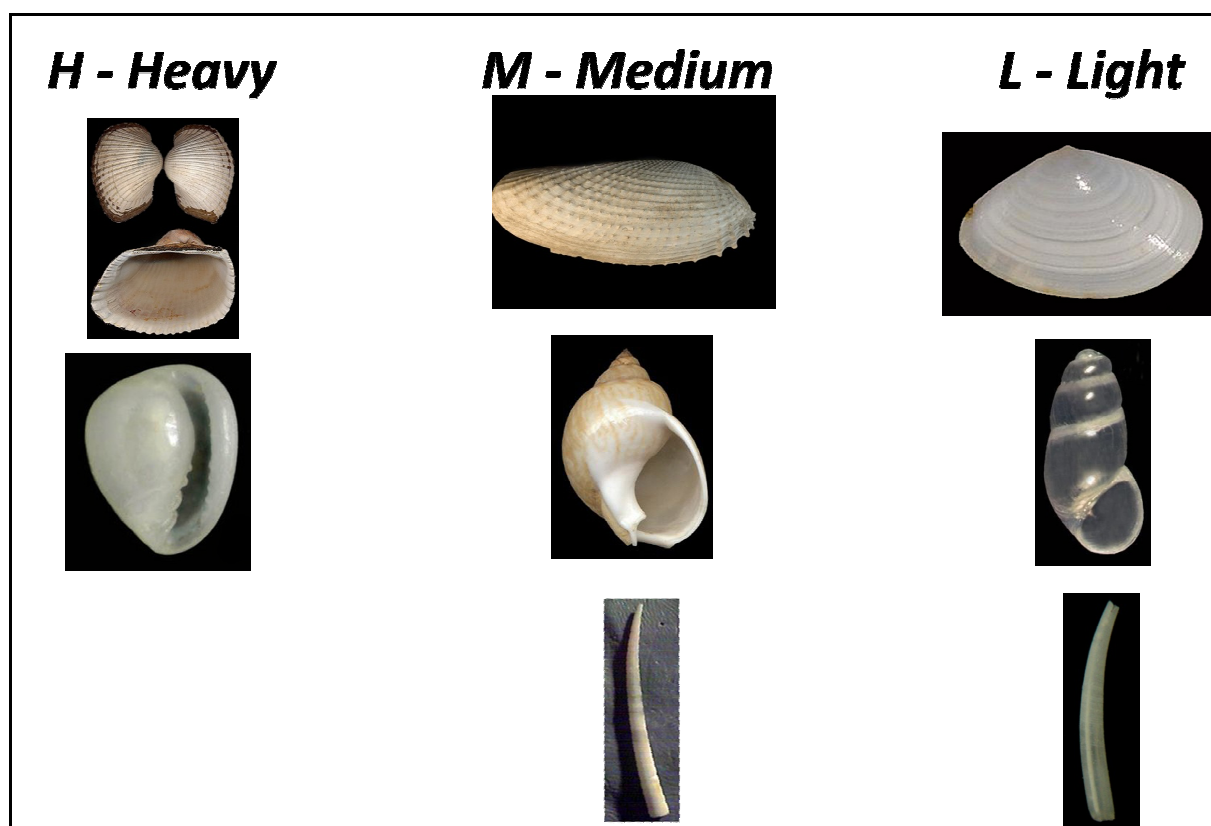


Fig. 29. *Spessore del nicchio. Tipologie descritte nel data set macologico.*

Le conchiglie M (Medium) sono forme intermedie fra “H” e “L”, senza alcuna evidente specializzazione. Si possono trovare molluschi epi- ed endobionti, superficiali e profondi. Probabilmente il migliore compromesso fra spesa energetica e protezione dai predatori.

Identificazione dei morphotaxa e nomenclatura utilizzata

Per ciascuna specie sono state indicate la tipologia di appartenenza in funzione della forma della spira, della curva generatrice e dello spessore del nicchio. La nomenclatura utilizzata è la seguente:

Forma del contorno della spira + (Forma della curva generatrice) + Spessore

Come già detto in precedenza, la forma della curva generatrice è considerata solo per conchiglie piramidali ed emisferiche. La figura seguente mostra alcuni esempi di nomenclatura (Fig. 30).

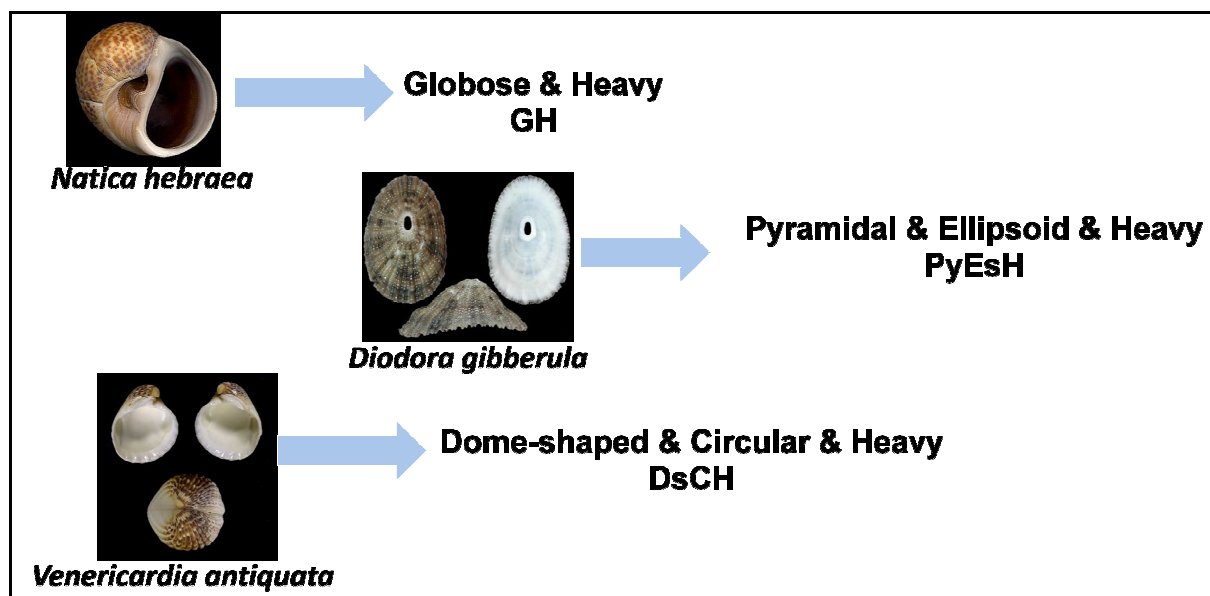


Fig. 30. Esempi della nomenclatura utilizzata per i morphotaxa.

Eccezioni nella identificazione dei morphotaxa

Le caratteristiche di alcune specie è tale che è stato necessario introdurre delle variabili aggiuntive oppure la loro introduzione in determinati morphotaxa è nata da una scelta di opportunità, come di seguito si spiega.

Nel *data set* è stata riscontrata la presenza di Bivalvi di substrato duro (Fig. 31), accidentali su fondo mobile o tipici di fondi a granulometria molto grossolana (p.e., sabbioni conchigliferi) nei quali il contorno della spira e la forma della curva generatrice dipendono dalla conformazione del substrato sul quale aderiscono. Queste specie sono state introdotte in un'ulteriore variabile morfologica, detta **Bv** (*Bottom varying – shape*) e per esse è stata ispezionata la sola variabile “Spessore”.

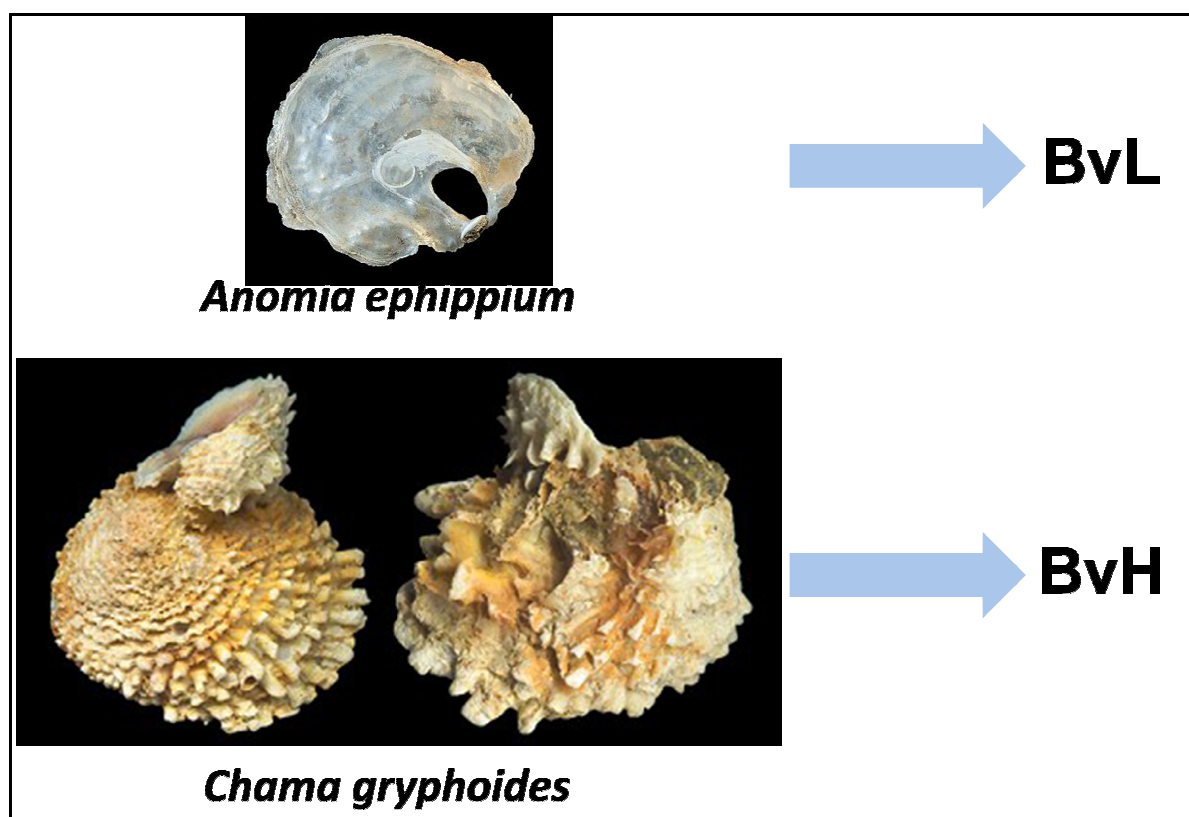


Fig. 31. Eccezioni nomenclaturali nei morphotaxa. Bv (Bottom-varianting shape).

L'altra eccezione è rappresentata dalla specie *Corbula gibba* (Fig. 32). Questo è un Bivalve di fondo mobile peculiare nelle caratteristiche strutturali della forma della conchiglia: essa è formata da due valve a contorno triangolare ed è profondamente inequilaterale.

Seguendo il modello di Raup, ciò vuol dire che, mentre le figure generatrici sono simili l'una all'altra, le velocità delle variabili W e T sono diverse in ciascuna spirale, determinando uno sviluppo differenziale delle due valve. Mentre la destra appartiene alla categoria "Ds", la sinistra è riconducibile alla categoria "Lm".

In un'ottica funzionale, bisogna inoltre dire che *C. gibba* è fra i pochi esempi di specie di fondo mobile nel *data set* ha produrre il bisso, in particolare uno o pochi filamenti col quale aderisce a strutture grossolane sulla superficie del sedimento (frammenti di conchiglie, ghiaia, ecc.), anche individui della stessa specie (*Oss. Pers.*)¹.

Le caratteristiche specifiche di *C. gibba* (estrema inequilateralità e produzione del bisso) fanno sì che il taxon meriti una categoria morfologica a parte, scelta preliminarmente nel

¹ È comune durante le operazioni di *sorting* e conteggio degli esemplari campionati, trovare diversi individui di *C. gibba* legati fra loro attraverso il bisso a formare una rete dall'estensione non definita. In qualche caso si è contato fino ad una ventina di esemplari legati fra loro. Naturalmente sarebbero necessarie delle osservazioni *in vivo* per poter determinare l'estensione e il numero di esemplari coinvolti in queste reti, che vanno incontro a probabile frammentazione durante le operazioni di prelievo dal fondale e di filtraggio su setaccio.

morphotaxon **DsTH (Dome-shaped & Triangular & Heavy)** il quale includerà la sola specie in questione.



Fig. 32. *Eccezioni nomenclaturali nei morphotaxa. Corbula gibba (DsTH).*

Morphotaxa individuati

L'inclusione delle 350 specie in morphotaxa, categorie morfologiche trasversali a quelle tassonomiche, ha permesso di costruire una matrice parsinomiosa nel numero di variabili (46 morphotaxa) di cui sono mostrati i morfotipi in Fig. 33.

L'allegato A "Tabelle dei descrittori alternativi" indica per ciascuna specie del *data set* il morphotaxon di appartenenza.

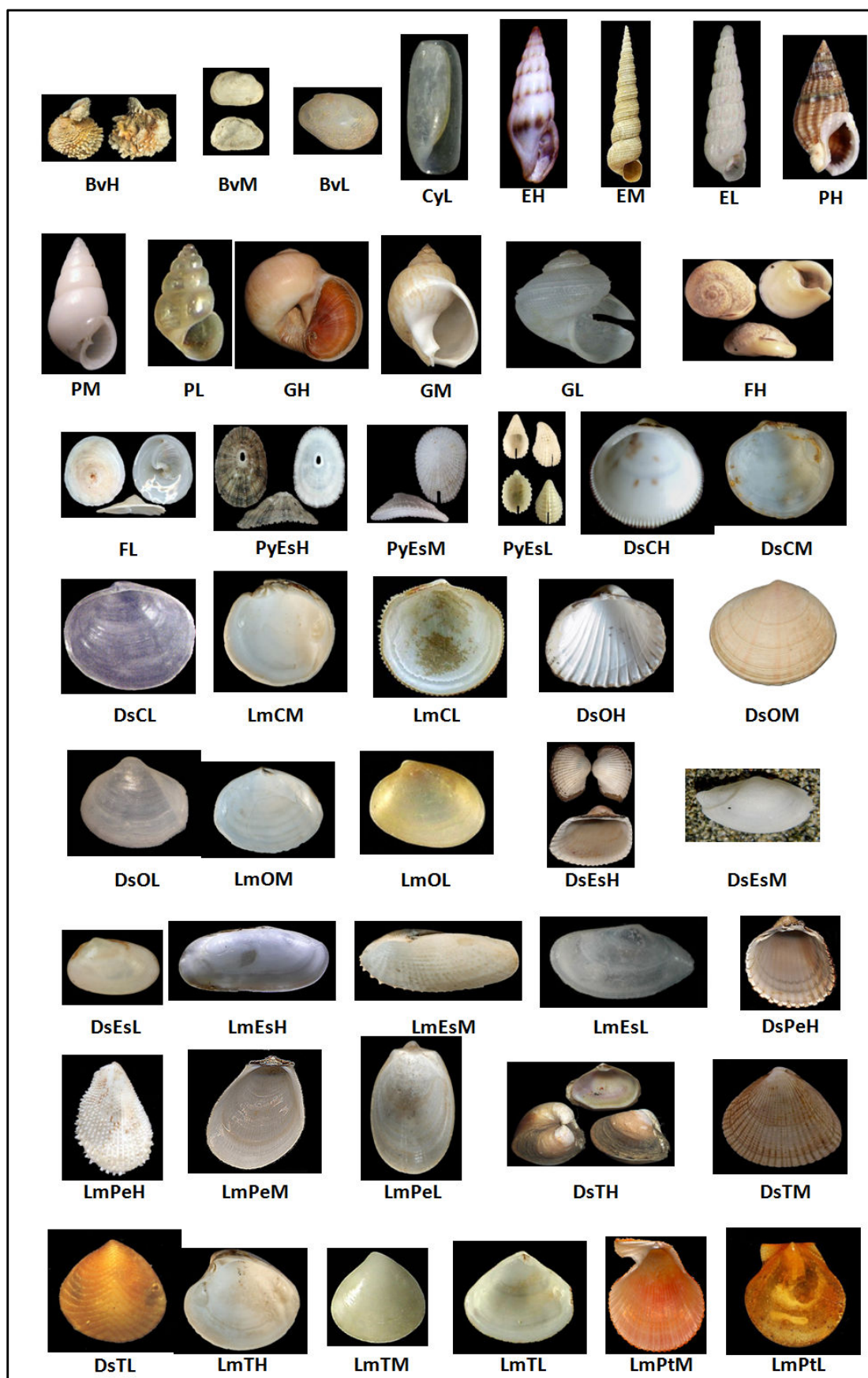


Fig. 33. *Morphotaxa individuati nel data set malacologico e loro morfotipi.*

13. Analisi descrittiva del data set malacologico: morphotaxa

Il *data set* malacologico sul quale è stata effettuata la ricatalogazione dei taxa in morphotaxa comprende un numero di individui pari a 447,075 esemplari per un totale di 46 morphotaxa (Tab. 7).

Rispetto allo stesso *data set* ordinato per taxa si nota la mancanza di 1296 esemplari (0.3%) che appartengono a specie non conchigliate o con nicchio interno (p.e., opistobranchi non cefalaspidei, ecc.) e taxa identificati a livello sopraspecifico. Visto il numero esiguo, la loro assenza si può considerare trascurabile.

Morphotaxon	Esemplari	%
DsTH	302332	67.8
LmTH	26522	5.9
DsTM	24756	5.6
LmOL	21089	4.7
EM	13986	3.1
LmTM	6792	1.5
LmEsM	6036	1.4
LmEsL	5966	1.3
LmPeL	5018	1.1
LmEsH	3221	0.7
DsCL	3153	0.7
FL	2716	0.6
EH	2334	0.5
LmTL	1945	0.4
EL	1842	0.4
PL	1784	0.4
PH	1687	0.4
CyL	1398	0.3
BvM	1356	0.3
LmCM	1351	0.3
DsCM	1288	0.3
LmPtM	1199	0.3
GH	1124	0.3
DsEsL	1103	0.2
DsPeH	973	0.2
GM	890	0.2
DsCH	837	0.2
PM	570	0.1
DsEsM	515	0.1
DsEsH	432	0.1
FH	268	0.1
LmOM	209	0.0
BvL	198	0.0
DsOM	183	0.0
DsOH	143	0.0
BvH	137	0.0
LmCL	116	0.0
GL	97	0.0
DsOL	95	0.0
DsTL	81	0.0
PyEsH	15	0.0
PyEsL	10	0.0
LmPeM	5	0.0
LmPtL	5	0.0
PyEsM	1	0.0
LmPeH	1	0.0

Tab. 7. Abbondanze dei morphotaxa nel data set malacologico.

Come si può osservare, sono presenti diversi pochi morphotaxa dominanti ($\% > 1.0$; Fig. 34), mentre quasi un terzo mostrano abbondanze prossime allo zero. Questi sono morphotaxa rari nel *data set* in esame, rappresentati da specie accidentali su fondo mobile o frequenti negli ecotoni con fondi duri, in fondali a granulometria molto grossolana, oppure con habitat

per i quali il *data set* non è rappresentativo (piano batiale ed abissale, sistemi lagunari o deltizi, transizioni con comunità tipiche del mesolitorale o dell'infralitorale alto).

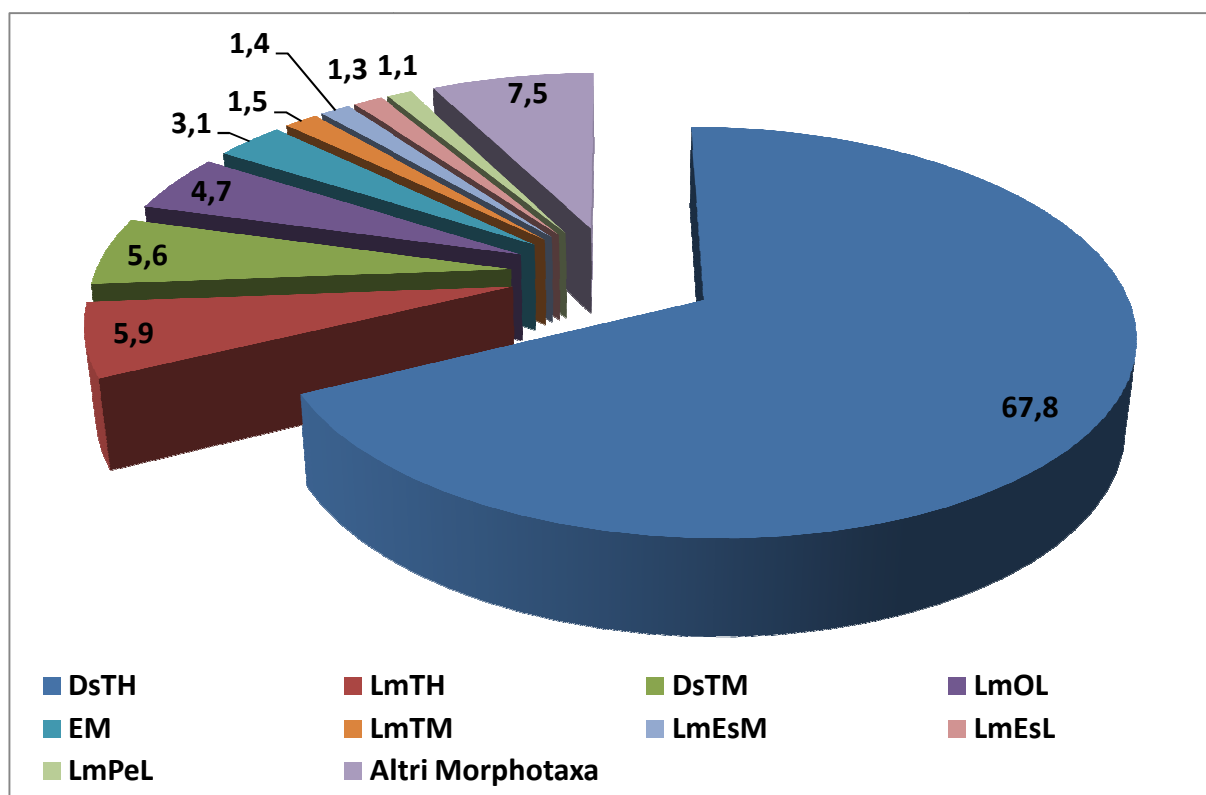


Fig. 34. Contributo relativo dei morphotaxa al data set malacologico.

Per i morphotaxa principali (%>0.0 in Tab. 7) si mostra in Tab. 8 le specie numericamente più importanti, d'ora in avanti considerate “**specie chiave**” del morphotaxon, fondamentali al fine di connotare i morphotaxa individuati da un punto di vista sinecologico.

Morphotaxon	Taxa dominanti	%
BvM	<i>Hiatella arctica</i> (Linnaeus, 1767)	75.8
CyL	<i>Cylichna cylindracea</i> (Pennant, 1777)	95.1
DsCH	<i>Plagiocardium papillosum</i> (Poli, 1795)	62.8
DsCL	<i>Lucinella divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	75.3
DsCM	<i>Loripes lucinalis</i> (Lamarck, 1818)	60.7
DsEsH	<i>Scapharca inaequivalvis</i> (Bruguière, 1789)	63.4
DsEsL	<i>Tellimya ferruginosa</i> (Montagu, 1808)	73.4
DsEsM	<i>Lembulus pellus</i> (Linnaeus, 1767)	33.6
	<i>Modiolarca subpicta</i> (Cantraine, 1835)	30.5

DsPeH	<i>Acanthocardia paucicostata</i> (G.B. Sowerby II, 1841)	51.8
DsTH	<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792)	100.0
DsTM	<i>Spisula subtruncata</i> (Da Costa, 1778)	46.7
	<i>Timoclea ovata</i> (Pennant, 1777)	36.3
EH	<i>Bela nebula</i> (Montagu, 1803)	40.7
	<i>Aporrhais pespelecani</i> (Linnaeus, 1758)	32.1
EL	<i>Eulima glabra</i> (Da Costa, 1778)	43.2
EM	<i>Turritella communis</i> Risso, 1826	90.0
FH	<i>Cyclope neritea</i> (Linnaeus, 1758)	100.0
FL	<i>Calyptrea chinensis</i> (Linnaeus, 1758)	99.6
GH	<i>Euspira pulchella</i> (Risso, 1826)	31.2
	<i>Neverita josephina</i> Risso, 1826	13.9
GM	<i>Nassarius mutabilis</i> (Linnaeus, 1758)	78.3
LmCM	<i>Myrthea spinifera</i> (Montagu, 1803)	57.0
	<i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758)	41.7
LmEsH	<i>Paphia aurea</i> (Gmelin, 1791)	46.5
LmEsH	<i>Donax semistriatus</i> Poli, 1795	25.0
LmEsL	<i>Phaxas adriaticus</i> (Coen, 1933)	54.2
LmEsM	<i>Tellina distorta</i> Poli, 1791	44.7
LmOL	<i>Mysella bidentata</i> (Montagu, 1803)	69.5
LmPeL	<i>Thyasira biplicata</i> (Philippi, 1836)	97.1
LmPtM	<i>Aequipecten opercularis</i> (Linnaeus, 1758)	89.7
LmTH	<i>Chamelea gallina</i> (Linnaeus, 1758)	99.8
LmTL	<i>Lentidium mediterraneum</i> (O.G. Costa, 1839)	94.9
LmTM	<i>Nucula nucleus</i> (Linnaeus, 1758)	38.8
	<i>Nucula nitidosa</i> Winckworth, 1930	33.8
PH	<i>Nassarius incrassatus</i> (Stroem, 1768)	38.1
PH	<i>Nassarius pygmaeus</i> (Lamarck, 1822)	35.3
PL	<i>Hyala vitrea</i> (Montagu, 1803)	84.8
PM	<i>Rissoa monodonta</i> Philippi, 1836	39.3
	<i>Odostomia conoidea</i> (Brocchi, 1814)	31.2

Tab. 8. Abbondanze dei morphotaxa nel data set malacologico.

Come si può osservare, sono presenti molti morphotaxa dominati essenzialmente da una specie (p.e., CyL, LmPeL, ecc.) o al limite monospecifici (DsTH). Per altri non è evidente la reale dominanza di una specie rispetto alle altre (p.e., DsEsM, DsTM, EH, ecc.) e per essi è necessario individuare più specie chiave dai contributi relativi alle abbondanze dei singoli morphotaxa.

Le tabelle seguenti indicano l'abbondanza relativa per fascia batimetrica (Tab. 9) e per classe sedimentologica (Tab. 10) dei morphotaxa individuati nel *data set* batimetrico e sedimentologico.

Morphotaxon	Esemplari	P<5	5≤P<10	10≤P<20	20≤P<30	30≤P<40	40≤P<50	P≥50
DsTH	46243	0.4	7.6	68.0	17.3	5.7	0.3	0.7
LmTH	18423	0.2	52.9	46.6	0.1	0.0	0.0	0.2
LmOL	16066	1.0	2.6	77.1	7.2	9.8	0.6	1.7
DsTM	12094	0.1	6.0	84.0	6.6	1.4	0.6	1.3
EM	4944	0.2	1.2	14.5	35.3	38.0	3.4	7.3
LmTM	4354	3.1	3.3	29.8	24.8	17.8	3.9	17.2
LmPeL	4292	1.2	6.0	2.0	13.6	13.7	10.1	53.4
LmEsM	3557	1.0	14.0	45.9	25.7	9.8	2.3	1.4
DsCL	2729	0.3	10.6	51.3	24.5	4.1	1.0	8.1
LmEsL	2725	1.0	8.6	46.1	16.7	10.1	4.4	13.2
PL	1744	1.3	0.5	39.7	19.7	17.4	9.3	12.0
LmEsH	1543	20.2	43.7	28.1	4.5	1.1	0.5	1.8
LmTL	1367	87.1	4.2	6.9	1.8	0.0	0.0	0.0
PH	1245	1.8	30.9	53.5	7.4	3.6	0.8	1.9
EH	1131	1.1	36.1	48.8	6.8	1.9	0.9	4.4
CyL	1120	0.0	6.2	41.4	34.8	12.9	1.3	3.4
EL	1120	0.2	6.4	47.1	18.0	11.8	2.3	14.1
LmCM	1032	0.4	10.9	30.9	14.5	19.5	8.0	15.7
GH	844	2.5	12.0	42.9	24.5	10.0	1.7	6.5
DsEsL	833	0.6	11.0	50.2	16.7	3.4	6.0	12.1
FL	765	0.0	3.8	33.1	38.7	17.3	4.8	2.4
DsCH	708	1.7	13.4	14.5	22.2	13.4	17.7	17.1
PM	562	0.9	11.9	40.0	18.0	3.9	2.5	22.8
DsCM	552	5.1	14.7	35.5	28.1	13.8	1.3	1.6
DsPeH	531	3.4	27.5	42.6	14.3	6.2	2.8	3.2
DsEsH	378	0.3	18.5	69.0	7.4	1.9	1.3	1.6
BvM	315	0.0	1.9	57.5	24.4	9.8	5.7	0.6
GM	284	1.8	32.4	48.2	6.0	2.5	1.8	7.4
DsEsM	260	1.2	1.9	23.1	56.5	9.6	4.6	3.1
FH	241	15.8	66.8	15.8	1.7	0.0	0.0	0.0

LmOM	157	26.8	7.6	0.6	29.3	21.0	8.3	6.4
DsOM	154	3.9	12.3	53.2	15.6	11.0	3.2	0.6
DsOH	137	32.1	46.0	10.2	5.1	2.2	0.0	4.4
LmCL	116	0.0	16.4	41.4	40.5	0.9	0.9	0.0
GL	96	0.0	9.4	75.0	9.4	3.1	0.0	3.1
DsOL	95	0.0	0.0	3.2	36.8	25.3	2.1	32.6
LmPtM	75	0.0	1.3	5.3	66.7	18.7	8.0	0.0
BvL	64	0.0	0.0	31.3	54.7	6.3	7.8	0.0
DsTL	62	0.0	6.5	3.2	16.1	17.7	6.5	50.0
BvH	31	6.5	16.1	22.6	19.4	19.4	3.2	12.9
PyEsL	10	0.0	0.0	0.0	30.0	10.0	10.0	50.0
PyEsH	6	0.0	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0
LmPtL	4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	50.0
LmPeH	1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PyEsM	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

Tab. 9. Abbonanze relative dei morphotaxa per fascia batimetrica.

Morphotaxon	Esemplari	Sabbia	Sabbia pelitica	Pelite molto sabbiosa	Pelite sabbiosa	Pelite
DsTH	28395	0.2	5.5	23.0	40.8	30.5
LmOL	13807	0.2	3.0	3.1	34.1	59.5
LmTH	10003	55.3	36.8	0.1	2.8	4.9
LmTM	1583	1.1	21.9	18.4	23.3	35.3
PL	1130	2.4	12.7	8.8	24.4	51.6
LmEsM	1058	9.1	47.4	15.0	14.6	14.0
EM	874	3.9	11.0	11.7	45.3	28.1
DsCL	871	37.9	52.4	5.9	1.3	2.6
CyL	823	5.0	32.3	22.1	22.1	18.5
LmEsL	654	4.0	51.4	19.6	8.4	16.7
PH	587	17.0	32.9	5.3	7.8	37.0
EH	569	35.3	42.9	3.7	9.8	8.3
EL	458	10.0	56.1	11.6	11.4	10.9
DsTM	433	8.3	38.6	25.6	10.6	16.9
LmEsH	415	38.6	11.1	27.2	5.5	17.6
LmCM	373	8.3	58.7	16.6	7.8	8.6
DsEsH	267	4.1	27.7	3.4	39.0	25.8
LmPeL	263	0.8	55.9	9.1	31.2	3.0
DsCM	202	0.0	45.0	35.6	9.4	9.9
DsEsL	179	25.1	55.3	5.6	1.7	12.3
FL	148	2.0	35.8	40.5	11.5	10.1
GH	141	24.1	29.8	20.6	5.7	19.9
GM	131	19.1	55.7	10.7	6.9	7.6
BvM	83	33.7	33.7	20.5	7.2	4.8

PM	66	1.5	22.7	33.3	19.7	22.7
DsPeH	64	10.9	37.5	45.3	0.0	6.3
LmTL	48	0.0	16.7	79.2	0.0	4.2
DsCH	37	18.9	75.7	0.0	5.4	0.0
DsEsM	35	5.7	48.6	22.9	11.4	11.4
LmPtM	30	6.7	66.7	26.7	0.0	0.0
DsOL	27	0.0	3.7	7.4	0.0	88.9
BvL	12	33.3	41.7	8.3	0.0	16.7
DsTL	10	0.0	80.0	10.0	10.0	0.0
FH	4	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0
GL	3	33.3	66.7	0.0	0.0	0.0
PyEsH	2	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0
LmCL	1	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
LmPtL	1	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

Tab. 10. Abbonanze relative dei morphotaxa per classe sedimentologica.

Le informazioni relative all'abbondanza relativa di ciascun morphotaxon per fascia batimetrica e classe sedimentologica sono raccolte in una matrice riepilogativa (Tab. 11) che ha la finalità di connotare le categorie morfologiche da un punto di vista sinecologico.

A queste proprietà emergenti (fascia batimetrica e classe sedimentologica) si è aggiunta in via preliminare una descrizione di alcune caratteristiche ecologiche (trofismo, caratteristiche biocenotiche, ecc.), desunte dalla lista di specie che caratterizza ciascun morphotaxon, in particolare considerando le specie chiave.

Morphotaxon	Morfotipo	Specie chiave	Range batimetrico	Classi sedimentologiche	Trofismo	Habitat
CyL	<i>Cylichna cylindracea</i>	<i>Cylichna cylindracea</i>	10-30	Da sabbia a sabbia pelitica	Predatori	Endobionti
DsCH	<i>Glycymeris bimaculata</i>	<i>Plagiocardium papillosum</i>	euribate		Filtratori	Endobionti superficiali
DsCL	<i>Anodontia fragilis</i>	<i>Lucinella divaricata</i>	10-20	Da sabbia a sabbia pelitica	Soprattutto mixotrofici, simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi zolfo-ossidanti	Endobionti, condizioni ipossiche, presenza di porzioni riducenti del sedimento

DsCM	<i>Lucinoma boreale</i>	<i>Loripes lucinalis</i>	10-30	Da sabbia pelitica a pelite molto sabbiosa	Soprattutto mixotrofici, in parte con simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi zolfo-ossidanti	Endobionti, Presenza di porzioni riducenti del sedimento
DsEsH	<i>Scapharca inaequalis</i>	<i>Scapharca inaequalis</i>	10-20	Euripsammico	Filtratori	Epibionti
DsEsL	<i>Tellimya ferruginosa</i>	<i>Tellimya ferruginosa</i>	10-20	Sabbia pelitica	Commensali	Endobionti, anche in strutture di origine biotica
DsEsM	<i>Lembulus pellus</i>	<i>Lembulus pellus</i> , <i>Modiolarca subpicta</i>	20-30		Vario	Vario
DsPeH	<i>Laevicardium oblongum</i>	<i>Acanthocardia paucicostata</i>	5-20		Filtratori	Endobionti superficiali
DsTH	<i>Corbula gibba</i>	<i>Corbula gibba</i>	euribate, con un massimo fra 10-20	Da pelite molto sabbiosa a pelite	Filtratori	Endobionti superficiali eurieci, elevata tolleranza nei confronti di inquinamento organico
DsTM	<i>Spisula subtruncata</i>	<i>Spisula subtruncata</i> , <i>Timoclea ovata</i>	10-20	Da sabbia pelitica a pelite molto sabbiosa	Filtratori	Endobionti
EH	<i>Bela nebula</i>	<i>Bela nebula</i> , <i>Aporrhais pespelecani</i>	5-20	Da sabbia a sabbia pelitica	Predatori	Endobionti
EL	<i>Eulima glabra</i>	<i>Eulima glabra</i>	10-20	Sabbia pelitica	Predatori, ectoparassiti, limivori	Endobionti
EM	<i>Turritella communis</i>	<i>Turritella communis</i>	20-40	Da pelite sabbiosa a pelite	Detritivori e Limivori	Endobionti
FH	<i>Cyclope neritea</i>	<i>Cyclope neritea</i>	5-10		Necrofagi	Eurieci, fondi ipossici e zolfo-riducenti
FL	<i>Calyptrea chinensis</i>	<i>Calyptrea chinensis</i>	10-30	Da sabbia pelitica a pelite molto sabbiosa	Filtratori	Detrito molto grossolano (p.e. tanatocenosi)
GH	<i>Euspira pulchella</i>	<i>Euspira pulchella</i> , <i>Neverita josephina</i>	10-30	Euripsammico	Predatori	Epibionti
GM	<i>Nassarius mutabilis</i>	<i>Nassarius mutabilis</i>	5-20	Sabbia pelitica	Predatori, necrofagi	Epi- ed endobionti

LmCM	<i>Dosinia lupinus</i>	<i>Mirthea spinifera, Dosinia lupinus</i>	euribate	Sabbia pelitica	Filtratori, mixotrofici con simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi zolfo-ossidanti	Endobionti profondi
LmEsH	<i>Solecurtus strigilatus</i>	<i>Paphia aurea, Donax semistriatus</i>	5-30	Euripsammico	Filtratori	Endobionti superficiali
LmEsL	<i>Pharus legumen</i>	<i>Phaxas adriaticus</i>	10-20	Sabbia pelitica	Filtratori, detritivori	Endobionti profondi
LmEsM	<i>Barnea candida</i>	<i>Tellina distorta</i>	10-20	Sabbia pelitica	Detritivori	Endobionti profondi
LmOL	<i>Mysella bidentata</i>	<i>Mysella bidentata</i>	10-20	Da pelite sabbiosa a pelite	Detritivori, commensali	Endobionti profondi
LmPeL	<i>Limatula subauriculata</i>	<i>Thyasira biplicata</i>	> 50	Euripsammico	Mixotrofici, simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi zolfo-ossidanti	Varia
LmPtM	<i>Mimachlamys varia</i>	<i>Aequipecten opercularis</i>	20-30		Filtratori	Epibionti
LmTH	<i>Chamelea gallina</i>	<i>Chamelea gallina</i>	5-20	Da sabbia a sabbia pelitica	Filtratori	Endobionti superficiali
LmTL	<i>Lentidium mediterraneum</i>	<i>Lentidium mediterraneum</i>	0-5		Filtratori	Endobionti superficiali
LmTM	<i>Goodallia triangularis</i>	<i>Nucula nucleus, Nucula nitidosa</i>	10-30	Euribate	Limivori	Endobionti profondi
PH	<i>Nassarius lima</i>	<i>Nassarius incrassatus, Nassarius pygmaeus</i>	5-20	Euribate	Predatori, Necrofagi	Varia
PL	<i>Hyala vitrea</i>	<i>Hyala vitrea</i>	10-40	Pelite	Commensali, ectoparassiti	Endobionti
PM	<i>Odostomia conoidea</i>	<i>Rissoa monodonta, Odostomia conoidea</i>	10-20		Ectoparassiti, predatori	Endobionti

Tab. 11. Matrice preliminare sulle caratteristiche ecologiche dei morphotaxa. Sono considerati solo i morphotaxa più abbondanti nel data set malacologico secondo i dati di Tab. 7.

14. Coerenza tra forma ed habitat e connotazione sinecologica dei morphotaxa

La coerenza fra taxa e morphotaxa si basa sulla valutazione del grado di sovrapposizione fra gli ordinamenti prodotti utilizzando l'approccio tradizionale strutturale (taxa) e morfo-funzionale (morphotaxa).

Se i descrittori morfologici scelti e la neoclassificazione dei taxa in morphotaxa è valida, l'ordinamento dei punti sul piano dovrà presentare le medesime caratteristiche strutturali; inoltre, l'efficienza descrittiva dell'analisi morfo-funzionale dovrà essere paragonabile a quella strutturale.

Particolarmente importante è il caso in cui l'ordinamento dei punti è tale da permettere la discriminazione di clusters, in altre parole addensamenti della nube dei punti in unità discrete e con caratteristiche omogenee, i quali agevolano il confronto fra gli ordinamenti prodotti, misurandone la composizione in termini di stazioni di campionamento.

L'operazione di analisi sulle singole campagne di campionamento risulta utile anche al fine di connotare da un punto di vista sinecologico i morphotaxa, con la finalità di completarne la matrice delle caratteristiche ecologiche, soprattutto in termini di proprietà emergenti. Tale operazione è stata effettuata anche sulla base dei risultati provenienti dall'ISA, la quale attribuisce a ciascuna variabile la probabilità che sia indicatrice di determinate condizioni ecologiche descritte da uno o più gruppi di stazioni individuati sulla base dell'AC corrispondente.

Di seguito sono mostrati e discussi gli ordinamenti effettuati sulle campagne di campionamento confrontando gli ordinamenti prodotti con gli approcci strutturale e morfo-funzionale. Di particolare rilevanza è il dato storico relativo al Mare Adriatico, raccolto durante il progetto PRISMA 2 (Convenzione MURST-CNR). Per il Mar Tirreno sono stati scelti casi esemplificativi relativi a zone ad elevato impatto antropico e ad Aree Marine Protette.

L'immagine seguente (Fig. 35) è la legenda dei simboli utilizzati negli ordinamenti successivi.

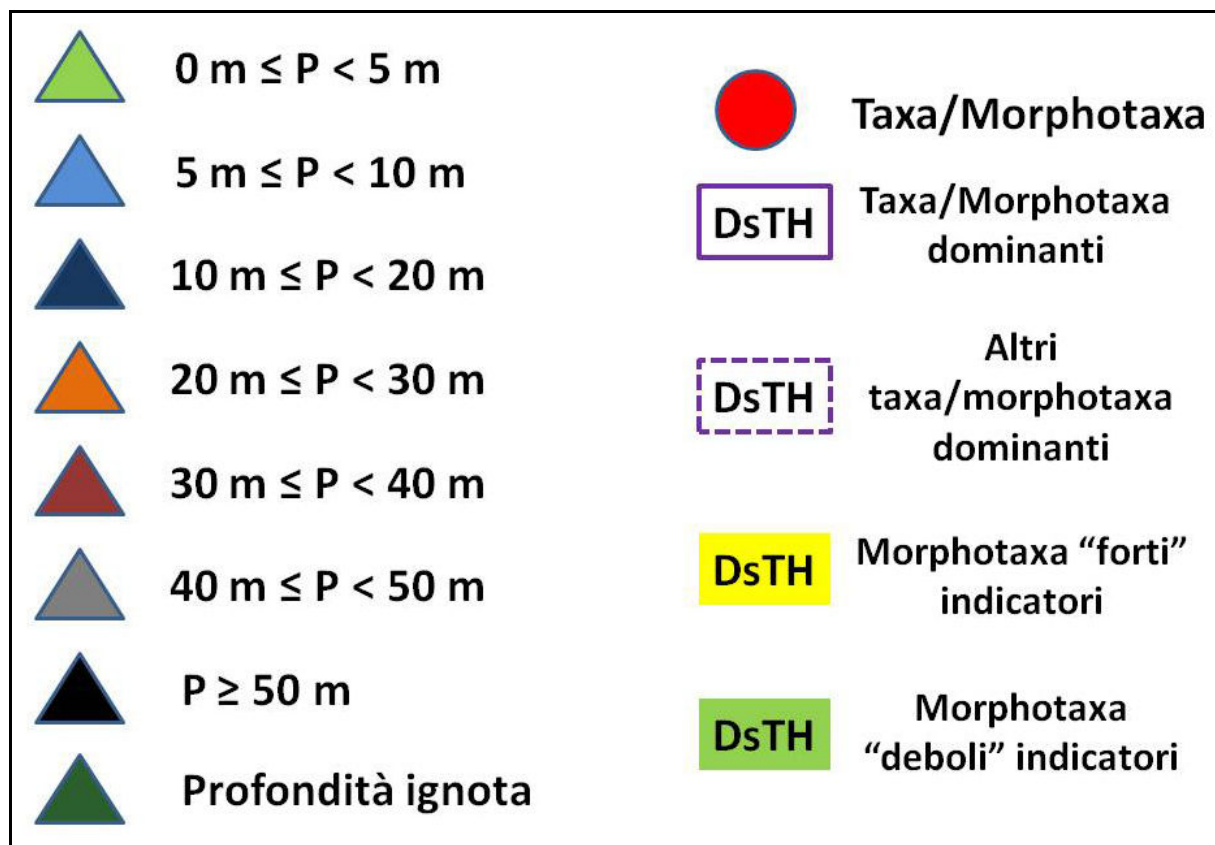


Fig. 35. *Legenda dei simboli utilizzati negli ordinamenti. Nelle immagini seguenti sono anche indicate altre variabili importanti senza alcuna simbologia, per il loro apporto numerico o per il ruolo bionomico.*

In ogni ordinamento è inoltre mostrata una linea tratteggiata ad andamento parabolico che descrive l'ordinamento dei punti sul piano limitato dai primi due assi fattoriali, sempre significativi nello spiegare la struttura del sistema.

La forma parabolica della nube dei punti è una forma ricorrente nell'AC ed indica che CA2 è funzione quadratica di CA1 e gli assi di rango superiore al terzo sono funzioni polinomiali di ordine crescente dello stesso (FRESI & GAMBI, 1982). Ciò vuol dire che al sistema soggiace un fenomeno fondamentalmente unidimensionale (detto "effetto Guttman", BENZECRI, 1973), materializzato dal primo asse. Questa distorsione quadratica, che appare spesso quando si esaminano le variazioni del popolamento associate a gradienti ambientali, appare legata all'effetto della diversità- β (Whittaker, 1960 in FRESI & GAMBI, l.c.), cioè al tasso di ricambio delle specie lungo la serie esaminata.

PRISMA 2 - Vatova – Alto e Medio Adriatico, 1934-1936

Analisi strutturale. L'ordinamento dei punti (Fig. 36) permette la discriminazione di due gruppi di stazioni/taxa (A, B), debolmente separati fra loro e in opposizione lungo CA1. Il taxon dominante è *Turritella communis*, seguita da *Chamelea gallina*, i cui punti si collocano agli estremi del primo asse.

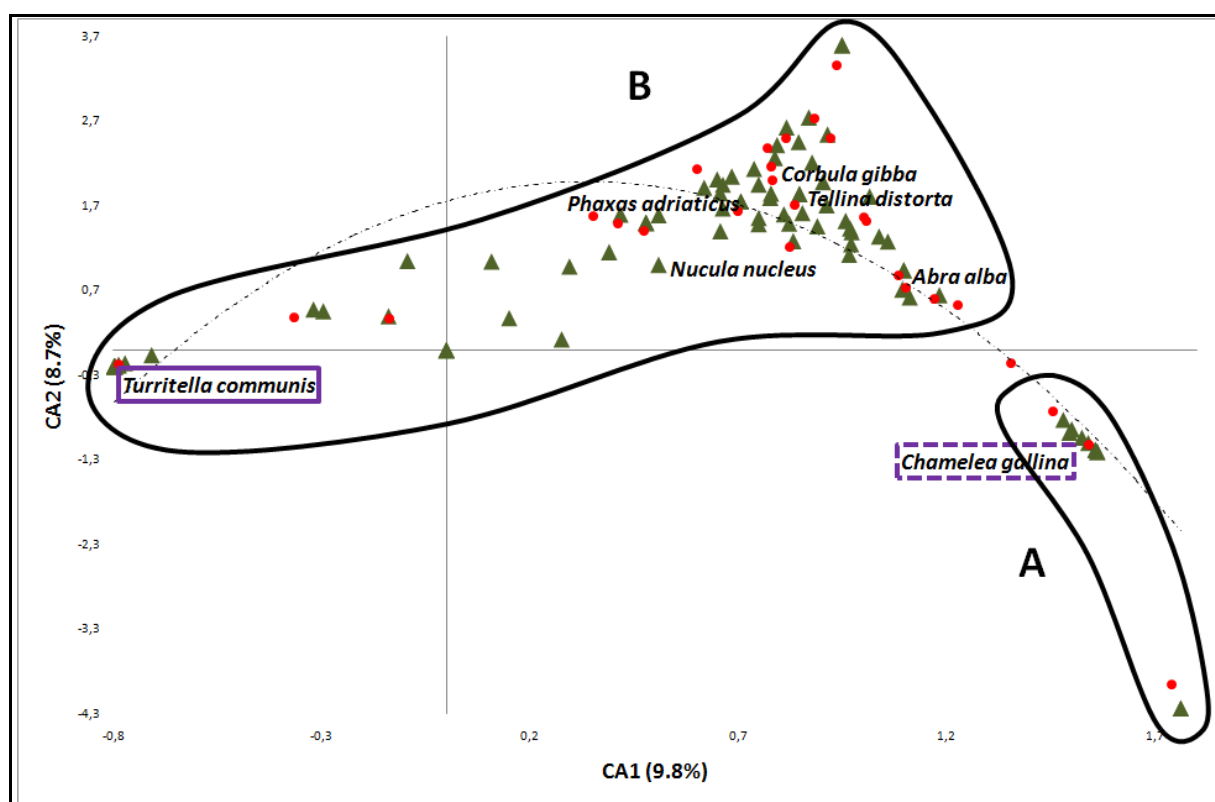


Fig. 36. *Analisi strutturale delle campagne di Vatova (1934-1936).*

Il cluster A si caratterizza per l'allungamento dei punti lungo CA2 e comprende un gruppo specie il cui taxon dominante è *Chamelea gallina*, specie accompagnatrice delle biocenosi SFBC e SFHN. Esso è riconducibile alla zoocenosi a *Chione gallina*, descritta da VATOVA (1949). L'allungamento dei punti è riconducibile alla presenza in una sola stazione del taxon *Ensis minor*.

Il cluster B ha una struttura ben più complessa e si caratterizza per l'allungamento dei punti lungo CA1 che fa ipotizzare la presenza di più popolamenti fra loro ed in stretta continuità strutturale. Il taxon dominante è *Turritella communis*, specie limicola e tipica di fondali con un importante apporto organico di origine fluviale, considerato caratteristico della biocenosi VTC da PÉRÈS & PICARD (1964) e caratteristico preferenziale della stessa biocenosi da PICARD (1965). Gli altri taxa sono specie misticole (*Abra alba*, *Phaxas adriaticus*) e con

feeding-guild variabile (filtratori, detritivori, limivori), tipici di fondali con un notevole arricchimento organico (*Corbula gibba*, *Tellina distorta* e *Nucula nucleus*).

L'allungamento delle osservazioni lungo il primo asse è riconducibile alla dominanza in alcune stazioni del taxon *Turritella communis*.

Questo popolamento è riconducibile alla zoocenosi a *Turritella* descritta da Vatova (l.c.) e la sua presenza è correlabile ad un ruolo importante degli apporti fluviali nella strutturazione delle comunità lungo il gradiente costa-largo. La presenza di taxa misticoli importanti in termini di abbondanza fa ipotizzare la presenza di una fascia ecotonale ampia.

In generale, è quindi possibile distinguere due popolamenti principali. Il primo (materializzato dal cluster A) è un popolamento sabulicolo, riferibile alla biocenosi SFBC. Il secondo (materializzato dal cluster B) è un popolamento limicolo a bassa energia idrodinamica la cui struttura è condizionata dagli ingenti apporti fluviali della zona in considerazione, dominato da specie detritivore e limivore. Da un punto di vista strutturale è riconducibile alla biocenosi VTC.

La presenza di taxa misticoli fa ipotizzare la presenza di un'importante fascia di transizione a sedimenti misti dove dominano taxa tolleranti alla presenza di un arricchimento organico.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento prodotto utilizzando i morphotaxa (Fig. 37) permette l'individuazione di due gruppi di stazioni, paragonabili ai precedenti e maggiormente separati, detti cluster A e B. Rispetto ai cluster di Fig. 36, il cluster A è maggiormente compatto, mentre il cluster B presenta sempre un evidente allungamento delle osservazioni lungo CA1.

Il morphotaxon dominante è EM (*Elongated & Medium*; specie chiave: *Turritella communis*), seguito da LmTH (*Laminar & Trigonal & Heavy*; specie chiave: *Chamelea gallina*), in opposizione lungo il primo asse.

Il primo morphotaxon include gasteropodi per lo più endobionti detritivori e limivori, tipici di sedimenti pelitici; la forma allungata della conchiglia è un adattamento per penetrare con maggiore efficienza nello spessore del sedimento, e per muoversi al suo interno. Il secondo morphotaxon comprende bivalvi filtratori endobionti superficiali, la cui forma trigonale è un adattamento utile a tollerare eventi di dislocazione nel sedimento in seguito ad input di energia meccanica nel sedimento (p.e. elevato idrodinamismo).

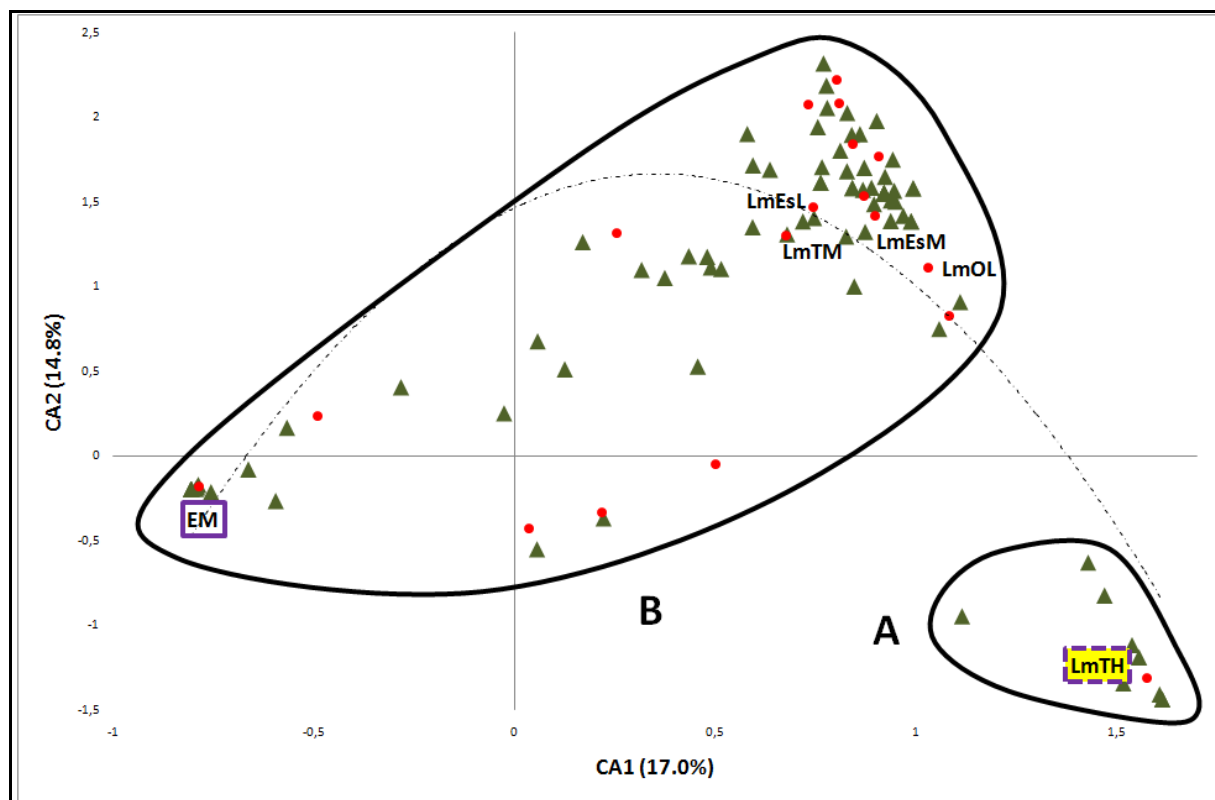


Fig. 37. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Vatova (1934-1936).

Il cluster A è esclusivamente associato al morphotaxon LmTH e indica la presenza di un popolamento dominato da filtratori endobionti superficiali, tolleranti nei confronti di un elevato idrodinamismo.

Nel cluster B il morphotaxon dominante è EM, la cui posizione eccentrica è da imputare ad un artefatto sperimentale prodotto dalle elevate concentrazioni di questa categoria morfologica in alcune stazioni.

Gli altri morphotaxa numericamente importanti del cluster B sono tutti endobionti profondi, limicoli e misticoli. Fra questi si cita per esempio LmOL (*Laminar & Oval & Light*; specie chiave: *Mysella bidentata*), rappresentata da endobionti profondi detritivori e commensali, le cui specie si rinvenivano spesso su fondali ricchi in detrito inorganico.

L'ISA prodotta sulla stessa matrice di dati individua un solo morphotaxon come forte indicatore per le condizioni ambientali tipiche del cluster A: LmTH. Non sono rilevabili indicatori efficienti a livello del cluster B, probabilmente a causa della sua elevata eterogeneità.

L'ordinamento prodotto è coerente col precedente, e permette di inferire ipotesi sulla presenza di fondali superficiali a tessitura grossolana, ai quali seguono popolamenti tipicamente limicoli, adattati ad aree sottoposte ad una elevata sedimentazione di particolato

fine ed organico di origine fluviale. È da sottolineare la possibile presenza di una cospicua frazione detritica, che implica la disponibilità di microhabitat nella fascia di transizione fra popolamenti sabulicoli e limicoli.

PRISMA 2 - Orel – Alto Adriatico, 1967-1969

Analisi strutturale. L'ordinamento dei punti (Fig. 38) permette di discriminare tre gruppi principali di punti (A-B-C) dei quali A e B sono in opposizione lungo CA1, mentre C è in opposizione lungo CA2. Si noti inoltre una chiara separazione fra il cluster A e i restanti. I taxa dominanti sono *Chamelea gallina* e *Corbula gibba*, proiettati agli estremi di CA1.

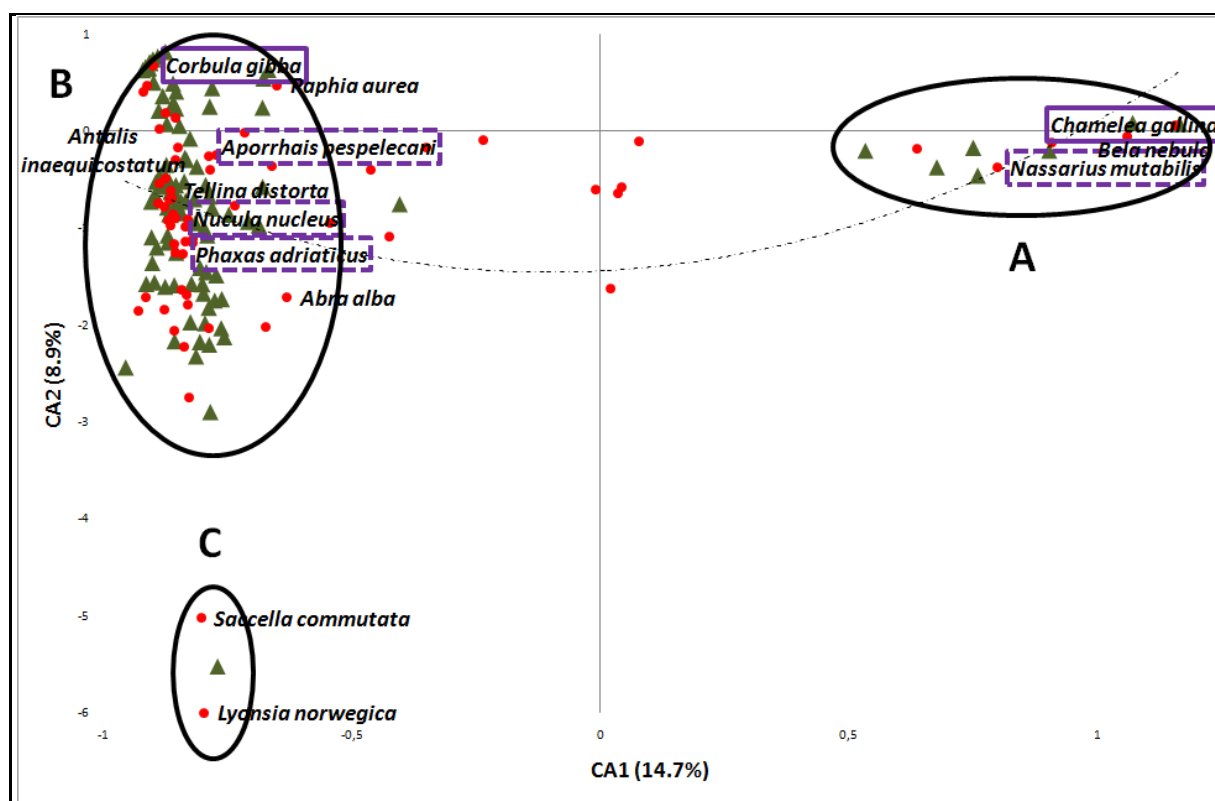


Fig. 38. Analisi strutturale delle campagne di Orel (1967-1969).

Nel cluster A le specie dominanti sono *C. gallina* e *Nassarius mutabilis*. Quest'ultimo è un gasteropode necrofago/carnivoro considerato caratteristico esclusivo della biocenosi SFBC.

Il cluster B si caratterizza per la presenza massiccia di *Corbula gibba*, specie ad ampia valenza ecologica tollerante verso la presenza di inquinamento organico e alle conseguenti crisi anossiche/ipossiche sul e nello spessore del sedimento. Oltre ad altre specie numericamente importanti limicole e misticole già descritte per il campionamento del Vatova

(Fig. 36), si noti la presenza di *Paphia aurea*, bivalve superficiale tipico di zone a salinità variabile, sotto l'influenza di risorgive d'acqua dolce, considerato specie accompagnatrice della biocenosi SVMC.

Il cluster C è un satellite del cluster B ed è associato ad un'unica stazione nella quale si nota una maggiore concentrazione di *Lyonsia norwegica*, specie accompagnatrice della biocenosi DC.

In generale, l'ordinamento permette di distinguere un popolamento sabulicolo a media energia idrodinamica, riconducibile alla biocenosi SFBC, e un popolamento dalle caratteristiche più spiccatamente misticole e detriticole, dominato da *Corbula gibba*, definibile come popolamento a *Corbula*.

Le caratteristiche di quest'ultimo sono piuttosto complesse e riconducibili a diversi popolamenti in continuità strutturali fra loro. Vi dominano taxa tolleranti ad un eccessivo carico organico con la copresenza di specie spiccatamente detriticole, limicole e misticole (*Antalis inaequicostatum*, *Aporrhais pespelecani*, *Tellina distorta*, *Phaxas adriaticus*, ecc.), e tolleranti alle variazioni di salinità (*Paphia aurea*). Per alcune stazioni la componente detriticola è maggioritaria o esclusiva, come nel caso del cluster C, il quale è riconducibile strutturalmente al popolamento del cluster B.

Rispetto alle campagne del Vatova, le campagne di Orel permettono una migliore visione della fascia ecotonale sabbia/fango. Si noti a tal proposito l'assenza di *Turritella communis* e l'incremento numerico di *Corbula gibba*.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento risultante (Fig. 39) vede l'opposizione lungo CA1 di due gruppi di stazioni e morphotaxa corrispondenti ai cluster Ae B prima descritti (Fig. 38). Il cluster A è ora meno separato rispetto ai precedenti ed è inoltre evidente la scomparsa del cluster C, ora incluso nel B.

Il morphotaxon dominante è LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*), seguito da DsTH (*Dome-shaped & Trigonal & Heavy*; specie chiave: *Corbula gibba*). Per le caratteristiche funzionali di questo morphotaxon si rimanda a quanto già descritto (§ 12. Descrittori morfologici; Pagg. 92-93). La separazione delle stazioni associate a DsTH è un artefatto sperimentale generato dalle sue elevate dominanze locali e non sembra tradurre una risposta biotica della comunità *in toto*, ma piuttosto sembra legata alle esigenze della specie in considerazione.

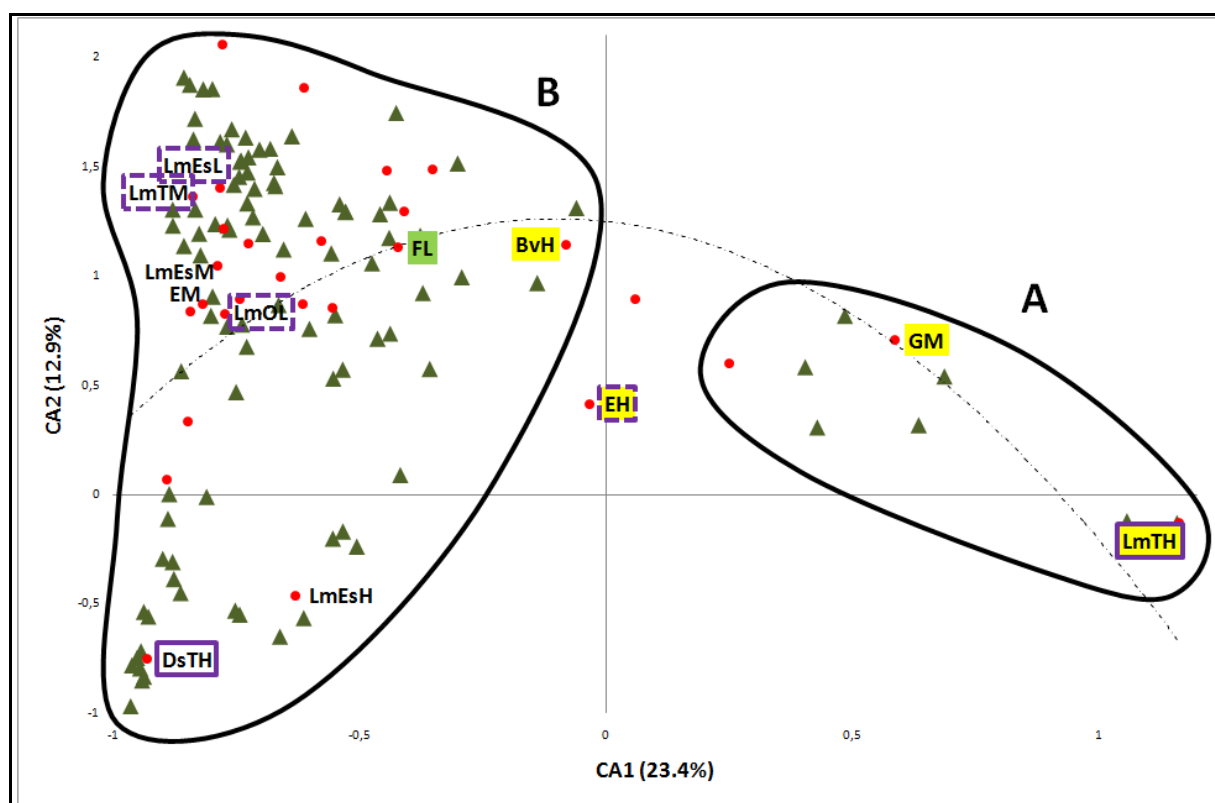


Fig. 39. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Orel (1967-1969).

Il cluster A si caratterizza per l'allungamento dei punti lungo CA1 ed è associato al LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*), dominante nel campionamento in considerazione, e al morphotaxon GM (*Globose & Medium*; specie chiave: *Nassarius mutabilis*). Quest'ultimo comprende gasteropodi per lo più necrofagi e carnivori epibionti ed endobionti, alcuni dei quali caratteristici esclusivi della biocenosi SFBC. È quindi un popolamento sabulicolo a media energia idrodinamica riferibile alla stessa biocenosi; si può ipotizzare un elevato livello di strutturazione per la presenza di carnivori e necrofagi, a sua volta funzione della disponibilità di prede endobionti superficiali e profonde.

Nel cluster B il morphotaxon dominante è DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*). Altri morphotaxa importanti, soprattutto da un punto di vista strutturale, sono LmOL (specie chiave: *Mysella bidentata*), LmEsL (*Laminar & Ellipsoidal & Light*; specie chiave: *Phaxas adriaticus*) e LmTM (*Laminar & Trigonal & Medium*; specie chiave: *Nucula sp.*).

Come già ricordato prima, LmOL è un morphotaxon per lo più limicolo e detriticolo, mentre LmEsL include bivalvi endobionti profondi detritivori per lo più sabulicoli e tolleranti alla presenza di una componente pelitica nel sedimento. LmTM è un morphotaxon rappresentato da bivalvi limivori endobionti profondi tolleranti alla presenza di condizioni anossiche/ipossiche nello spessore del sedimento.

Il popolamento del cluster B è quindi piuttosto eterogeneo e fondamentalmente mistico e detritico. In esso è installato un denso popolamento a *Corbula* il quale fa ipotizzare la presenza di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento.

L'ISA indica come forti indicatori per il cluster A quattro morphotaxa: LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*), BvH (*Bottom-varying shape & Heavy*; specie chiave: taxa rari tipici di fondi duri), EH (*Elongated & Heavy*; specie chiave: *Bela nebula*, *Aporrhais pespelecani*). FL (Flat & Heavy; specie chiave: *Calyptraea chinensis*) è indicato come indicatore debole sempre per il cluster A.

Risulta interessante il gruppo di morphotaxa forti e deboli indicatori concentrati attorno all'origine degli assi (EH, FL e BvH). Mentre l'AC indica una loro maggiore vicinanza ai punti del cluster B, l'ISA indica una maggiore correlazione col cluster A. Per quanto riguarda EH, la posizione centrale di questo morphotaxon è da ricondurre alla presenza nel cluster A e B di specie con le medesime caratteristiche morfologiche; per quanto riguarda BvH e FL, sono forme tipiche di substrati duri, in questo caso detritici grossolani (frammenti di conchiglie e altro detrito inorganico). Si potrebbe inferire da questa associazione la presenza di una fascia ecotonale fra sedimenti sabbiosi e fangosi con un'elevata porzione di detrito e quindi con caratteristiche fisico-chimiche del sedimento comparabili a quelle tipiche del cluster A.

In sintesi, è quindi evidente la presenza di due tipologie principali di popolamenti. Il primo (A) è superficiale e sabulicolo ed è riferibile alla biocenosi SFBC. Il secondo è rappresentato da un popolamento eterogeneo mistico e limico la cui base comune è la presenza massiccia in essi del morphotaxon DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*). Quest'ultimo gruppo di stazioni sembra in realtà formato da più popolamenti, fra i quali si rileva una fascia ecotonale fra sedimenti sabbiosi e fangosi con un'ampia porzione di detrito. La presenza dei morphotaxa LmOL (specie chiave: *Mysella bidentata*) ed EM (specie chiave: *Turritella communis*), seppur non con abbondanze elevate, ricorda una tipica biocenosi VTC almeno da un punto di vista funzionale, anche se profondamente modificata nella sua struttura fondamentale.

PRISMA 2 - Crema – Alto Adriatico, 1989-1995

Analisi strutturale. L'ordinamento dei punti (Fig. 40) permette di distinguere due raggruppamenti di punti principali (A e B). Il taxon dominante delle campagne di Crema è *Corbula gibba*, mentre gli altri taxa numericamente importanti non raggiungono i livelli di abbondanza della specie citata.

La proiezione dei punti del cluster B presenta un'evidente distorsione che produce due rami indipendenti verso i quadranti II e III. Ciò non permette di leggere chiaramente la zonazione del malacobenthos lungo il gradiente costa-largo e si sceglie di eliminare la variabile *Corbula gibba* al fine di rimuoverne il rumore.

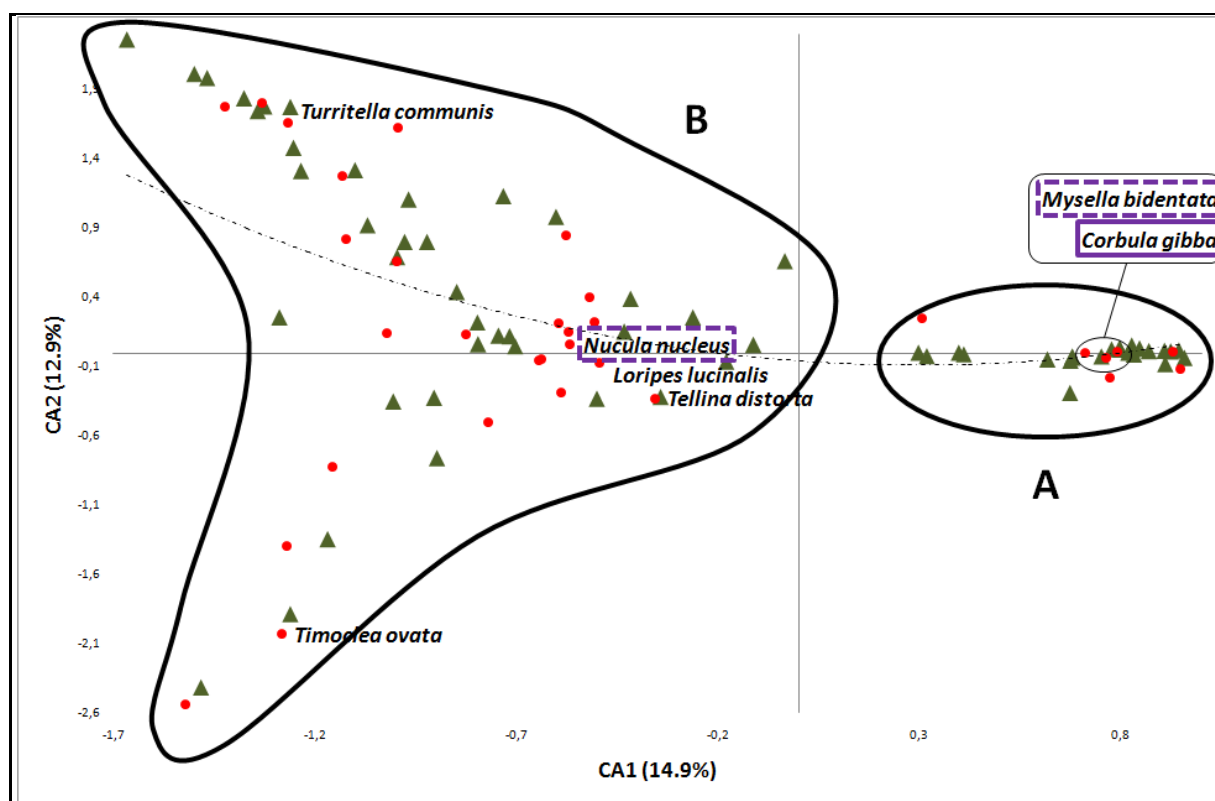


Fig. 40. Analisi strutturale delle campagne di Crema (1989-1995).

L'ordinamento dei punti risultante (Fig. 41) permette di discriminare due cluster sovrapponibili in termini di composizione delle stazioni ai precedenti. Si rileva una diversa proiezione dei punti a livello del cluster B, più compatto rispetto al precedente e con un livello maggiore di omogeneità strutturale.

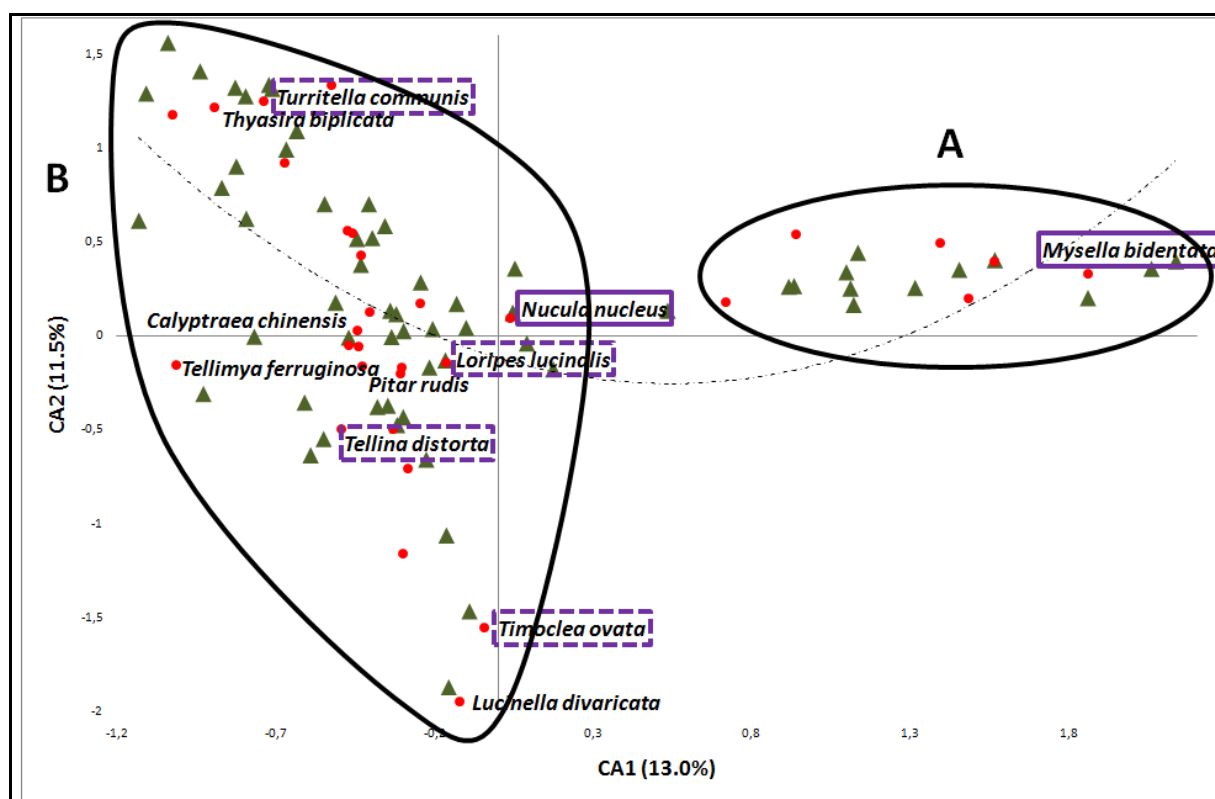


Fig. 41. Analisi strutturale delle campagne di Crema (1989-1995): eliminazione del rumore (*Corbula gibba*).

Il cluster A, dove nell'ordinamento precedente si rilevavano le maggiori abbondanze di *Corbula gibba*, è strettamente associato a *Mysella bidentata*, specie caratteristica esclusiva della biocenosi VTC che vive in piccoli anfratti creati da conchiglie vuote o altro detrito inorganico.

Il cluster B presenta una struttura complessa con specie dall'autoecologia eterogenea. Al polo positivo di CA2 si collocano *Turritella communis* e *Thyasira biplicata*, la prima caratteristica preferenziale della VTC, la seconda bivalve mixotrofico tipico degli strati riducenti del sedimento (RPD), tollerante nei confronti di condizioni anossiche ed ipossiche nel sedimento. Al polo negativo di CA2 si collocano *Timoclea ovata* e *Lucinella divaricata*. Quest'ultima ha la medesima autoecologia di *T. biplicata* ed è frequente su fondi a granulometria più grossolana. Per quanto riguarda *T. ovata*, questa specie è considerata accompagnatrice della biocenosi DC da PICARD (1965); le informazioni in letteratura sono piuttosto scarse, ma negli ultimi anni si nota un maggior interesse in relazione alle frequenti facies che essa forma. MORTON (2009) ne raccoglie le informazioni in letteratura, confermandone il legame con fondi detritici molto grossolani.

Sempre nel cluster B, in corrispondenza dell'origine degli assi, si concentrano diverse specie numericamente importanti e dall'autoecologia molto differente: per esempio, *Nucula*

nucleus è una specie limivora, *Tellina distorta* è detritivora e considerata da Pérès & Picard caratteristica esclusiva della biocenosi MI, *L. lucinalis* è endobionte tipico dello strato RPD e tollerante nei confronti di condizioni anossiche/ipossiche.

È quindi evidente che passando dal polo positivo di CA1 al polo negativo, si assiste al passaggio da popolamenti legati ad una componente detritica maggioritaria ad altri progressivamente infangati. Da un punto di vista biocenotico, l'area interessata dal campionamento sembra riferirsi alla biocenosi VTC, spesso profondamente depauperata dai suoi elementi tipici (popolamento a *Corbula* del cluster A).

In sintesi, l'area in esame è interessata dall'insediamento di dense popolazioni di *Corbula gibba*, specie tollerante verso la presenza di condizioni anossiche ed ipossiche, insieme a molte specie dominanti tipiche dello strato RPD.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento dei punti (Fig. 42) risulta sovrapponibile a quello ora descritto. Il morphotaxon dominante è naturalmente DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*) il quale viene eliminato dall'analisi successiva al fine di permettere una lettura coerente dell'ordinamento.

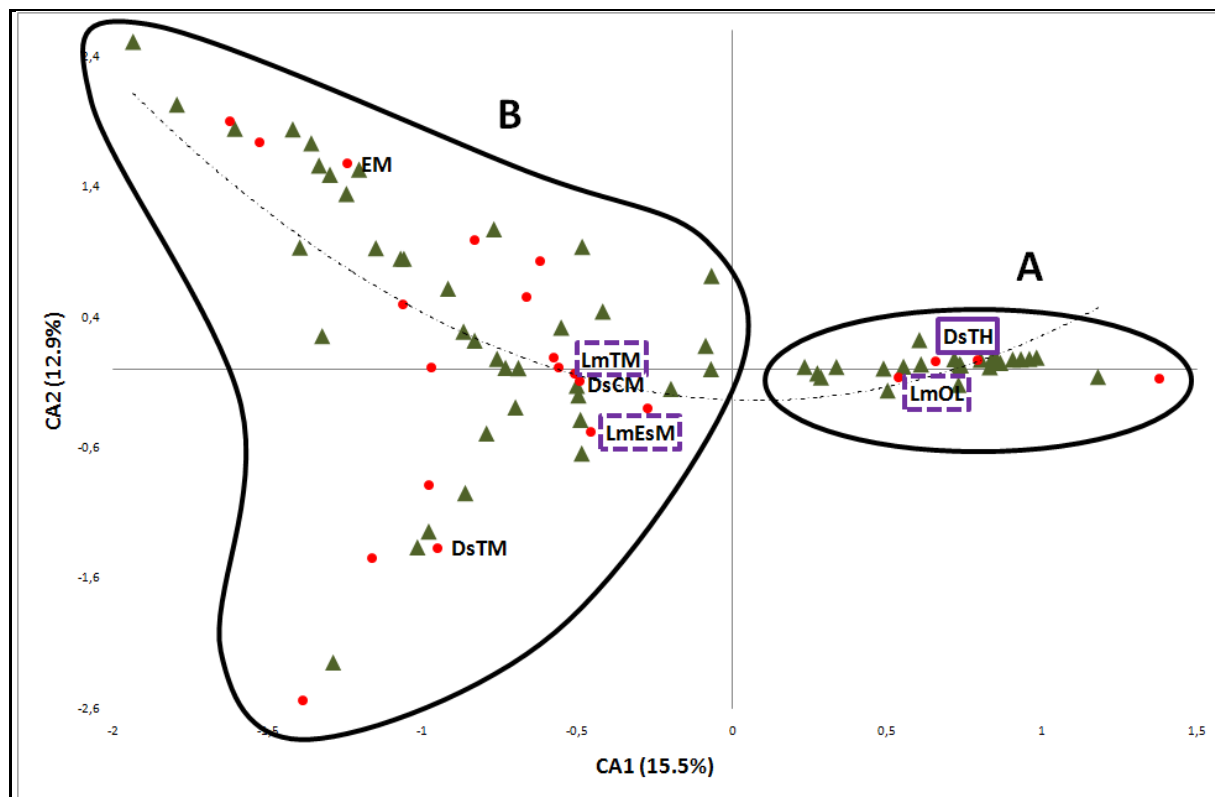


Fig. 42. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Crema (1989-1995).

L'ordinamento prodotto (Fig. 43) permette di distinguere due gruppi di punti sovrapponibili a quelli prima descritti (cluster A e B; Fig. 41).

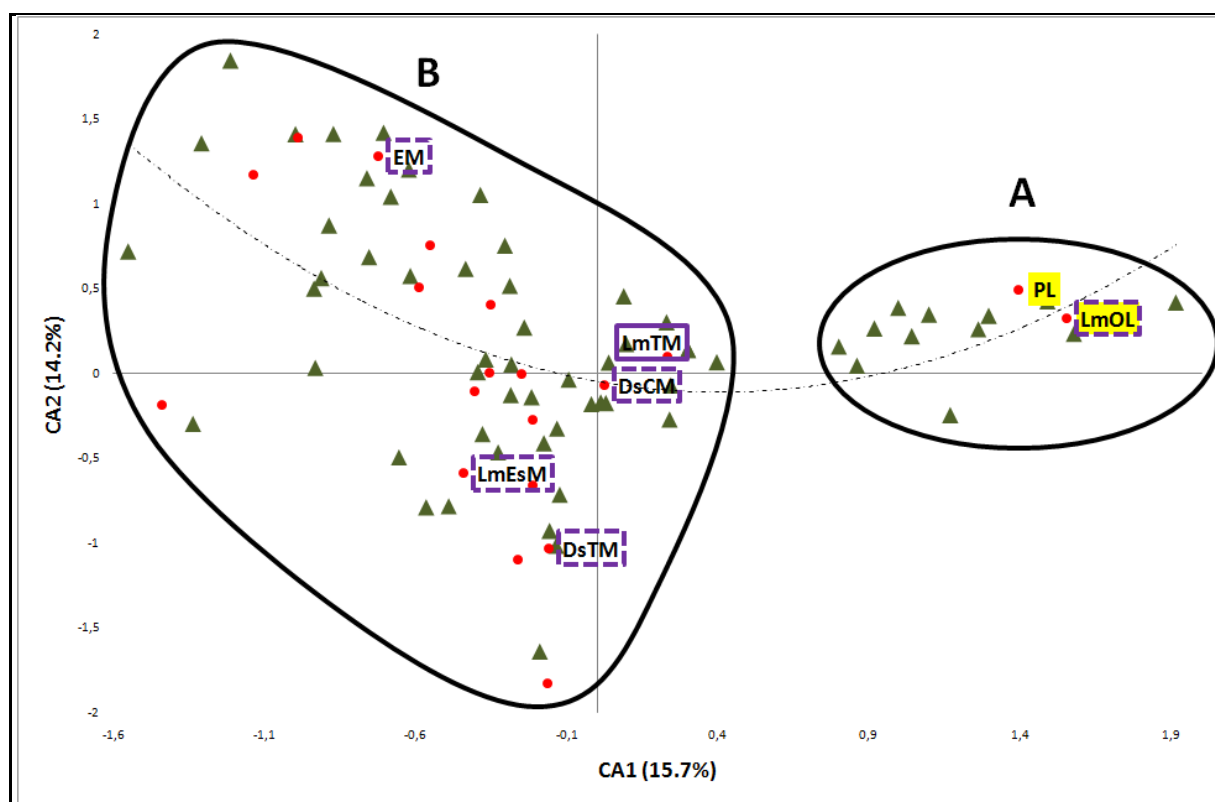


Fig. 43. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Crema (1989-1995): normalizzazione biologica.

Il cluster A è associato al morpotaxon LmOL (specie chiave: *Mysella bidentata*) e per esso valgono le stesse considerazioni fatte precedentemente. Il cluster B presenta una maggiore compattezza rispetto a quello descritto in Fig. 41 ed include diversi morphotaxa dominanti fra i quali il principale è LmTM (specie chiave: *Nucula* sp.), rappresentato da bivalvi endobionti profondi limivori. Questo morphotaxon non presenta una particolare affinità per qualche classe sedimentologica e le specie incluse in esso sono tolleranti verso la presenza di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento.

Simile in termini funzionali è il morphotaxon DsCM (*Dome-shaped & Circular & Medium*; specie chiave: *Loripes lucinalis*), tipico dello strato RPD. Gli altri morphotaxa dominanti sono EM (specie chiave: *Turritella communis*), LmEsM (*Laminar & Ellipsoidal & Medium*; specie chiave: *Tellina distorta*) e DsTM (*Dome-shaped & Trigonal & Medium*; specie chiave: *Spisula subtruncata*, *Timoclea ovata*).

Il morphotaxon LmEsM è tipico di bivalvi endobionti profondi detritivori, nella gran parte dei casi rinvenibili su sedimenti misti a tessitura grossolana. La loro identità biocenotica

è piuttosto variabile (SFBC, VTC, DC, MI) ed indica la presenza di detrito organico sullo spessore del sedimento, disponibile per l'endofauna profonda.

Particolarmente interessante è il caso del morphotaxon DsTM, tipico di bivalvi endobionti superficiali filtratori che formano spesso facies negli orizzonti nei quali si insediano. In letteratura risulta che le specie chiave di questa categoria morfologica presentano una maggiore efficienza sia nell'evitare fenomeni di predazione sia nel ristabilirsi dell'equilibrio nello spessore del sedimento dopo eventi di dislocazione (per esempio, una maggiore introduzione di energia meccanica nel sistema).

Sembra che il vantaggio evolutivo di queste specie sia dovuto alla forma trigonale della conchiglia, peraltro condivisa con taxa tipici degli orizzonti superiori dell'infralitorale e caratteristici o comuni in popolamenti ascrivibili alla biocenosi SFHN (*Chamelea gallina* – LmTH; *Lentidium mediterraneum* – LmTL; ecc.), notoriamente adattati a tollerare frequenti ed importanti introduzioni di energia meccanica a livello del sedimento.

La stessa forma trigonale è condivisa col morphotaxon DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*), di cui si è già detto riguardo alle sue caratteristiche ubiquitarie e per la sua resistenza nei confronti sia di condizioni anossiche/ipossiche sia per il basso tasso di predazione.

L'ISA indica come indicatori forti per il cluster A i morphotaxa PL ed LmOL. Per quanto riguarda il cluster B, non sono segnalati indicatori idonei.

In sintesi, l'approccio morfo-funzionale individua come il precedente due popolamenti, comunque ascrivibili alla biocenosi VTC, e differenziabili per la quantità variabile di detrito nel suo spessore. A livello del cluster A esso risulta maggiore, ipotizzando quindi un maggiore idrodinamismo, mentre al livello del cluster B, i processi di sedimentazione di particelle fini risultano accelerati, permettendo la presenza di detrito organico sulla superficie del sedimento e l'esistenza di un'endofauna rappresentata da forme opportuniste e detriticole in modo variabile.

PRISMA 2 – Orel & Fresi – Alto Adriatico, 1991-1993-1994

Analisi strutturale. L'ordinamento dei punti (Fig. 22) non permette di discriminare agevolmente gruppi di punti e, in particolare, le loro caratteristiche strutturali. È visibile un cospicuo addensamento di punti-stazione e punti-specie a livello del polo negativo di CA1, in associazione con le elevate abbondanze di *Corbula gibba*, il taxon dominante del campionamento. tre gruppi (cluster A-B-C).

I restanti punti-stazione sono proiettati in posizione eccentrica rispetto a questo gruppo principale sostanzialmente in funzione del mancato campionamento di questo bivalve.

Al fine di rendere leggibile l'ordinamento, si sceglie di eliminare *C. gibba* dall'analisi successiva al fine di minimizzarne il rumore.

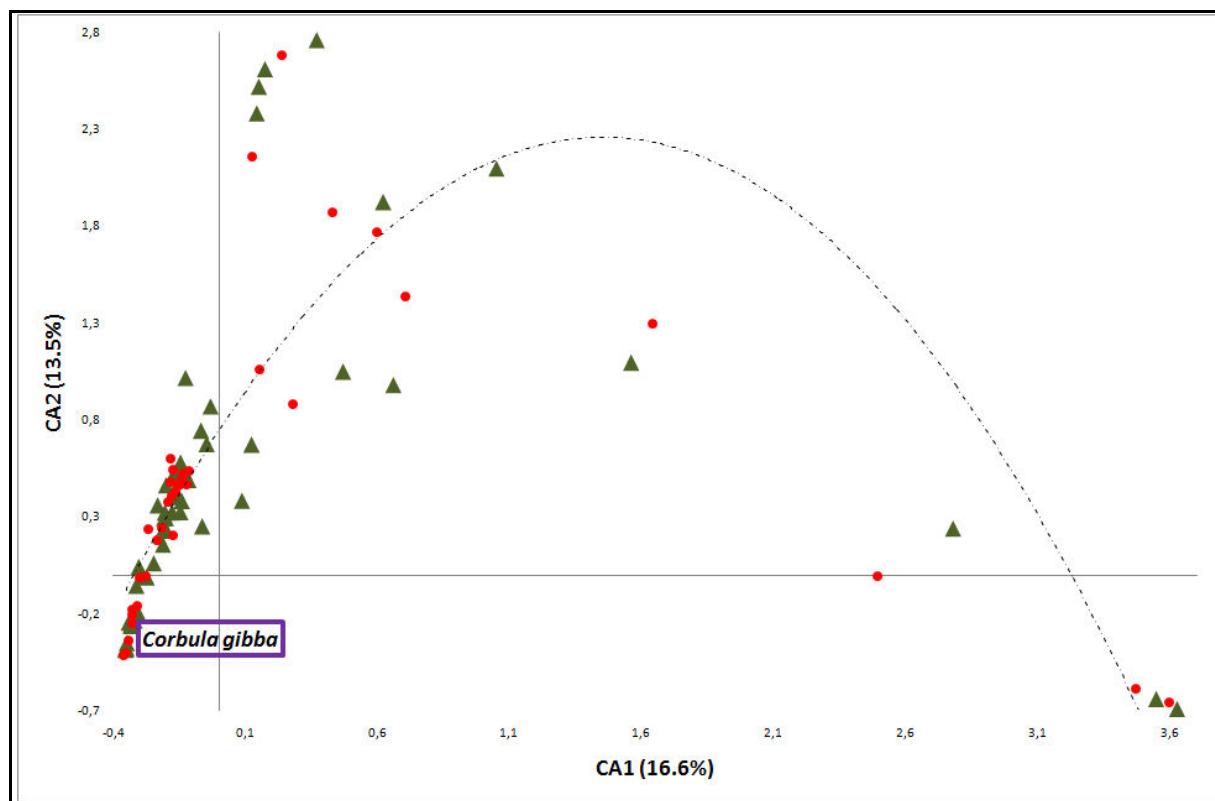


Fig. 44. Analisi strutturale delle campagne di Orel & Fresi (1991-1993-1994).

L'ordinamento prodotto (Fig. 45) permette di discriminare due cluster (A e B), separati lungo CA1. Il cluster A è correlato a taxa caratteristici esclusivi della biocenosi SFHN (*Lentidium mediterraneum* e *Donax semistriatus*). Queste sono specie endobionti superficiali filtratori adattate ad un forte idrodinamismo, tipico degli orizzonti superficiali del Piano Infralitorale.

Il cluster B mostra la dominanza di *Spisula subtruncata*, caratteristica esclusiva della biocenosi SFBC, e presenta una struttura complessa con due nuclei di aggregazione in corrispondenza del quadrante I e una parte meno coerente in corrispondenza del semipiano negativo di CA2.

Le altre specie importanti numericamente del cluster B sono *Tellinomya ferruginosa* (caratteristica esclusiva della biocenosi SFBC) e *Tellina donacina* (caratteristica esclusiva della biocenosi DC), per il primo nucleo di aggregazione collocato fra i quadranti I-IV, e

Timoclea ovata (specie accompagnatrice della biocenosi DC e legata a fondali in generale grossolani), per il secondo nucleo di aggregazione all'estremo positivo di CA1 e CA2 (quadrante I).

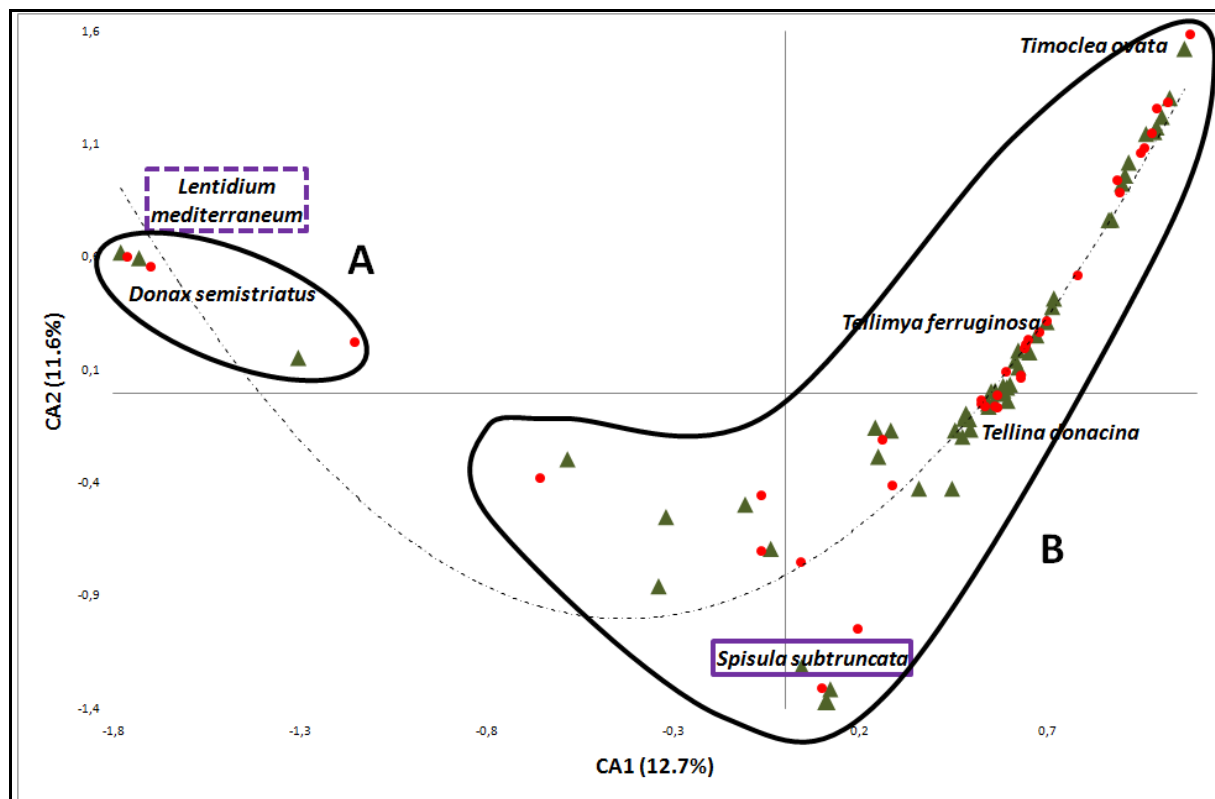


Fig. 45. Analisi strutturale delle campagne di Orel & Fresi (1991-1993-1994) dopo la rimozione del rumore generato dalla variabile *Corbula gibba*.

È evidente la transizione nel cluster B da un popolamento sabulicolo con importanti input di energia meccanica (facies a *Spisula subtruncata*) a popolamenti progressivamente sempre più detritici (misto SFBC/DC). È in corrispondenza di tali popolamenti che è insediato un denso popolamento a *Corbula*, comune su fondi detritici grossolani e misti.

In sintesi, è possibile affermare che la zona oggetto del campionamento è interessata da importanti input di energia idrodinamica che permette la presenza di popolamenti superficiali tipici della SFHN negli orizzonti superiori del Piano Infralitorale. A questo popolamento fisicamente controllato, segue un popolamento SFBC con facies a *Spisula subtruncata*, bivalve la cui morfologia conchigliare permette una notevole tolleranza nei confronti di input di energia meccanica nel sistema.

È inoltre presente una cospicua fascia di popolamento misto SFBC/DC al quale si sovrappone un denso popolamento a *Corbula gibba*.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento prodotto (Fig. 46) risente delle abbondanze del morphotaxon DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*), coerentemente con l'analisi strutturale (Fig. 44). Per questa ragione si sceglie di eliminare la variabile dalla matrice, rimuovendone il rumore prodotto.

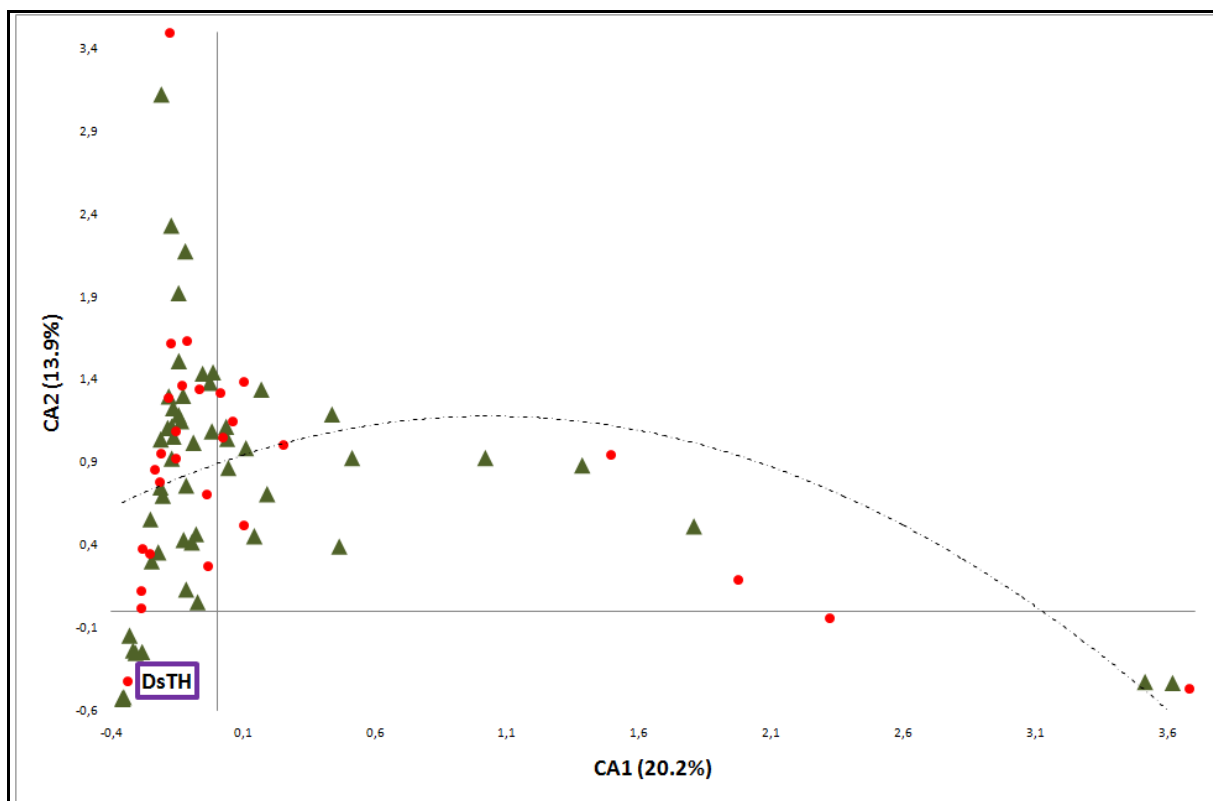


Fig. 46. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Orel & Fresi (1991-1993-1994).

L'ordinamento risultante (Fig. 47) vede l'opposizione lungo CA1 di due cluster (A e B) sovrapponibili, in termini di composizione dei punti-stazione, a quelli descritti nell'analisi strutturale (Fig. 45).

Il cluster A è dominato dal morphotaxon LmTL (*Laminar & Trigonal & Light*; specie chiave: *Lentidium mediterraneum*); altri morphotaxa importanti sono:

- LmEsH (*Laminar & Ellipsoidal & Heavy*; specie chiave: *Paphia aurea*, *Donax semistriatus*), tipico di endobionti superficiali filtratori, del quale molte specie sono caratteristiche esclusive di biocenosi dell'Infralitorale (SFHN, SGCF, ecc.);
- FH (*Flattened & Heavy*; specie chiave: *Cyclope neritea*), tipico di gasteropodi epibionti necrofagi, comuni in fondali superficiali anossici ed ipossici;
- DsCH (*Dome-shaped & Circular & Heavy*; specie chiave: *Plagiocardium papillosum*), tipico di filtratori endobionti superficiali o epibionti.

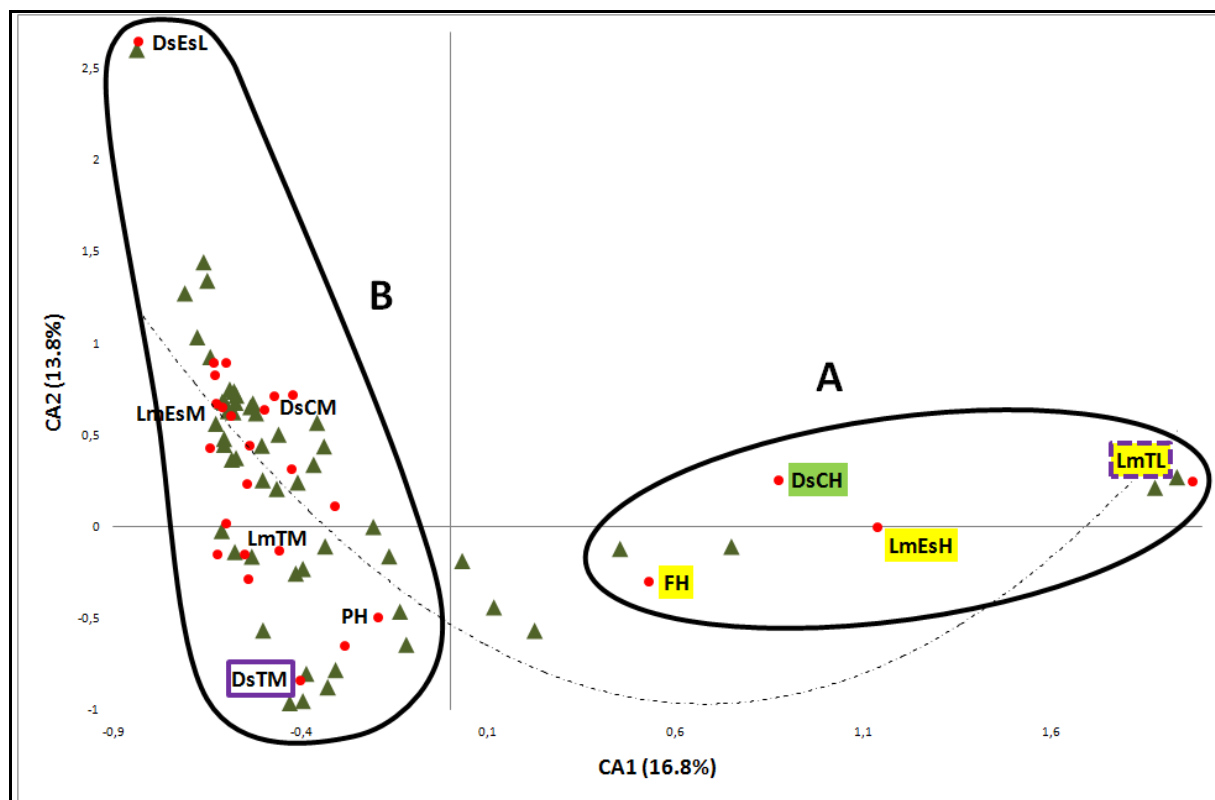


Fig. 47. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Orel & Fresi (1991-1993-1994) dopo rimozione del rumore generato dalla variabile DsTH.

Da un punto di vista funzionale, il cluster A sembra descrivere un popolamento superficiale e sabulicolo, adattato a forti condizioni idrodinamiche, riconducibile alla biocenosi SFHN. Ad essa si sovrappongono degli aspetti fortemente degradati per la presenza di gruppi funzionali fortemente tolleranti nei confronti di condizioni anossiche ed ipossiche.

Il cluster B presenta una struttura maggiormente compatta rispetto a quello descritto in Fig. 45. Risulta assente la discontinuità con i popolamenti superficiali e dominato dal morphotaxon DsTM (specie chiave: *Spisula subtruncata*; *Timoclea ovata*). La caratteristica principale di questo morphotaxon riguarda la forma trigonale della conchiglia, per altro condivisa con i morphotaxa già discussi LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*) e LmTL (specie chiave: *Lentidium mediterraneum*), ed utile a mantenere e ristabilire l'equilibrio nel sedimento a seguito di input di energia meccanica nel sedimento.

Tale cluster si caratterizza per l'allungamento dei punti lungo CA2 generato dalla proiezione eccentrica del morphotaxon DsEsL (*Dome-shaped & Ellipsoidal & Light*; specie chiave: *Tellimya ferruginosa*), tipico di specie detriticole e sabulicole, endobionti filtratori e/o commensali.

Gli altri morphotaxa numericamente importanti del cluster B sono:

- LmTM (specie chiave: *Nucula* sp.), di cui si è già detto negli ordinamenti precedenti, rappresentato da bivalvi endobionti profondi limivori;
- DsCM (specie chiave: *Loripes lucinalis*), bivalvi tipici dello strato RPD, tolleranti nei confronti di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento;
- LmEsM (specie chiave: *Tellina distorta*), maggiormente sabulicoli rispetto ai morphotaxa precedenti ed endobionti profondi detritivori;
- PH (Pupoid & Heavy; specie chiave: *Nassarius incrassatus*, *Nassarius pygmaeus*), morphotaxon non specialistico rappresentato da gasteropodi per lo più necrofagi con esigenze ecologiche diverse.

Il cluster B descrive quindi un popolamento piuttosto eterogeneo, rappresentato dai due estremi DsTM e DsEsL, il primo maggiormente sabulicolo, il secondo maggiormente detriticolo, entrambi comunque riconducibili alle condizioni comunemente riscontrabili in una SFBC.

L'ISA indica come indicatori forti esclusivamente morphotaxa per il cluster A (LmTL, LmEsH e FH) ed un indicatore debole per il medesimo cluster (DsCH).

In sintesi, è quindi possibile osservare la presenza di un popolamento superficiale riconducibile alla biocenosi SFHN e un popolamento profondo e sabulicolo riconducibile alla biocenosi SFBC. È inoltre presente una componente detritica importante che accompagna il popolamento SFBC verso le fasce ecotonali miste, maggiormente limicole.

I due popolamenti risultano interessati da importanti condizioni anossiche/ipossiche, testimoniate dalla presenza di morphotaxa adattati a tali condizioni sia a livello del popolamento SFHN (DsCH, FH) sia per quanto riguarda il popolamento SFBC e misto (popolamento a *Corbula* DsTH, LmTM).

PRISMA 2 – Albertelli & Bedulli Alto e Medio Adriatico, 1996-1997-1998

Analisi strutturale. L'ordinamento prodotto (Fig. 48) risente degli elevati valori di abbondanza di *Corbula gibba* in alcune stazioni collocate alle profondità più diverse. Ciò determina un forte addensamento di punti-stazione e punti-specie a livello del polo negativo di CA1, caratteristica che non permette una lettura coerente dell'ordinamento.

Per questa ragione si sceglie, come negli ordinamenti precedenti, di eliminare la variabile *C. gibba* al fine di rimuoverne il rumore generato.

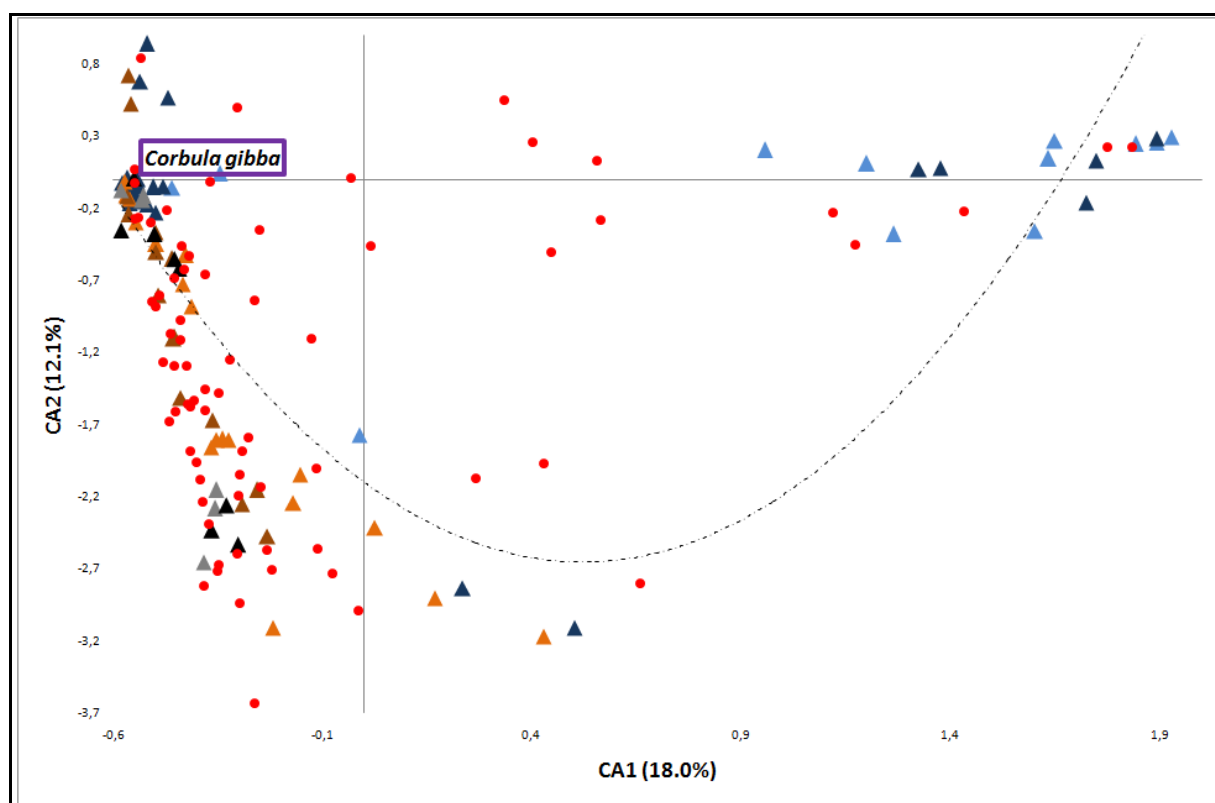


Fig. 48. Analisi descrittiva delle campagne di Albertelli & Bedulli (1996-1997-1998).

L'ordinamento così generato permette una lettura a migliore risoluzione soprattutto a livello dei punti collocati in corrispondenza del polo negativo di CA1 (Fig. 49).

L'ordinamento dei punti sul piano non permette di discriminare veri e propri cluster in quanto essi si dispongono a formare una nube di punti con un'evidente discontinuità solo a livello delle stazioni più superficiali. In generale è comunque possibile dividere la nube in due nuclei di aggregazioni principali (A e B), il primo collocato al polo positivo di CA1 e il secondo al polo negativo dello stesso asse.

I taxa dominanti sono *Chamelea gallina* e *Mysella bidentata*, in opposizione lungo CA1, ed accompagnatore delle biocenosi SFHN e SFBC e caratteristico esclusivo della biocenosi VTC, rispettivamente.

Per quanto riguarda il nucleo A, è strettamente associato a *Chamelea gallina*. Altri taxa importanti sono *Lucinella divaricata*, endobionte profondo mixotrofico tipico dello strato RPD, *Tellina nitida* e *Nassarius pygmaeus*, rispettivamente endobionte profondo e necrofago, entrambi caratteristici esclusivi della biocenosi SFBC.

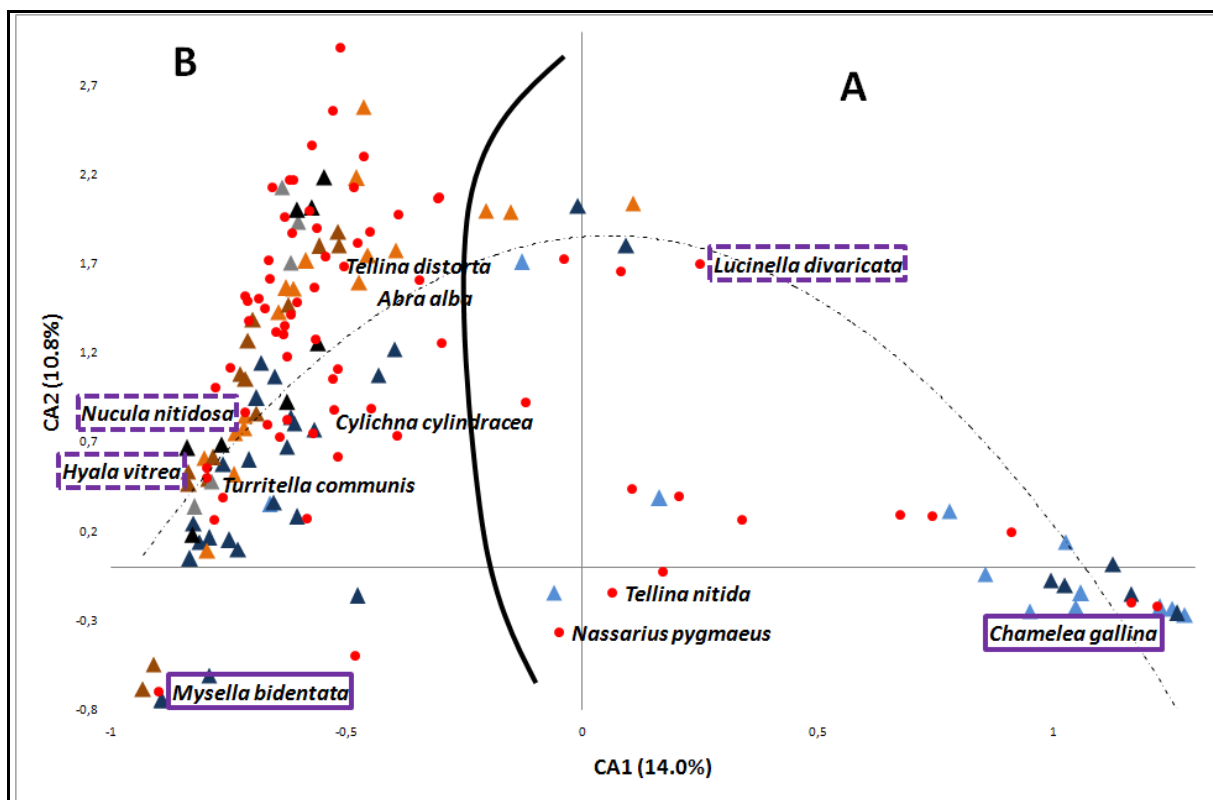


Fig. 49. Analisi descrittiva delle campagne di Albertelli & Bedulli (1996-1997-1998) dopo rimozione del rumore generato dalla variabile *Corbula gibba*.

Per quanto riguarda il nucleo B, è dominato dalla specie *Mysella bidentata*, proiettata al polo negativo di CA2. Al polo positivo si vanno a collocare altre specie numericamente importanti e dall'ecologia variabile.

Si nota la presenza di taxa misticoli e dal trofismo differente (*Tellina distorta*, *Abra alba*, *Cylichna cylindracea*) e specie più marcatamente limicole e tipiche della biocenosi VTC (*Nucula nitidosa*, *Turritella communis*). *Hyala vitrea* è un microgasteropode la cui ecologia non è del tutto chiara, ma potrebbe essere un commensale della ricca endofauna a invertebrati tipica dei popolamenti limicoli.

In sintesi, è quindi possibile osservare la presenza di due popolamenti in stretta continuità fra loro attraverso una estesa fascia ecotonale. Il primo è un popolamento sabulicolo riconducibile alla biocenosi SFBC, mentre il secondo è riconducibile ad una tipica VTC. Rispetto agli ordinamenti precedenti non è rilevabile la componente detriticola.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento prodotto (Fig. 50) risente delle forti abbondanze del morphotaxon DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*) e si sceglie di eliminarlo dalla matrice dei dati al fine di rimuoverne il rumore generato.

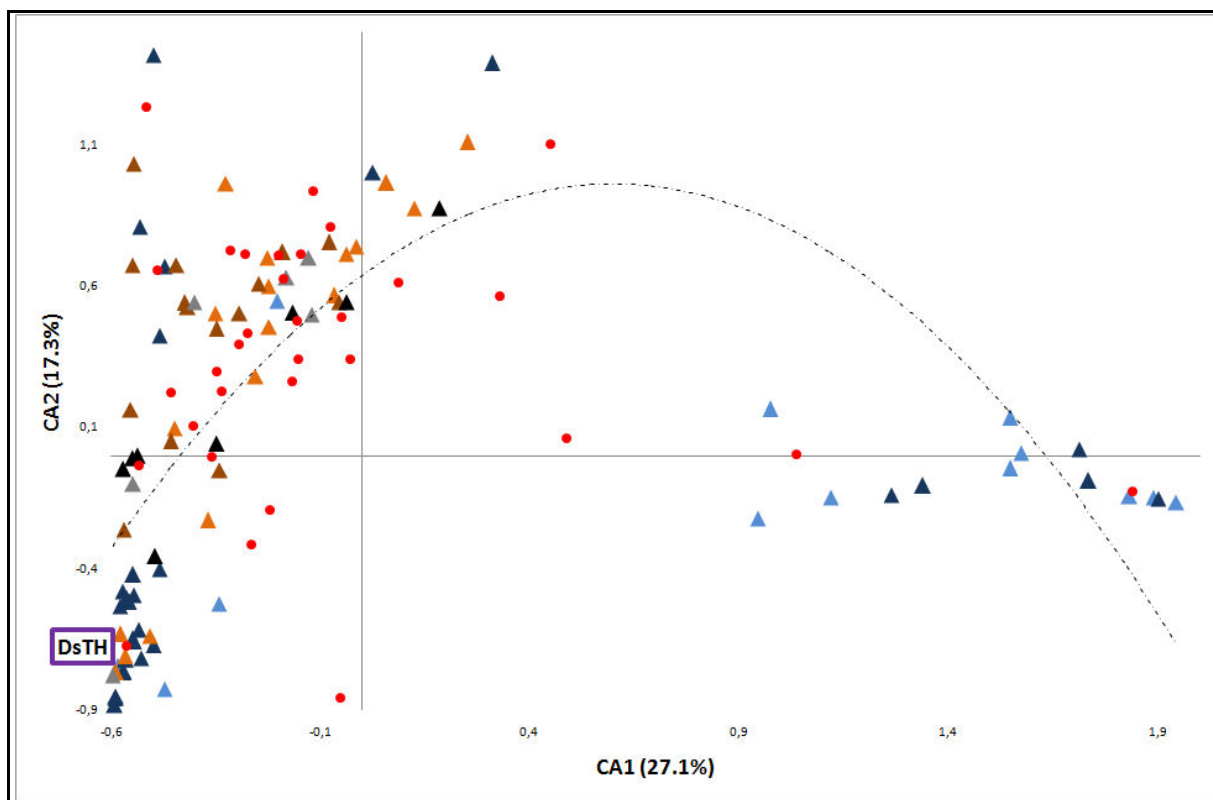


Fig. 50. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Albertelli & Bedulli (1996-1997-1998).

L'ordinamento così generato (Fig. 51) permette la discriminazione fra due cluster di punti i quali, diversamente da quelli descritti nell'analisi strutturale (Fig. 49), presentano una maggiore coerenza di rappresentazione.

I morphotaxa dominanti sono LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*) e LmOL (specie chiave: *Mysella bidentata*), in opposizione lungo CA1.

Il cluster A si caratterizza per l'allungamento delle osservazioni lungo CA1 ed è associato al morphotaxon LmTH. Un altro morphotaxon numericamente importante è PH (specie chiave: *Nassarius incrassatus*, *Nassarius pygmaeus*), tipico di gasteropodi necrofagi e predatori, dei quali molti caratteristici esclusivi della biocenosi SFBC.

Il cluster B si caratterizza per l'allungamento delle osservazioni lungo CA2 ed è associato al morphotaxon LmOL, proiettato in corrispondenza del polo positivo di CA2, insieme ad altri morphotaxa numericamente importanti, quali:

- PL (*Pupoid & Light*; specie chiave: *Hyala vitrea*), microgasteropodi commensali o ectoparassiti dell'endofauna profonda a invertebrati;
- LmTM (specie chiave: *Nucula nucleus*, *Nucula nitidosa*), bivalvi endobionti limivori tolleranti nei confronti di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento.

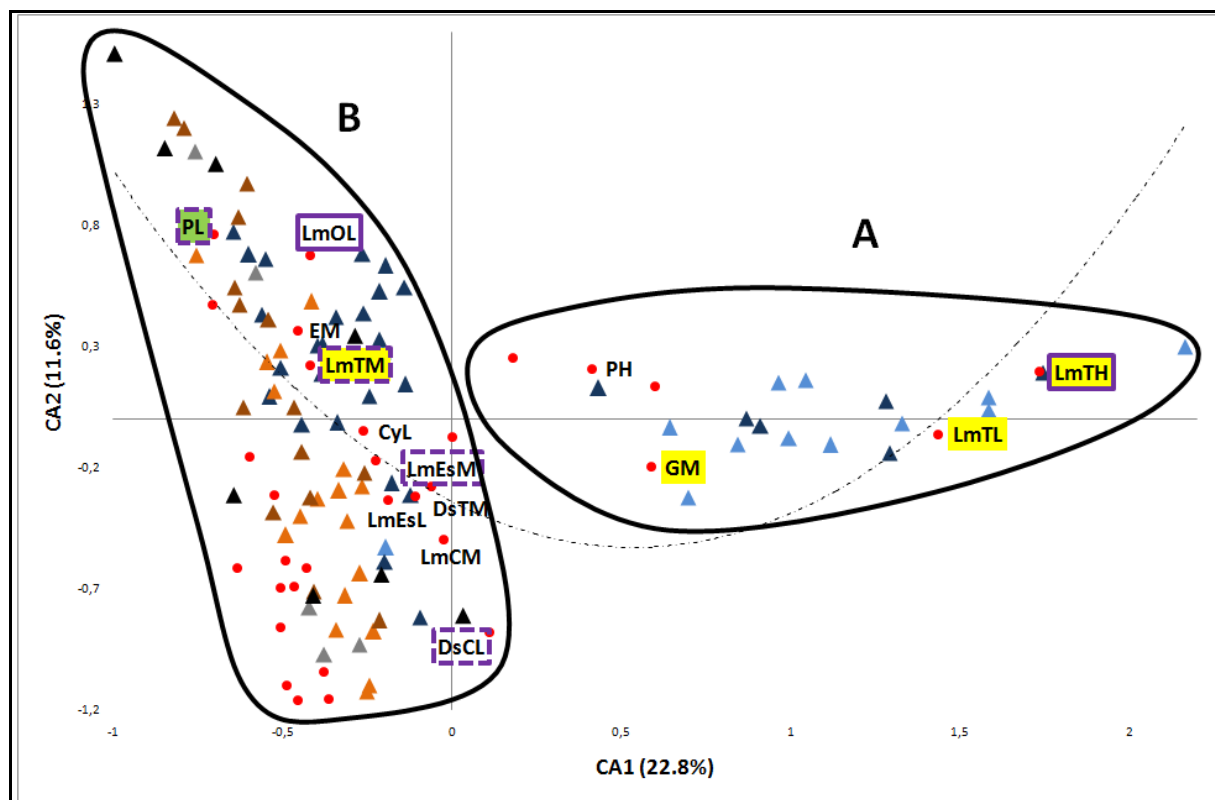


Fig. 51. Analisi morfo-funzionale delle campagne di Albertelli & Bedulli (1996-1997-1998).

Sempre nel cluster B in corrispondenza del polo negativo di CA2, sono proiettati altri morphotaxa numericamente importanti quali:

- LmEsM (specie chiave: *Tellina distorta*), endobionti profondi detritivori dalle caratteristiche biocenotiche variabili;
- DsCL (specie chiave: *Lucinella divaricata*), endobionti profondi sabulicoli/misticoli tipici dello strato RPD.

Il cluster B sembra quindi rappresentare la transizione fra i popolamenti spiccatamente sabulicoli descritti dal cluster A e i popolamenti limicoli materializzati al polo positivo di CA2.

L'ISA indica come descrittori forti i morphotaxa LmTH, LmTL e GM per il cluster A, e LmTM per il cluster B. Per quanto riguarda quest'ultimo, è anche individuato un descrittore debole nel morphotaxon PL.

In sintesi, è possibile distinguere due popolamenti principali il primo dei quali (cluster A) è riconducibile ad una tipica biocenosi SFBC, sostituito tramite una larga fascia ecotonale, da un popolamento spiccatamente limicolo e riconducibile alla biocenosi VTC. Soprattutto la fascia ecotonale è interessata dall'insediamento di un denso popolamento a *Corbula*.

PRISMA 2 - Coste del Molise, 1997

Analisi strutturale. L'ordinamento dei punti sul piano (Fig. 52) permette di osservare lungo CA1 l'opposizione fra stazioni superficiali (5-10 m) e stazioni intermedie (20 m), mentre quelle più profonde ($P > 30$ m) si vanno a collocare in posizione intermedia e si allungano lungo CA2.

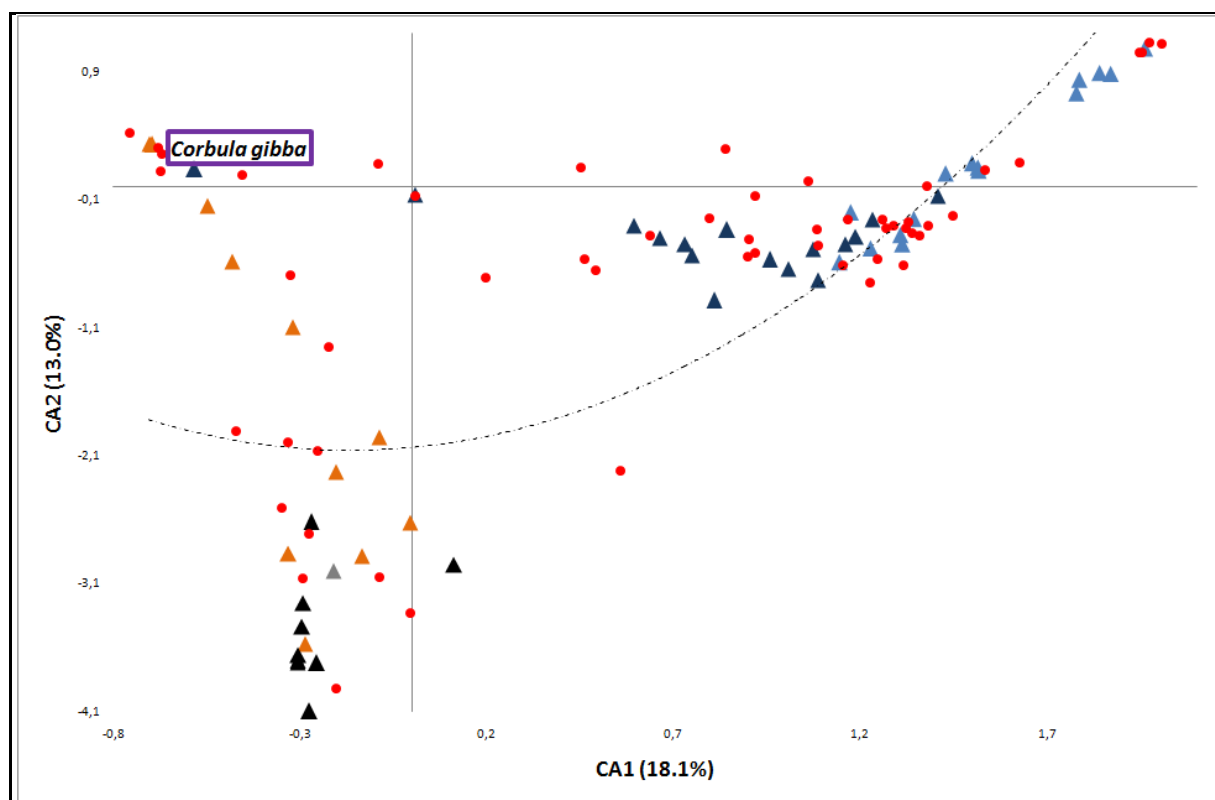


Fig. 52. Analisi strutturale della campagna di campionamento lungo le coste del Molise (1997).

È evidente una notevole distorsione dell'ordinamento derivante dalla presenza nelle stazioni incluse in C1 di popolazioni di *Corbula gibba* (migliaia di esemplari/m²) che nel campionamento in esame forma facies ad elevata densità e con valori di abbondanza non comparabili con le altre specie.

Al fine di eliminare la distorsione descritta e permettere la lettura lungo CA1 del fattore principale che governa la distribuzione del malacobenthos lungo il gradiente costa-largo, si è scelto di eliminarne il rumore rimuovendo la variabile *Corbula*.

L'ordinamento dei punti sul piano permette di discriminare tre cluster principali (A-B-C) in opposizione lungo CA1 (Fig. 53).

Il cluster A è rappresentato da poche stazioni superficiali (5 m) correlate a taxa filtratori e sabulicoli (*Chamelea gallina* e *Donax semistriatus*) delle quali la seconda è specie

caratteristica esclusiva della biocenosi SFHN. Il popolamento descritto è fisicamente controllato in quanto l'idrodinamismo è il fattore principale che governa la strutturazione del sistema.

Il cluster B include stazioni collocate fra le batimetriche dei 10 e dei 20 m ed è riferibile alla biocenosi SFBC per la presenza di numerose specie caratteristiche (p.e. *Bela nebula*, *Tellina nitida*). Si nota la presenza di molte specie predatrici e necrofaghe che indica la presenza di una comunità biologicamente controllata. È inoltre evidente una netta separazione fra i cluster A e B, riferibile alla “discontinuità superficiale” di FRESI & CINELLI (1982).

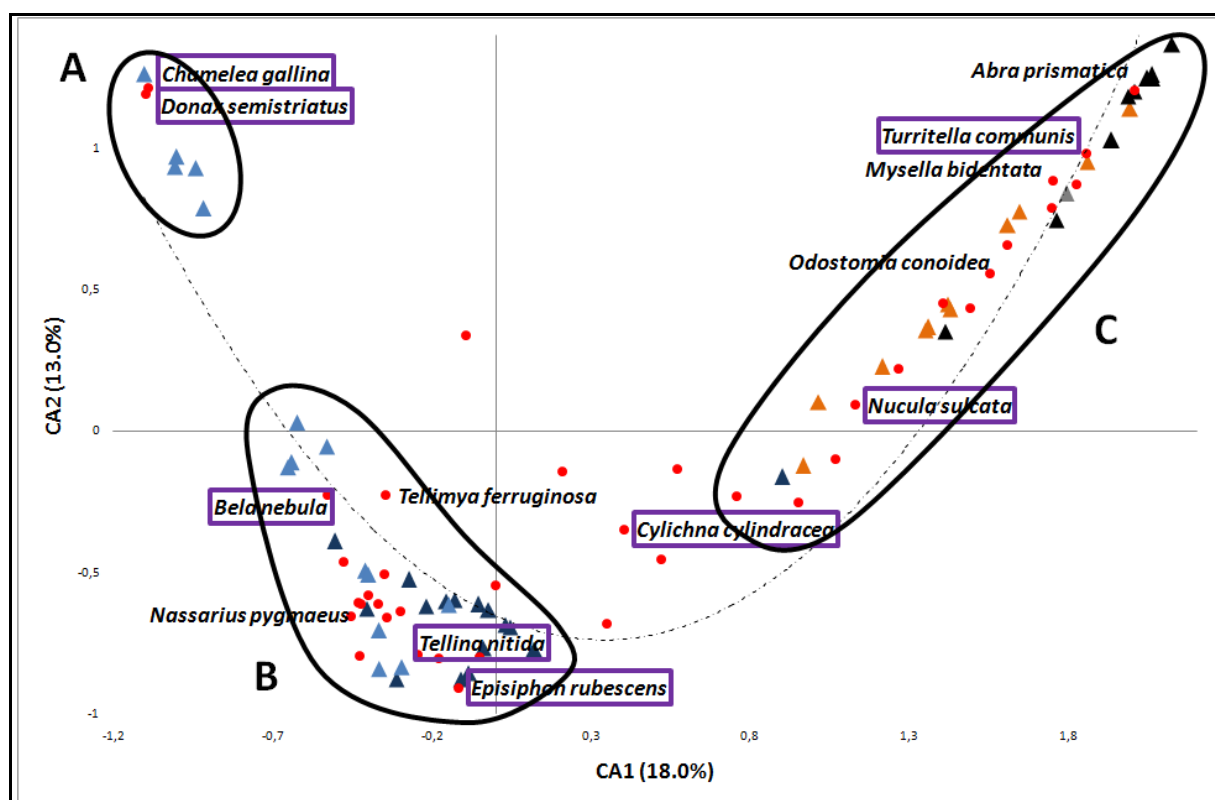


Fig. 53. Analisi strutturale della campagna di campionamento lungo le coste del Molise (1997). Normalizzazione biologica: eliminazione del rumore attraverso rimozione della variabile “*Corbula gibba*”.

Il cluster C include stazioni oltre la batimetrica dei 20 m, associate a taxa per lo più limicoli e detritivori, alcuni dei quali caratteristici della biocenosi DC (*Abra prismatica*) e VTC (*Mysella bidentata*, *Turritella communis*). Non è più evidente la separazione fra due popolamenti intermedi e profondi, ma è tuttavia leggibile una debole transizione con i popolamenti sabulicoli superiori per la presenza in posizione intermedia fra i cluster B e C di taxa misticoli e tolleranti verso la presenza di pelite nel sedimento (*Cylichna cylindracea*).

In sintesi, lungo la costa molisana è presente una tipica zonazione che mostra un popolamento superficiale sabulicolo (5 m) fisicamente controllato riferibile alla biocenosi SFHN, un popolamento sabulicolo intermedio (5-10 m) biologicamente controllato riferibile alla biocenosi SFBC e un popolamento limicolo riferibile alle biocenosi VTC/DC con una debole presenza di misto (transizione SFBC/VTC).

Per quanto riguarda quest'ultimo, è inoltre evidente la presenza di una comunità fortemente destrutturata che si sovrappone al misto SFBC/VTC e alla VTC/DC, caratterizzata da un popolamento a *Corbula*, comune in ambienti fortemente impattati ad elevati inquinamento organico e torbidità della colonna d'acqua.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento dei punti (Fig. 54) è coerente con quello osservato nell'analisi strutturale. È infatti possibile osservare la distorsione prima descritta, in questo caso originata dai valori di abbondanza di DsTH, morphotaxon monospecifico che include *Corbula gibba*.

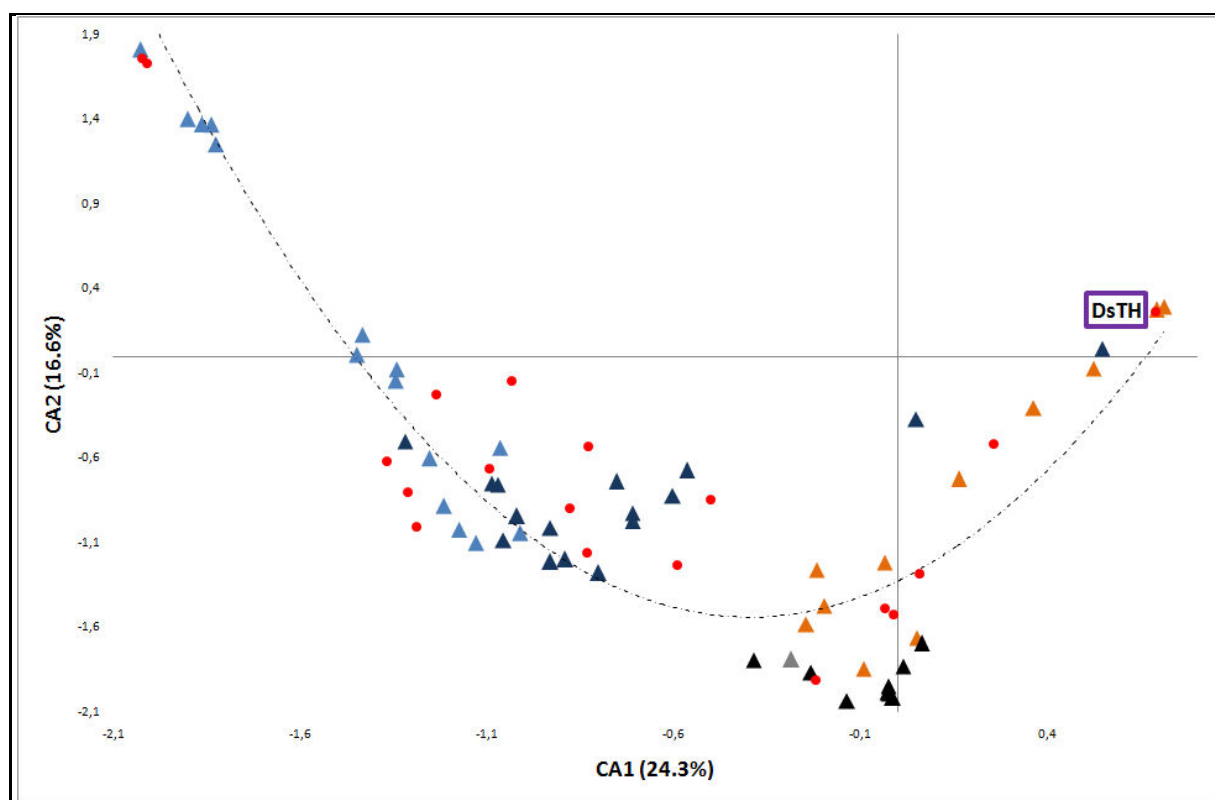


Fig. 54. Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento lungo le coste del Molise (1997).

L'ordinamento dei punti (Fig. 55) è coerente con quanto osservato nell'analisi strutturale. Da notare che in B, correlato alla biocenosi SFBC, è osservabile il numero più elevato di morphotaxa e che questi decrescono ai due estremi.

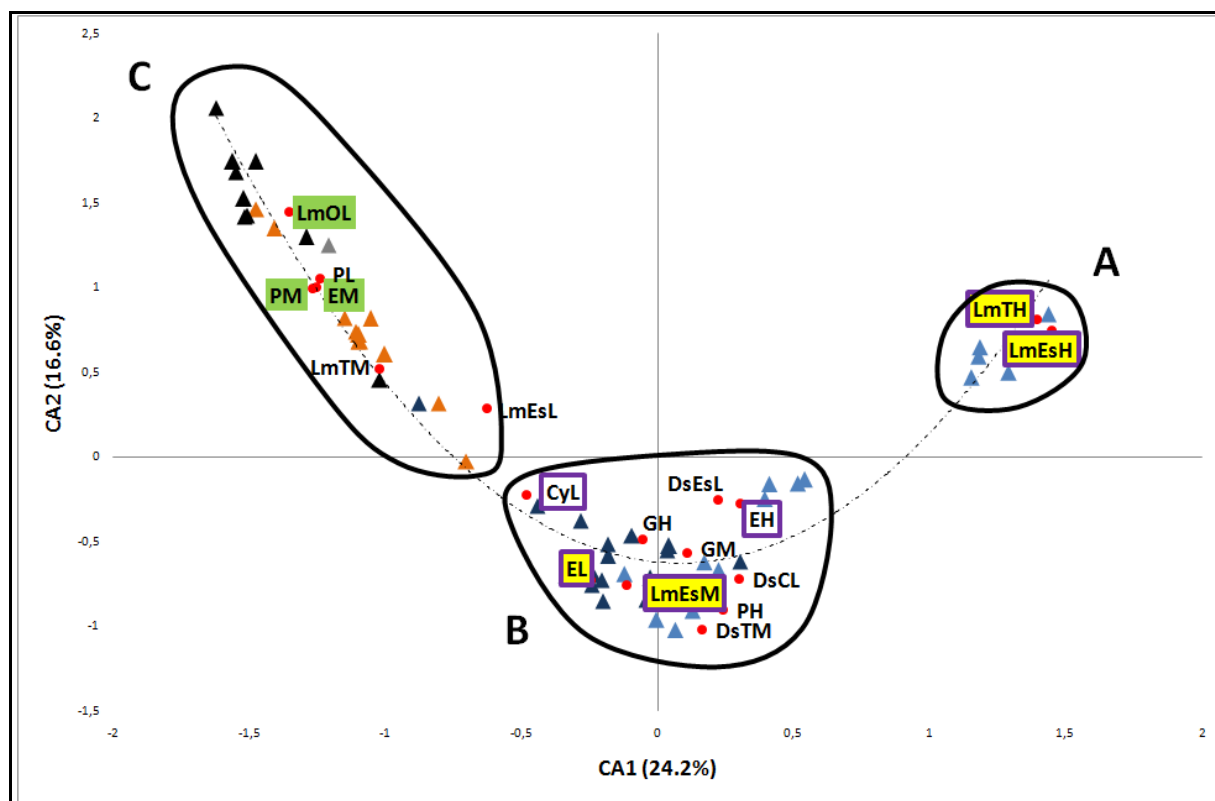


Fig. 55. *Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento lungo le coste del Molise (1997) dopo rimozione del rumore generato dalla variabile DsTH.*

In particolare, è sempre osservabile la discontinuità superficiale di FRESI & CINELLI (l.c.). Inoltre, è sempre evidente la zona del misto SFBC/VTC con morphotaxa tipici dello strato endobionte profondo (LmEsL e CyL), tipici di specie detritivore e predatrici. In particolare, la presenza di questi ultimi indica la presenza di una zona di transizione fra popolamenti sabulicoli e limicoli ad elevato livello di strutturazione.

L'ISA individua alcuni indicatori forti per i morphotaxa LmTH e LmEsH per il cluster A, LmEsM e EL per il cluster B. Per il cluster C sono individuati alcuni indicatori deboli nei morphotaxa LmOL, PM ed EM.

In sintesi, l'approccio morfo-funzionale ha prodotto risultati sovrapponibili a quelli descritti con l'approccio tradizionale strutturale. Si aggiunge a ciò una maggiore tipicizzazione della zona del misto (20-30 m) con identificazione di stazioni ad elevato livello di strutturazione (presenza di morphotaxa LmEsM e CyL) e di stazioni collocate a Nord lungo la costa con un grave deficit dei tipici gruppi funzionali sabulicoli e limicoli.

PRISMA 2 - Da Giulianova a Pescara, 1998

Analisi strutturale. Nell'ordinamento prodotto (Fig. 56) i punti si dispongono a formare tre cluster (A-B-C) facilmente separabili fra loro ed in opposizione lungo CA1. In particolare, è evidente l'opposizione lungo il primo asse fra stazioni a bassa profondità (5-20 m – cluster A) con quelle alle maggiori profondità (20-50 m – cluster C). All'interno di quest'ultimo è inoltre osservabile una debole discontinuità fra le stazioni più superficiali (20-30 m) e quelle più profonde (40-50 m).

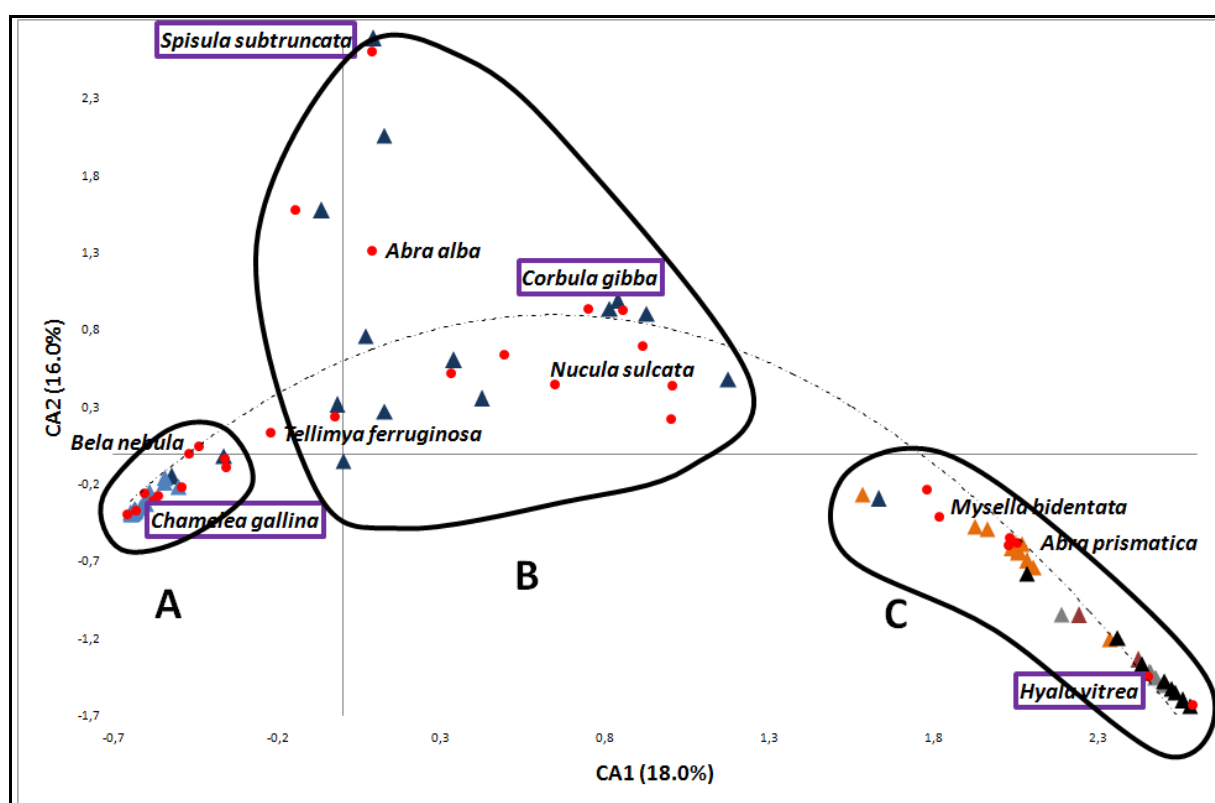


Fig. 56. Analisi strutturale della campagna di campionamento da Giulianova a Pescara (1998).

Il cluster A è associato a taxa stenopsammici filtratori, predatori e detritivori/commensali (*Chamelea gallina*, *Bela nebula*, *Tellimya ferruginosa*) e descrive una comunità sabulicola biologicamente controllata, riferibile alla biocenosi SFBC.

Il cluster C è associato a taxa limicoli detritivori (*Mysella bidentata*) e tolleranti nei confronti della presenza di detrito (*Abra prismatica*) e descrive una comunità limicola riferibile alle biocenosi VTC/DC, che alle maggiori profondità diventa progressivamente impoverito e dominato da microgasteropodi ectoparassiti o commensali (*Hyala vitrea*), in prima lettura riconducibile sempre alla VTC/DC.

Il cluster B (10-20 m) si differenzia dai precedenti per la maggiore dispersione dei punti. La sua composizione in termini specifici è molto variabile: filtratori endobionti superficiali (*Spisula subtruncata*), misticoli filtratori di profondità (*Corbula gibba*), limivori (*Nucula sulcata*). Tale nube di punti si caratterizza anche per l'allungamento lungo F2, determinato dai forti valori di abbondanza di *Spisula subtruncata*, che forma facies molto dense alle profondità indicate.

In sintesi, sono quindi osservabili due popolamenti principali, riferibili alle biocenosi SFBC e VTC/DC, quest'ultimo progressivamente sostituito alle maggiori profondità da un popolamento a microgasteropodi. Importante è la transizione fra le comunità sabulicole e limicole, nelle quali si assiste alla formazione di facies molto dense di *Spisula subtruncata*, accompagnata da taxa misticoli ed opportunisti.

Analisi morfofunzionale. La distribuzione dei punti (Fig. 57) è coerente con quella precedentemente descritta. Le uniche differenze leggibili è una maggiore compattezza del cluster A e una maggiore discontinuità all'interno del cluster C.

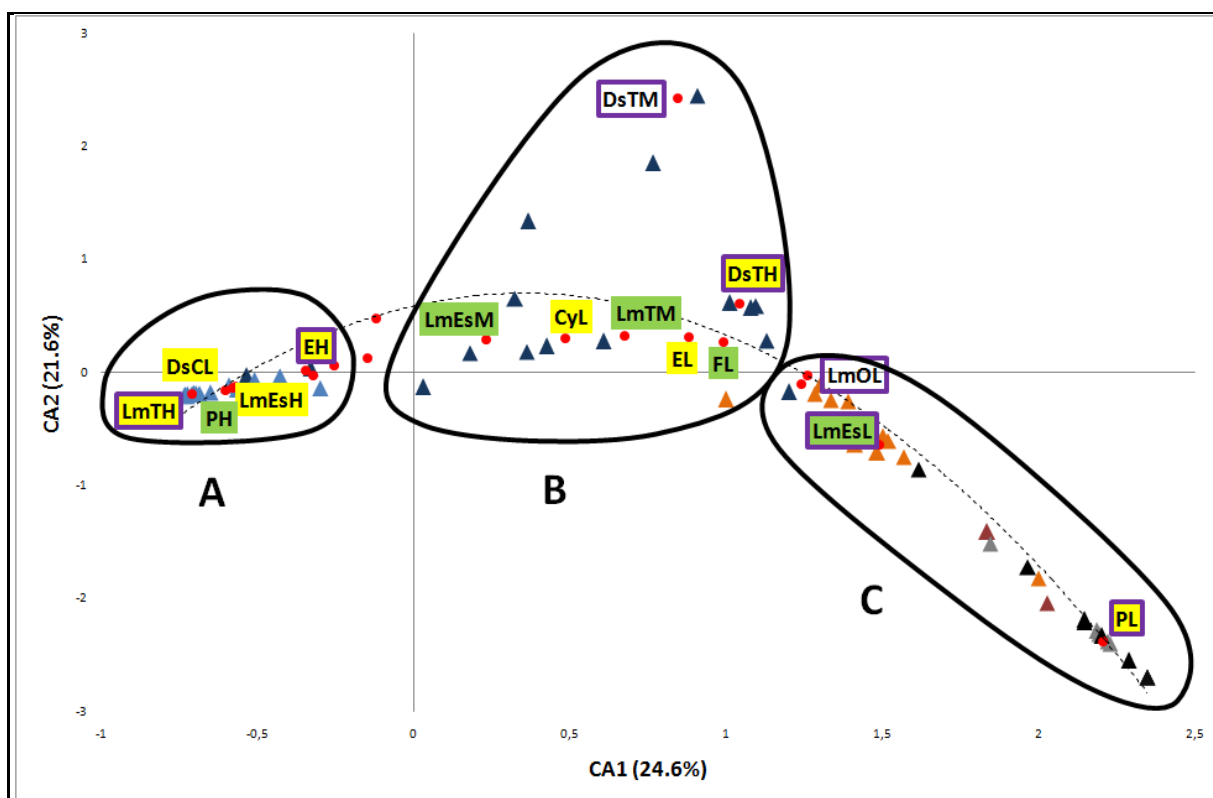


Fig. 57. Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento da Giulianova a Pescara (1998).

Si può notare agevolmente come lungo CA1 il numero delle forme associate a ciascun cluster diminuisca progressivamente, indicando una maggiore disponibilità di habitat a livello del popolamento sabulicolo SFBC (cluster A).

Il cluster A è associato a morphotaxa come LmTH (specie chiave *Chamelea gallina*) ed EH (specie chiave *Bela nebula*). In particolare, quest'ultimo morphotaxon è composto per lo più da predatori dell'endofauna con un importante ruolo autoregolativo nella comunità. La presenza di questo morphotaxon indica quindi la presenza di una comunità biologicamente controllata con un elevato livello di strutturazione. La presenza di conchiglie "pesanti" è inoltre indice di una buona risorsa trofica, utile alla produzione di conchiglie dallo spessore elevato.

Il cluster C è correlato a morphotaxa come LmEsL (specie chiave *Phaxas adriaticus*) e LmOL (specie chiave *Mysella bidentata*). È quindi un popolamento principalmente endobionte profondo e detritivoro, con un livello di strutturazione decisamente inferiore a quello precedentemente descritto per la mancanza dello strato superiore dell'epifauna e dell'endofauna superficiale.

Il popolamento VTC/DC è sostituito alle maggiori profondità da una comunità a basso livello di strutturazione (microgasteropodi commensali ed ectoparassiti), profondamente legato alla disponibilità di ospiti (per lo più altri invertebrati), legato a conchiglie PL (specie chiave *Hyala vitrea*). Esso risulta fortemente monotono e legato agli strati profondi del sedimento, il quale fornisce la protezione sufficiente all'animale (spessore sottile delle conchiglie).

Il cluster B, descrivibile come una nube intermedia di punti (misto SFBC – VTC/DC) è associata a forme trigonali, come DsTM (specie chiave *Spisula subtruncata*, *Timoclea ovata*) e DsTH (specie chiave *Corbula gibba*). Questa tipologia rappresenta un vantaggio ecologico su fondali perturbati da input di energia meccanica in quanto la forma triangolare ha un'efficienza maggiore nel ristabilire la posizione originale dell'animale nello spessore del sedimento a seguito di un evento di dislocazione. Forme trigonali sono presenti nel campionamento in esame anche nei punti associati al cluster A (LmTH), e questo si può agevolmente mettere in relazione alle condizioni abituali dei fondali collocati lungo la batimetrica 5 m.

L'ISA permette di identificare diversi morphotaxa indicatori forti, in particolare:

- per il cluster A, LmTH, LmEsH, EH, DsCL;
- per il cluster B, DsTH, CyL, EL;
- per il cluster C, PL.

Per quanto riguarda gli indicatori deboli, si cita per il cluster A il morphotaxon PH; per il cluster B i morphotaxa LmEsM, LmTM, FL; per il cluster C il morphotaxon LmEsL.

Riassumendo, l'approccio morfo-funzionale ha permesso di osservare un trend negativo del livello di strutturazione delle comunità passando dalle comunità superficiali sabulicole (biologicamente controllate dall'epifauna e dall'endofauna superficiale predatrice) alle comunità limicole profonde, dominate in maniera esclusiva da un popolamento a microgasteropodi ectoparassiti e commensali. Si nota inoltre lungo la comunità del misto (transizione SFBC- VTC/DC) un popolamento adattato a fondali a maggior input idrodinamico, con caratteristiche funzionali in parte sovrapponibili a quelle riscontrabili alle profondità superficiali.

Secche di Tor Paterno, 1998

Analisi strutturale. La campagna di campionamento sulle Secche di Tor Paterno si caratterizza per una certa omogeneità batimetrica ($P > 40$ m) e l'ordinamento dei punti sul piano non permette il riconoscimento di discontinuità evidenti fra le diverse stazioni (Fig. 58). È comunque possibile distinguere due gruppi di punti (cluster A al polo negativo di CA1 e cluster B in corrispondenza di quello positivo), separati a livello dell'intersezione degli assi da un piccolo nucleo di punti corrispondenti alle stazioni più profonde, caratteristico per il suo allungamento lungo CA2.

Il cluster A include il maggior numero di specie, caratteristiche della biocenosi DC (*Plagiocardium papillosum*) e VTC (*Mysella bidentata*, *Abra nitida*) ed indicatrici della presenza di detrito grossolano nel sedimento (*Calyptraea chinensis*). Il restante raggruppamento di punti (cluster B) si caratterizza per il minor numero di specie e per la presenza di taxa tipici di sedimenti ipossici e anossici, che contraggono simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi e zolfo-ossidanti (*Thyasira biplicata*), oltre a specie tipiche della VTC (*Turritella communis*). Per quanto riguarda le specie proiettate in corrispondenza delle stazioni più profonde e in posizione centrale rispetto ai due cluster, si tratta di microgasteropodi dall'autoecologia sconosciuta.

L'identità biocenotica dell'intera zona di campionamento è quindi riferibile ad una comunità di transizione fra VTC e DC. L'ordinamento permette comunque la distinzione fra due gruppi principali di stazioni, il primo dei quali (cluster A) presenta maggiori affinità con la biocenosi DC; si può ipotizzare la presenza di una forte componente detritica grossolana

(sabbione conchigliifero) per la presenza di specie che vivono su nicchi vuoti (*Calyptraea chinensis*) o fra gli interstizi creati dagli stessi e da frammenti di roccia o spugna (*Mysella bidentata*).

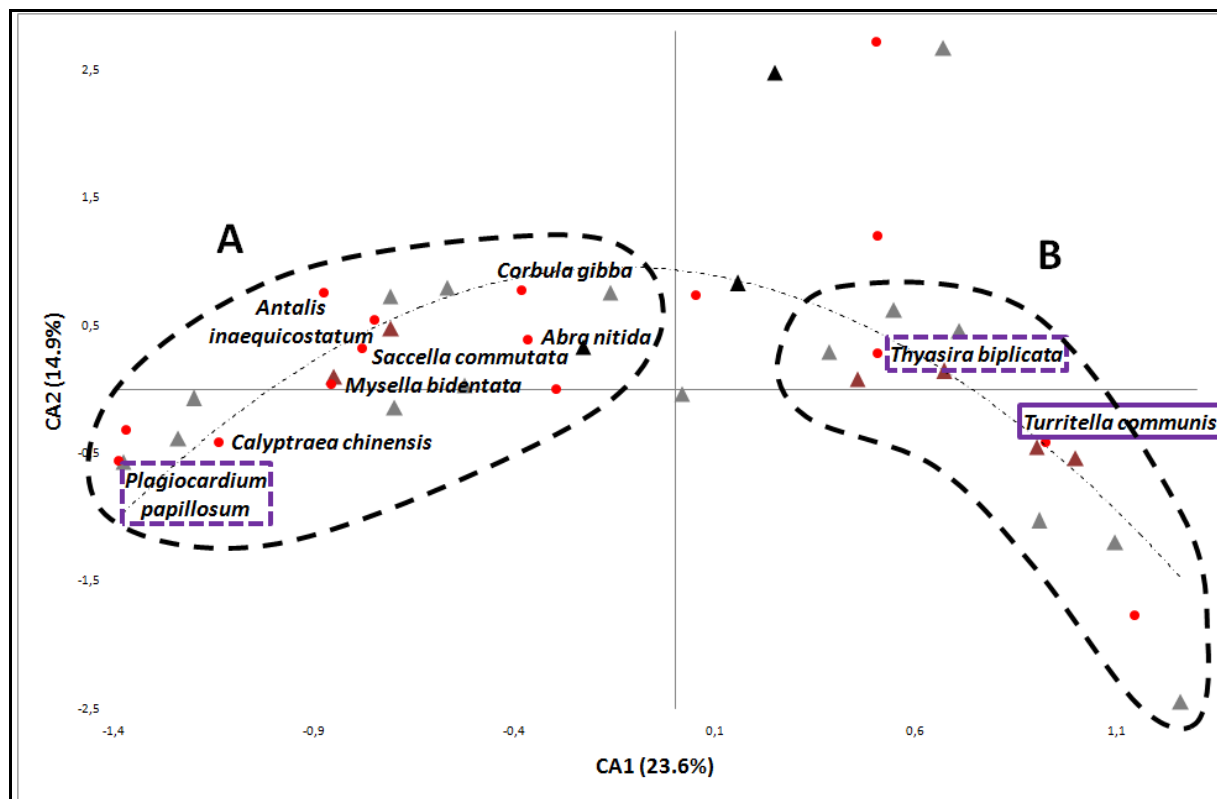


Fig. 58. Analisi strutturale della campagna di campionamento delle Secche di Tor Paterno (1998).

Il secondo aspetto (cluster B) è una tipica VTC povera in numero di specie, caratteristica per la presenza di microbivalvi (*Thyasira biplicata*) tolleranti verso la presenza di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento tipici dello strato RPD e spiccatamente limicoli (*Turritella communis*). Mancano gli elementi detriticoli del cluster A.

In sintesi, l'ordinamento permette l'attribuzione della zona di campionamento ad una tipica comunità di transizione VTC/DC nella quale è possibile distinguere due aspetti principali. Il primo (cluster A) è un popolamento marcatamente detriticolo la cui presenza potrebbe essere legata alla presenza di fondi duri secondari (p.e., costruzioni biogeniche profonde come il coralligeno) e/o ad un input maggiore di energia idrodinamica nel sistema. Il secondo (cluster B) è un popolamento spiccatamente limicolo con bassi livelli di energia idrodinamica e con uno strato RPD superficiale.

Analisi morfo-funzionale. L'ordinamento prodotto è coerente con quella prima descritta tramite l'approccio strutturale (Fig. 59). Si rileva che la separazione fra i due addensamenti di punti (cluster A e B) è debolmente rilevabile e al centro degli assi si addensa la gran parte dei morphotaxa afferenti al cluster A. Per quanto riguarda quest'ultimo, le forme spiccatamente detriticole restano inoltre vistosamente separate (DsCH e FL).

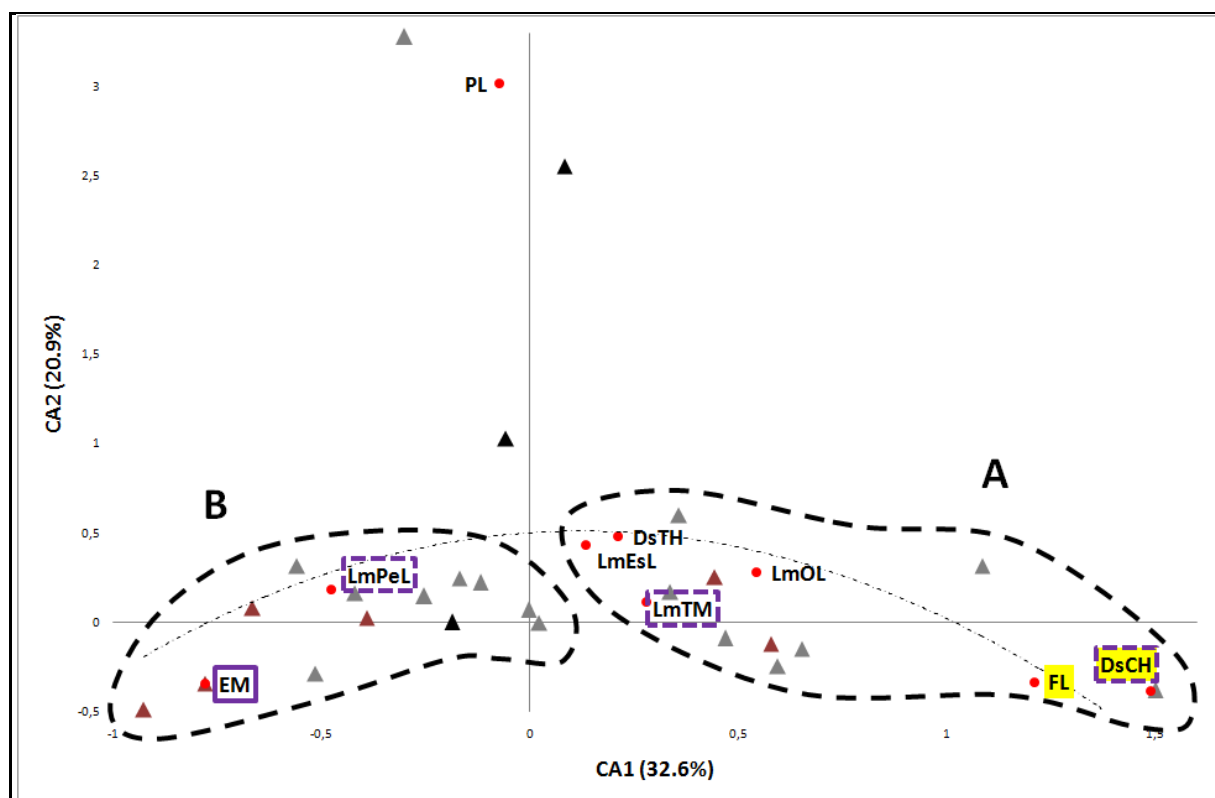


Fig. 59. Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento delle Secche di Tor Paterno (1998).

Per quanto riguarda il cluster B, non si notano differenze con quanto prima descritto. Si noti invece la posizione intermedia delle stazioni a profondità maggiori, caratteristicamente allungate lungo CA2, alle quali corrisponde il solo morphotaxon PL (specie chiave: *Hyalia vitrea*).

Pur rimanendo inalterata l'opposizione fra popolamenti limicoli e detriticoli, si può constatare un maggiore frequenza di forme trigonali a livello del cluster A (LmTM, DsTH), adattate ad un maggiore input di energia idrodinamica nel sistema, mentre la presenza della componente detritica risulta influenzare maggiormente poche stazioni all'estremo positivo di CA1.

Si rileva la possibilità di discutere le stazioni più profonde, associate alle forme PL, tipiche di microgasteropodi parassiti e commensali. La loro presenza è legata all'esistenza di

microhabitat (conchiglie vuote, ospiti, anfratti in detrito inorganico), rilevabili sia nelle stazioni del cluster sia del cluster B. La posizione intermedia di tali stazioni è quindi da imputare alla presenza contemporanea di microhabitat disponibili in ogni stazione della campagna di campionamento.

In sintesi, l'analisi morfo-funzionale permette di riconoscere un popolamento limicolo a basso livello di strutturazione riferibile alla biocenosi VTC e un popolamento di transizione VTC/DC con una componente detriticola variabile e maggiormente abbondante in poche stazioni all'estremo positivo di CA1. È possibile rilevare inoltre la presenza di alcune stazioni detriticole con un elevato livello di strutturazione concentrate in corrispondenza dell'origine degli assi. Il livello dell'energia idrodinamica sembra il fattore principale nella separazione fra le stazioni nel cluster A e quelle nel cluster B.

Le forme PL risultano associate ai due popolamenti e indicano la presenza di microhabitat rappresentati da detrito organogeno ed inorganico e dalla presenza di possibili ospiti. La posizione baricentrica lungo CA1 ed allungata lungo CA2 è un artefatto sperimentale riconducibile al basso numero di osservazioni alle maggiori profondità (P>50 m).

Solvay - Condotta

Approccio strutturale. L'ordinamento prodotto (Fig. 60) permette di osservare lungo CA1 l'opposizione fra le stazioni più superficiali (10 m) e le stazioni profonde (30 m). I punti si dispongono sul piano a formare due cluster (A-B) agevolmente separabili fra loro, dei quali il primo si caratterizza per l'allungamento delle osservazioni lungo i due assi principali.

Il cluster A è rappresentato al polo negativo di CA1 da poche stazioni nel quale è insediato un popolamento sabulicolo povero in specie e senza alcun significato bionomico riconosciuto. Si noti la presenza di *Lucinella divaricata*, bivalve comune in sedimenti anossici ed ipossici, tipico dello stato RPD, e *Dosinia lupinus*, considerata caratteristica esclusiva della biocenosi MI (Pérès & Picard, 1964) o accompagnatrice della biocenosi SFBC (Picard, 1965).

Al polo positivo di CA2 è proiettato un popolamento sabulicolo e misticolo nel quale prevalgono specie limivore ed opportuniste, tipiche di fondali sottoposti ad un forte input di materia organica (*Nucula nitidosa*, *Corbula gibba*). Le altre specie (non riportate in Fig. 60) sono tipicamente sabulicole e tipiche di comunità riconducibili alla biocenosi SFBC (p.e. *Tellina fabula*, *T. pulchella*), ma i loro valori di abbondanza (uno o due esemplari per stazione) non sono rappresentativi ai fini della descrizione del sistema.

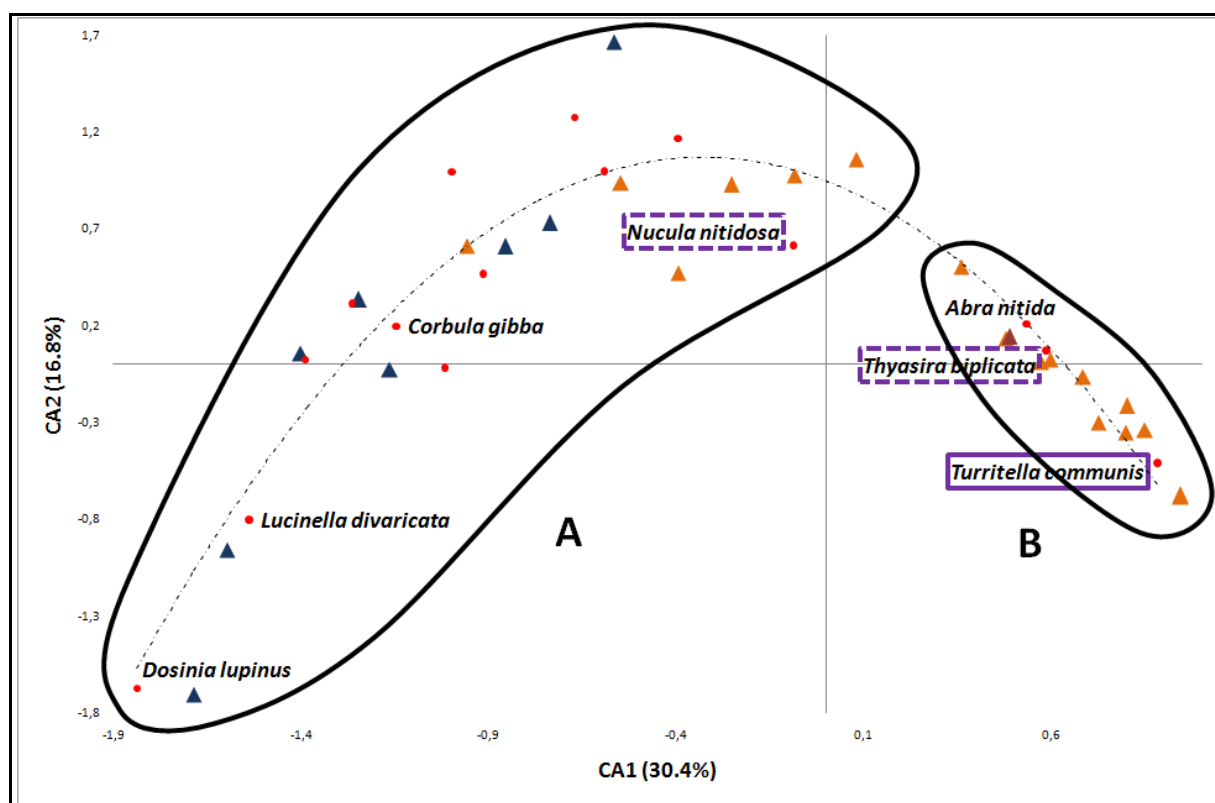


Fig. 60. Analisi strutturale della campagna di campionamento Solvay – Condotta.

Il cluster B include le stazioni con le specie più rappresentative del campionamento, in termini di abbondanza. Esso è un popolamento limicolo riconducibile alla biocenosi VTC per la presenza di specie caratteristiche (*Abra nitida*, *Turritella communis*). Si noti la presenza di *Thyasira biplicata*, microbivalve con le stesse caratteristiche autoecologiche di *Lucinella divaricata*.

In sintesi, è possibile individuare due popolamenti principali nella campagna Solvay – Condotta. Il primo sembra riconducibile ad un popolamento SFBC profondamente destrutturato nelle sue componenti tipiche e dove il fattore determinante principale risulta una notevole quantità di detrito organico all'interfaccia acqua-sedimento (presenza di *Corbula gibba* e *Nucula nitidosa*).

Le stazioni più superficiali del cluster A si caratterizzano per una destrutturazione ancora più profonda e il popolamento insediato è riferibile a quello tipico di uno strato RPD piuttosto elevato (presenza quasi esclusiva di *Lucinella divaricata*).

Il popolamento sabulicolo è sostituito alle maggiori profondità da un popolamento limicolo riconducibile alla biocenosi VTC, nel quale la presenza di specie tipiche dello strato RPD rappresenta un fenomeno comune sui fanghi.

Approccio morfo-funzionale. L'ordinamento prodotto (Fig. 61) è coerente con quello ora descritto. Si noti la presenza di pochi morphotaxa nel cluster B le cui forme più comuni sono LmTM e DsTH e la dominanza esclusiva di forme circolari nelle stazioni comprese nel cluster A, da considerare un satellite del B. Queste sono forme non specializzate ed evolutivamente arcaiche, spesso tipiche dei taxa tipici dello strato RPD.

Per quanto riguarda il cluster C, risulta associato a morphotaxa rinvenuti negli stessi popolamenti limicoli dei campionamenti precedenti (LmOL, EM), ma con un importante contributo del morphotaxon LmPeL, con taxa tipici dello strato RPD.

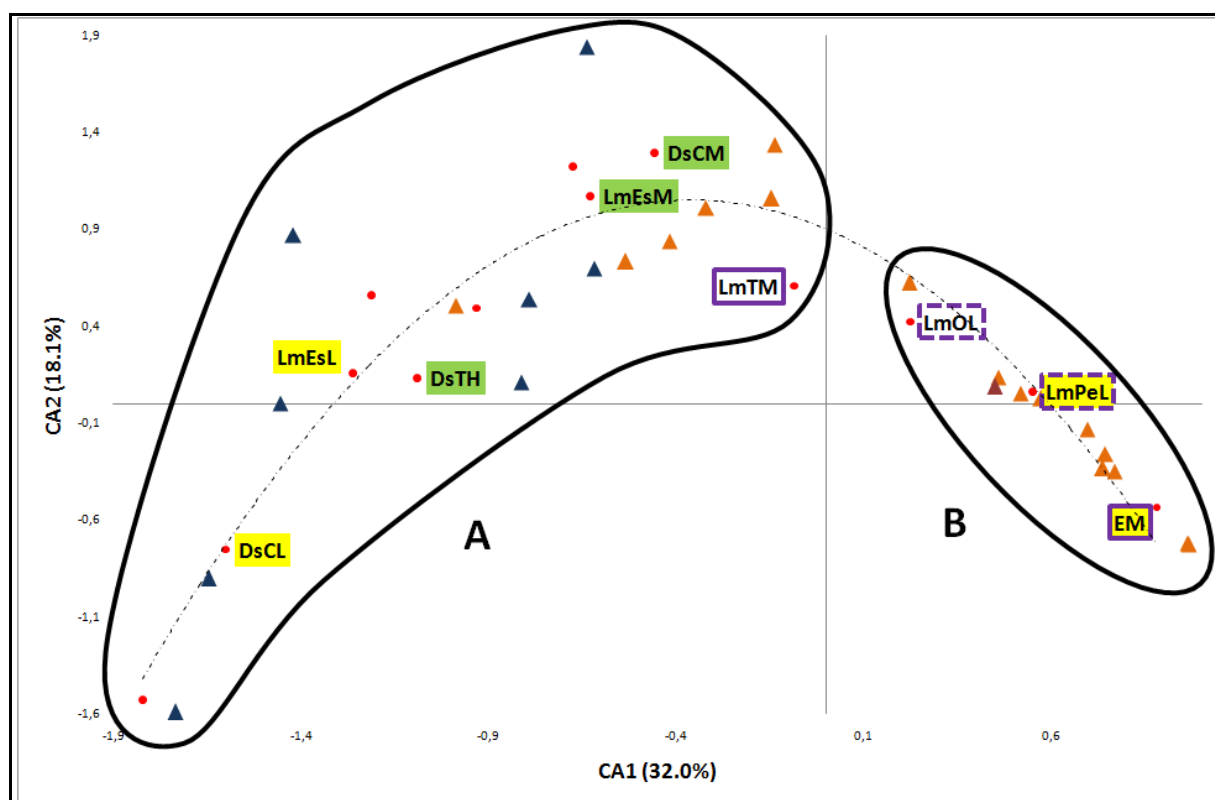


Fig. 61. *Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento Solvay – Condotta.*

L'ISA individua diversi indicatori forti: per il cluster A, i morphotaxa DsCL e LmEsL; per il cluster B, LmPeL ed EM. Per quanto riguarda gli indicatori deboli, sono rilevabili esclusivamente nel cluster A e sono DsTH, LmEsM e DsCM.

In sintesi, si sottolinea la coerenza di rappresentazione fra i due approcci. In particolare, si nota che l'intera area è interessata da un importante arricchimento organico, i cui effetti sono maggiori sui popolamenti sabulicoli con la sostituzione di comunità SFBC tipiche con un popolamento costituito per lo da forme trigonali, paragonabile al popolamento a *Corbula*

descritto per molti dei campionamenti dell'Adriatico. I popolamenti limicoli ne sembrano risentire in misura minore e non si nota una sostituzione dei gruppi morfo-funzionali tipici.

Solvay – Rosignano

Approccio strutturale. L'ordinamento prodotto (Fig. 62) non permette una chiara distinzione fra cluster; è piuttosto visibile una nube di punti più o meno continua con due “nuclei di aggregazione” principali collocati agli estremi positivo (A) e negativo (C) di CA1. Fra essi è presente una serie di punti in posizione intermedia (detta gruppo B). Il nucleo A include le stazioni più superficiali (10 m), mentre il nucleo B include quelle più profonde (> 30 m), con diverse eccezioni.

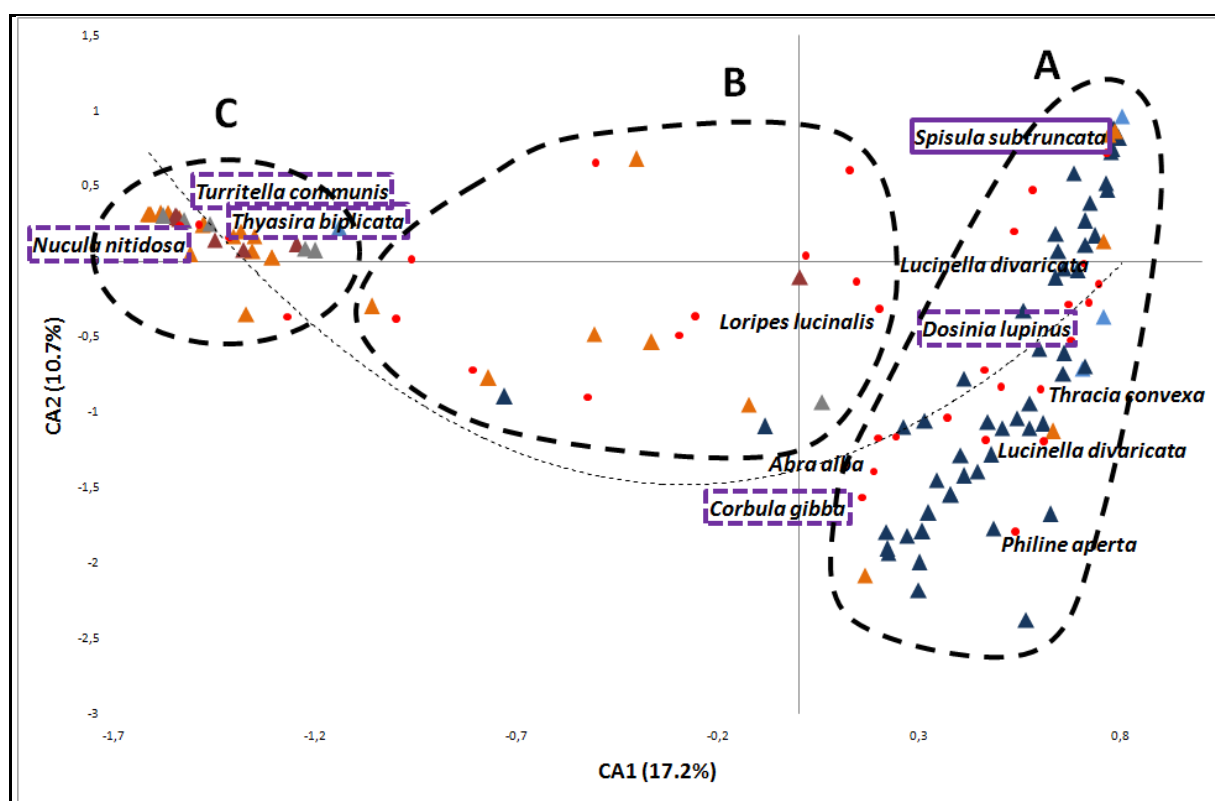


Fig. 62. Analisi strutturale della campagna di campionamento Solvay – Rosignano.

La specie dominante nel nucleo A è *Spisula subtruncata*, che nel caso in esame forma dense facies nelle quali altri elementi numericamente importanti sono *Corbula gibba* e *Dosinia lupinus*, oltre ad altre specie ad ecologia molto eterogenea (taxa limicoli, detriticoli e sabulicoli).

Il nucleo C è dominato da *Turrítella communis* e *Nucula nitidosa*, la cui presenza è stata citata in popolamenti sottoposti ad inquinamento organico e in zone a basso idrodinamismo

(KRÖNCKE & RACHOR, 1992). L'altra specie dominante del gruppo è *Thyasira biplicata*, tipica dello strato RPD e di sedimenti anossici e ipossici.

Bivalvi tipici dello strato RPD sono gli elementi dominanti anche della nube di punti intermedia fra i nuclei A e C (*Loripes lucinalis*).

Il nucleo A è riferibile ad un popolamento sabulicolo complesso, riferibile alla biocenosi SFBC, ma mancante dei molti elementi caratteristici tipici, sostituiti da taxa opportunisti o comunque tolleranti verso la presenza di inquinamento organico. Lo stesso si può dire del popolamento limicolo del nucleo C, riferibile alla biocenosi VTC ma mancante degli elementi caratteristici tipici, sostituiti da taxa tipici di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento e tolleranti verso la presenza di inquinamento organico.

In generale, l'area si mostra dominata da due popolamenti tipici, riferibili alla biocenosi SFBC e VTC, nei quali gli elementi tipici sono assenti o presenti con abbondanze trascurabili. Questi sono sostituiti da un popolamento a *Spisula* a livello delle sabbie e da un popolamento a *Nucula* sui fanghi, con forte carattere di destrutturazione della comunità. Il fattore principale sembra un importante input di materia organica che permette l'insediamento di facies di specie ad essa tolleranti (*Corbula gibba*, *Nucula nitidosa*, bivalvi dello strato RPD).

Approccio morfo-funzionale. L'ordinamento prodotto (Fig. 63) è coerente con quello ora descritto. Si noti in particolare la presenza degli stessi nuclei di aggregazione agli estremi del primo asse con una nube intermedia di punti che li rende contigui e non facilmente separabili.

Il morphotaxon dominante è DsTM (specie chiave: *Spisula subtruncata*), collocato all'estremo del polo positivo di CA1 e in opposizione lungo lo stesso asse con altri morphotaxa importanti numericamente e collocati al polo negativo.

Nel nucleo A è osservabile l'opposizione lungo CA2 fra lo stesso DsTM e il morphotaxon DsTH (specie chiave: *Corbula gibba*); l'altro morphotaxon numericamente importante del nucleo A è LmCM (Laminar & Circular & Medium; specie chiave: *Myrthea spinifera*, *Dosinia lupinus*), endobionti profondi dal trofismo variabile (filtratori, mixotrofici tipici dello strato RPD) e con diverse caratteristiche biocenotiche.

Nel nucleo C è osservabile la presenza di morphotaxa più marcatamente limicoli, tolleranti nei confronti di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento (LmTM e LmPeL). In particolare, il morphotaxon LmPeL (*Laminar & Paraellipsoidal and Light*; specie chiave: *Thyasira biplicata*) è rappresentato per lo più taxa tipici dello strato RPD.

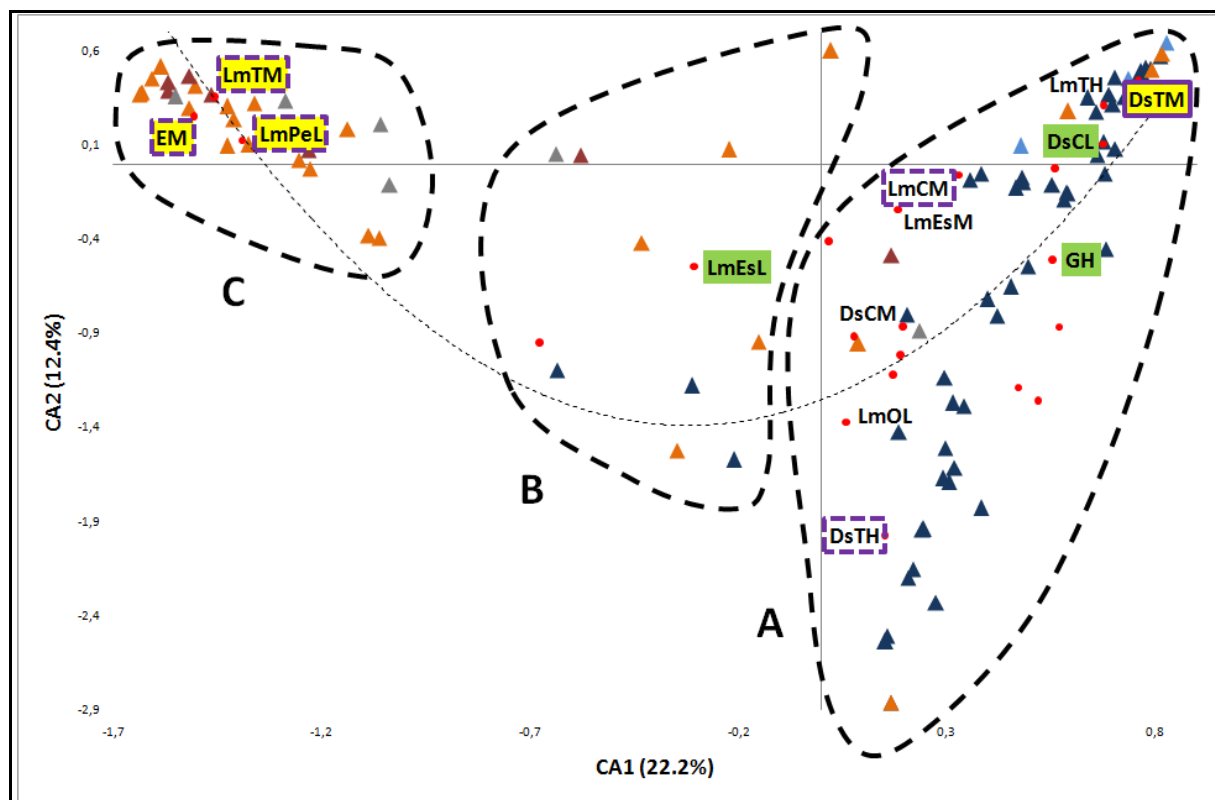


Fig. 63. Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento Solvay – Rosignano.

Il nucleo B di transizione è associato al morphotaxon LmEsL (specie chiave: *Phaxas adriaticus*), rappresentato da endobionti profondi detritivori, per lo più sabulicoli e tolleranti verso la presenza di elementi fini nel sedimento.

L'ISA indica come indicatori forti il morphotaxon DsTM per il nucleo A, e per il nucleo B tutti i morphotaxa associati. Gli indicatori deboli sono indicati per il nucleo A (DsCL e GH) e per il nucleo B (LmEsL).

In sintesi, l'ordinamento prodotto è del tutto sovrapponibile col precedente. È osservabile una comunità sabulicola profondamente modificata nei suoi elementi tipici e riconducibile alla biocenosi SFBC. A questo popolamento segue una estesa fascia di transizione con i popolamenti limicoli, dominata da una endofauna psammofila detritivora.

I popolamenti limicoli si caratterizzano per la presenza massiccia di gruppi funzionali adattati a tollerare condizioni prolungate di condizioni anossiche/ipossiche del sedimento. Sono riconoscibili degli elementi tipici della VTC, ma risultano “accompagnatori” dei gruppi funzionali ora citati.

Haven

Analisi strutturale. L'ordinamento (Fig. 64) vede l'opposizione lungo CA1 delle stazioni più superficiali (5 m) con quelle più profonde (30-40 m). Si noti la presenza alcune stazioni a batimetria diversa proiettate sul piano in posizioni eterogenee, soprattutto quelle relative alla batimetriche più superficiali (5-10 m).

La debole pendenza della curva parabolica indica tassi di ricambio delle specie molto bassi e deboli transizioni fra i popolamenti del campionamento, che tendono ad essere molto simili fra loro in termini strutturali. Non sono quindi presenti evidenti discontinuità; considerando tuttavia la proiezione dei punti-stazione, è possibile osservare una separazione fra deboli “sorgenti” di aggregazione a livello dell'origine degli assi.

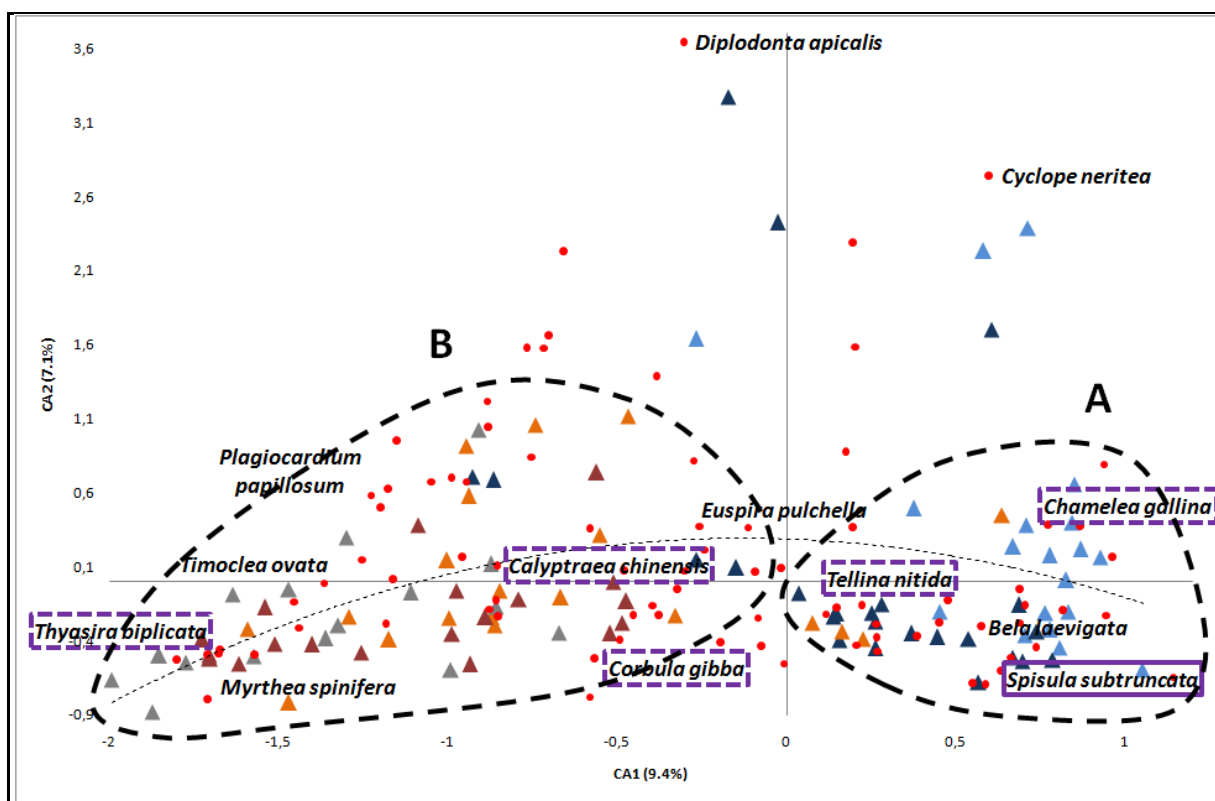


Fig. 64. Analisi strutturale della campagna di campionamento Haven.

Nel cluster A sono proiettate stazioni per lo più sulla batimetria 5-10 m, le cui specie dominanti sono *Spisula subtruncata* e *Chamelea gallina*, taxa sabulicoli e filtratori la prima delle quali è caratteristica della biocenosi SFBC insieme ad altre specie importanti proiettate in associazione (*Tellina nitida*).

Nel cluster B sono proiettate le stazioni più profonde le cui specie dominanti sono *Thysira biplicata* e *Corbula gibba*, tipiche di ambienti ad elevato arricchimento organico. La

proiezione baricentrica di *Corbula gibba* in un ordinamento a distribuzione continua, come questo che si sta descrivendo, è legato alla presenza ubiquitaria della specie (70% delle stazioni di campionamento), fatta eccezione per quelle sulla batimetrica dei 5 m.

Le altre specie numericamente importanti nel cluster B sono indicate come tipiche di ambienti ad elevato contenuto organico a livello del sedimento (*Myrthea spinifera*) e caratteristiche della biocenosi DC e, più in generale, di fondali detritici (*Plagiocardium papillosum*, *Timoclea ovata*, *Calyptraea chinensis*, *Euspira pulchella*).

Le stazioni extracluster collocate all'estremo positivo di CA2 sono associate a taxa tipici di ambienti anossici/ipossici, alcuni comuni a livello dello strato RPD. In particolare, *Cyclope neritea* è tipica di ambienti riparati con fondi ipossici e zolfo-riducenti all'interfaccia acqua/sedimento¹.

Il cluster A descrive un popolamento sabulicolo riconducibile alla biocenosi SFBC, dominato da poche specie tipiche di questi sedimenti. A tale popolamento è associato anche un gran numero di specie, delle quali alcune sono riconducibili alla SFBC stessa, mentre altre sono specie brucatrici, raramente rinvenibili sui fondi sabbiosi e sabbio-fangosi della SFBC, comuni nelle praterie di *Posidonia oceanica*. A questi si aggiungono anche alcuni taxa caratteristici di sedimenti fangosi con un elevato contenuto detritico.

Il cluster B descrive un popolamento riconducibile alla biocenosi DC, nel quale gli elementi dominanti sono tipici di ambienti ad elevato arricchimento organico (*Thyasira biplicata* e *Corbula gibba*). A questo cluster sono proiettate molte altre specie dall'autoecologia molto eterogenera, sia in termini di habitat che di trofismo.

In generale, l'area oggetto del campionamento Haven è interessata da un profondo abbassamento dei cenoclini fra diversi popolamenti, rafforzato dalla presenza di dense facies di *Spisula subtruncata*, *Corbula gibba* e *Thyasira biplicata*; soprattutto *C. gibba* interessa la fascia batimetrica più ampia (10-50 m).

È possibile osservare due aree debolmente separabili, riconducibile alla biocenosi SFBC e DC. Si nota inoltre la presenza di aree superficiali a regime idrodinamico particolarmente ridotto con presenza di condizioni anossiche/ipossiche sulla superficie del sedimento (stazioni extracluster associate a *Cyclope neritea*). In generale tutta l'area sembra sottoposta ad un arricchimento organico non comune, anche lungo le batimetriche più superficiali.

¹ Spesso questi tipi di ambienti si ritrovano nelle parti più protette dall'idrodinamismo, come i piccoli approdi.

Analisi morfo-funzionale. Nell'ordinamento prodotto (Fig. 65) è possibile osservare una nube ininterrotta di punti con un evidente andamento parabolico che vede l'opposizione fra stazioni superficiali e stazioni profonde. I punti sono meno dispersi rispetto all'ordinamento di Fig. 64 e la nube che li racchiude presenta una maggiore coerenza.

Le differenze ora descritte sono da correlare al minor numero di variabili utilizzate nella descrizione dell'ordinamento (30 morphotaxa vs. 84 taxa). La catalogazione in pochi morphotaxa ha permesso di normalizzare il rumore di fondo proveniente dalla presenza di numerose specie che occupano la stessa nicchia ecologica, come nel caso della campagna Haven.

Le deboli “sorgenti” di aggregazione dei punti, descritte nell'ordinamento precedente, sono ora proiettate nel nuovo ordinamento. A livello del nucleo A è osservabile con maggiore chiarezza una maggiore distinzione fra stazioni superficiali (5 m) e le più profonde (10-20 m). Le prime sono associate ai morphotaxa LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*) e LmEsH (specie chiave: *Paphia aurea*, *Donax semistriatus*) e quindi ha delle caratteristiche strutturali tipiche della biocenosi SFHN e misto SFHN/SFBC.

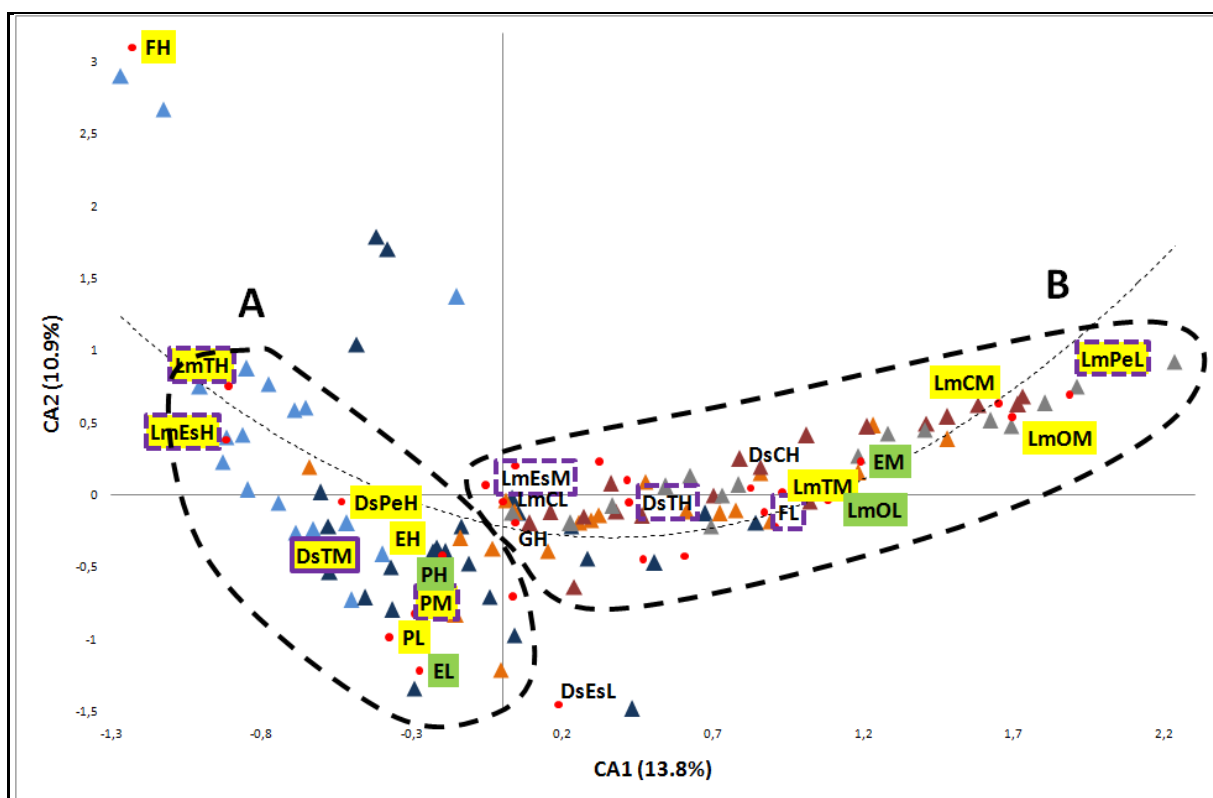


Fig. 65. Analisi morfo-funzionale della campagna di campionamento Haven.

Le stazioni a 10-20 m del nucleo A risultano associate ad un numero elevato di morphocluster alcuni dei quali sono di predatori, p.e. EH (specie chiave: *Bela nebula*), PH (specie chiave: *Nassarius incrassatus*, *Nassarius pygmaeus*). Per le sue caratteristiche strutturali queste stazioni sono riconducibili ad una biocenosi SFBC.

Il nucleo B presenta una maggiore separazione fra due gruppi di stazioni, differenziando una parte di stazioni dove prevalgono microbivalvi tipici dello strato RPD (LmPeL), da un'altra con caratteristiche molto più detriticole (anche per la presenza di morphotaxa tipici di substrati duri, come FL e BvL).

Le stazioni extracluster prossime al cluster A sono da riferire al popolamento a *Cyclope* prima descritto.

Come è rilevabile dalla Fig. 65, l'ISA indica un numero elevato di indicatori forti e deboli, sia per il gruppo A (comprensivo dei punti extra-nucleo) sia per il gruppo B.

In sintesi, l'approccio morfo-funzionale ha permesso di normalizzare un'analisi strutturale influenzata da un'informazione ridondante, rappresentata da specie diverse ma analoghe da un punto di vista funzionale (stessa nicchia ecologica). È inoltre ancor più evidente un notevole abbassamento degli ecotoni per la mancanza di reali discontinuità fra popolamenti dalla composizione ed origine complesse.

Questa si può riassumere in un popolamento sabulicolo con caratteristiche potenziali misto SFHN/SFBC e SFBC e in un popolamento detriticolo con caratteristiche potenziali DC. Agli estremi di questi popolamenti principali si nota la presenza del popolamento a *Cyclope* nelle stazioni più superficiali, mentre in quelle più profonde un popolamento a microbivalvi dello strato RPD.

Si parla di "caratteristiche potenziali" per il forte carico organico che interessa tutta l'area, descritto nell'analisi strutturale, e qui riassunto nella dominanza in ciascun popolamento di morphotaxa tipici di fondali sottoposti a condizioni anossiche e ipossiche e ad un elevato carico organico (p.e. LmPeL, DsTH).

15. *Tipologie ricorrenti lungo il gradiente costa-largo*

Vengono di seguito riassunti e descritti insieme i risultati ottenuti dalle campagne esaminate nel paragrafo precedente. In particolare, sono utilizzati i risultati ottenuti dall'ISA, combinando le caratterizzazioni biocenotiche ottenute tramite AC e gli indicatori forti individuati.

Le diverse tipologie ricorrenti ottenute sono separate seguendo il modello bionomico di PÉRÈS & PICARD (1964) e PICARD (1965) in popolamenti infralitorali superiori e inferiori e circolitorali, oltre ai relativi popolamenti di transizione.

Popolamenti dell'Infralitorale superiore

Alle profondità più superficiali (soprattutto fino a circa 5 m di profondità), è possibile rilevare diversi popolamenti prevalentemente sabulicoli e ad elevata energia idrodinamica, descrivibili come comunità fisicamente controllate e riferibili alla biocenosi SFHN. Le specie tipiche sono filtratori adattati a tollerare ingenti input di energia meccanica nel sistema.

La tipologia morfologica prevalente indicatrice di queste condizioni ambientali è il morphotaxon LmTL (*Laminar & Trigonal & Light*; specie chiave: *Lentidium mediterraneum*), eventualmente in associazione con la forma LmEsH (*Laminar & Ellipsoidal & Heavy*; specie chiave: *Donax semistriatus*, *Paphia aurea*) alle maggiori profondità (Orel & Fresi, Fig. 47; Albertelli & Bedulli, Fig. 51).

La caratteristica principale delle conchiglie LmTL è la loro forma triangolare. Essa sembra rappresentare un vantaggio evolutivo in fondali sottoposti a input di energia meccanica nel sistema in quanto presenta un'efficienza maggiore nel ristabilire la posizione di equilibrio dopo un evento di dislocazione nel sedimento. La consistenza minima della conchiglia è un risparmio energetico in un ambiente dove i possibili predatori scarseggiano (su fondo mobile per lo più endobionti superficiali o epibionti), come quello tipico degli orizzonti più superficiali dell'infralitorale superiore.

Alle profondità maggiori, la forma LmTL è accompagnata dal morphotaxon LmEsH, le cui caratteristiche principali sono la forma cuneiforme (descritta dalle variabili morfologiche Lm ed Es) e l'elevato spessore. La prima conferisce all'animale una maggiore efficienza nella penetrazione del sedimento grossolano tipico dell'infralitorale superiore, mentre l'elevato spessore è una difesa nei confronti di possibili predatori, più frequenti alle profondità tipiche del morphotaxon.

Oltre a questa descrizione “tradizionale” della biocenosi SFHN, reperita laddove il campionamento avesse interessato le profondità più superficiali, è stato possibile rilevare la presenza di aspetti diversi della stessa biocenosi SFHN, attribuibili ad un importante carico organico nella colonna d’acqua. Questo è il popolamento a *Cyclope*, la cui tipologia morfologica ricorrente è il morphotaxon FH (*Flattened & Heavy*; specie chiave: *Cyclope neritea*) (Haven, Fig. 65).

Popolamento dell’Infralitorale inferiore

Al popolamento fisicamente controllato del SFHN, ne segue un altro, più esteso da un punto di vista batimetrico (generalmente 5-15 m), tollerante nei confronti di una debole componente pelitica nel sedimento e a bassa energia idrodinamica, riconducibile alla biocenosi SFBC.

Le tipologie morfologiche ricorrenti sono svariate e non necessariamente associate fra loro in maniera costante. Esse testimoniano l’elevato livello di strutturazione di cui tale comunità è caratterizzata, con diversi comparti biotici sovrapposti e legati fra loro: epibionti filtratori e predatori/necrofagi; endobionti superficiali predatori, filtratori e detritivori; endobionti profondi detritivori; endobionti dello strato RPD. A questi si aggiungono tutta una serie di endobionti commensali ed ectoparassiti dell’endofauna profonda e superficiale.

La presenza di un’importante componente trofica dei livelli superiori (predatori, necrofagi, ectoparassiti e commensali) porta a considerare questa comunità biologicamente controllata per l’importante ruolo regolatorio che i suddetti gruppi trofici hanno nel determinare la struttura dei comparti biotici inferiori (in particolare, filtratori e detritivori).

Risultano come indicatori forti diversi morphotaxa di predatori, necrofagi e commensali/ectoparassiti, quali GM (*Globose & Medium*; specie chiave: *Nassarius mutabilis*) (Orel, Fig. 39; Albertelli & Bedulli, Fig. 51), EL (*Elongated & Light*; specie chiave: *Eulima glabra*) (Molise, Fig. 55), EH (*Elongated & Heavy*; specie chiave: *Bela nebula*, *Aporrhais pespelacani*) (Giulianova-Pescara, Fig. 57). Essi non risultano necessariamente legati fra loro e ciò porta ad ipotizzare l’esistenza di più aspetti della stessa comunità, non sufficientemente spiegati in letteratura. Meno frequente è il caso di morphotaxa associati a bivalvi detritivori e filtratori come indicatori forti, come è il caso del Molise con la tipologia LmEsM (Fig. 55).

Aspetto a maggiore idrodinamismo. Spesso è stato rinvenuto anche un aspetto a maggiore idrodinamismo, da considerare come transizione SFHN/SFBC nel quale la tipologia prevalente è il solo morphotaxon LmEsH (*Laminar & Ellipsoidal & Heavy*; specie chiave:

Paphia aurea; *Donax semistriatus*) (Molise, Fig. 55; Haven, Fig. 65), accompagnato dal morphotaxon LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*).

Quest'ultimo è stato osservato nella gran parte dei popolamenti e risulta una costante dei popolamenti dell'infralitorale superiore ed inferiore (Vatova, Fig. 37; Orel, Fig. 39; Albertelli & Bedulli, Fig. 51; Molise, Fig. 55; Giulianova-Pescara, Fig. 57; Haven, Fig. 65).

In questo caso ci si trova di fronte a gruppi funzionali tipicamente adattati ad ambienti ad elevata energia idrodinamica, con livelli prossimi a quelli tipici della biocenosi SFHN, dominio esclusivo dei filtratori.

Inoltre, questo aspetto, insieme ai popolamenti dell'Infralitorale superiore mostrano spesso una chiara discontinuità con gli elementi dell'infralitorale inferiore, pur condividendone diversi tratti funzionali (Orel & Fresi, Fig. 47; Molise, Fig. 55; in parte, Haven, Fig. 55). Tale discontinuità è riferibile alla discontinuità superficiale di FRESI & CINELLI (1982).

Aspetti dello strato RPD. All'interno dei popolamenti tipici dell'Infralitorale superiore, è necessario ricordare la presenza di uno strato RPD, dominato da macro- e microbivalvi mixotrofici, che contraggono simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi zolfo-ossidanti. Ciò permette a queste specie di sopravvivere per prolungati periodi di tempo in condizioni di anossia/ipossia nello spessore del sedimento.

Il ritrovamento di questi bivalvi endobionti profondi è anche funzione dell'efficienza dello strumento di prelievo nel penetrare negli strati sabbiosi più profondi, ma le analisi precedenti ne hanno spesso testimoniato la presenza.

Molti sono i morphotaxa che includono in maniera quasi esclusiva le specie dello strato RPD e la tipologia DsCL (Dome-shaped & Circular & Light; specie chiave: *Lucinella divaricata*) risulta talvolta indicatore forte per le condizioni ambientali tipiche dello strato RPD caratteristico della biocenosi SFBC (Giulianova-Pescara, Fig. 57; Solvay-Condotta: Fig. 61).

Di particolare interesse è quando tale morphotaxon non risulta accompagnato dai morphotaxa predatori prima elencati, come è il caso del campionamento Solvay-Condotta (Fig. 61). Ciò fa ipotizzare uno strato RPD prossimo all'interfaccia acqua/sedimento, probabilmente a causa di un elevato carico trofico lungo la colonna d'acqua e ad una rarefazione del popolamento detritivoro endobionte profondo tipico della biocenosi SFBC. Ciò determina la scomparsa dei predatori tipici della SFBC.

Popolamento a *Spisula*. Di particolare interesse è il ritrovamento di diversi popolamenti a *Spisula subtruncata*, sempre riconducibili alla biocenosi SFBC, di cui la specie citata è considerata specie caratteristica esclusiva (Orel & Fresi, Fig. 45; Giulianova-Pescara, Fig. 56; Solvay-Rosignano, Fig. 63; Haven, Fig. 65).

Spisula subtruncata forma spesso facies molto dense alle maggiori profondità dell'infralitorale inferiore e le stazioni associate ad esse risultano spesso facilmente separabili sul piano delimitato dai primi due assi fattoriali da quelle riconducibili ad una tipica SFBC o SFHN/SFBC. Nelle relative analisi morfo-funzionali la specie è inclusa nel morphotaxon DsTM (*Dome-shaped & Trigonal & Medium*) di cui è specie chiave insieme a *Timoclea ovata*.

Le caratteristiche principali di questo morphotaxon, rappresentato da specie endobionti filtratrici, sono la forma arrotondata della spira e la curva generatrice triangolare, sovrapponibile a quelle dei morphotaxa già discussi LmTL (specie chiave: *Lentidium mediterraneum*) e LmTH (specie chiave: *Chamelea gallina*).

La forma arrotondata della spira è un vantaggio evolutivo nei confronti di possibili predatori per i quali risulta più semplice la cattura/frantumazione di un nicchio con spira sottile che arrotondata. Il contorno triangolare è tipico, come già detto, di specie tolleranti nei confronti di input di energia meccanica nel sistema fisico. Questi possono naturalmente avere un'origine naturale o antropica.

Solo nel caso della campagna Solvay-Rosignano (Fig. 63), il morphotaxon DsTM è riconosciuto come indicatore forte. In Giulianova-Pescara (Fig. 56) sono riconosciuti altri indicatori forti nei morphotaxa CyL (*Cylindrical & Light*; specie chiave: *Cylichna cylindracea*), EL (*Elongated & Light*; specie chiave: *Eulima glabra*) e DsTH (*Dome-shaped & Trigonal & Heavy*; specie chiave: *Corbula gibba*). Nel caso del campionamento Haven, i descrittori forti individuati sono quelli tipici della SFBC.

Il morphotaxon CyL è rappresentato da microgasteropodi predatori endobionti misticoli, mentre il morphotaxon DsTH è rappresentato dalla sola *Corbula gibba*, specie frequente su tutti i tipi di sedimenti misti. Da un punto di vista funzionale, questo aspetto è quindi del tutto riconducibile a quello di una tipica SFBC, tranne per alcuni caratteri maggiormente misticoli.

Popolamenti del Circalitorale

Col Piano Circalitorale si assiste alla transizione da una sedimentazione fine trascurabile ad una prevalentemente pelitica. Le comunità malacologiche diventano progressivamente sempre più rarefatte, con un basso numero di specie e con un limitato numero di gruppi trofici.

In linea generale, le comunità malacologiche circalitorali sono biologicamente controllate e a basso livello di strutturazione, costituite per lo più da endobionti superficiali detritivori ed endobionti profondi detritivori e limivori. A questi si aggiunge l'importante frazione degli endobionti profondi del RPD, più elevato nello spessore del sedimento rispetto a quanto si osserva nel Piano Infralitorale.

Le tipologie ricorrenti riscontrate sono diverse e molto eterogenee fra loro, e permettono soprattutto di connotare i rispettivi popolamenti in termini di contenuto in detrito e contenuto in materia organica. Fra i diversi indicatori forti individuati, da citare preliminarmente il morphotaxon LmTM (*Laminar & Trigonal & Medium*; specie chiave: *Nucula nucleus*, *Nucula distorta*), rappresentato da bivalvi limicoli endobionti profondi e limivori, ubiquitario negli ordinamenti considerati e non associato ad aspetti a maggiore contenuto detriticolo od organico (Albertelli & Bedulli, Fig. 51; Giulianova-Pescara, Fig. 57; Solvay-Rosignano, Fig. 63; Haven, Fig. 65).

La gran parte dei popolamenti descritti con le analisi strutturali è riferibile alla biocenosi VTC oppure, con una risoluzione migliore, ad aspetti di transizione del tipo VTC/DC. Alle maggiori profondità si assiste alla dominanza di microgasteropodi dall'autoecologia imperfettamente conosciuta, spesso commensali o ectoparassiti della ricca fauna ad invertebrati tubicoli. La loro identità biocenotica non è nota e spesso la fisionomia strutturale del popolamento è tale da sovrapporsi con elementi del più profondo Piano Batiale.

Nelle analisi precedentemente descritte è possibile osservare due aspetti principali delle comunità VTC. Il primo rappresenta un aspetto maggiormente detriticolo, legato probabilmente ad apporti terrigeni grossolani oppure ad aspetti di maggiore idrodinamismo; questo aspetto può essere legato ad una fascia di transizione VTC/DC e sembra maggiormente riferibile alla tipica biocenosi VTC descritta da PÉRÈS & PICARD (1964) e PICARD (1965) (Orel, Fig. 39; Crema, Fig. 43; Molise, Fig. 53; Giulianova-Pescara, Fig. 57; Secche di Tor Paterno, Fig. 59). Il secondo rappresenta un aspetto maggiormente infangato e con un carico organico maggiore a livello dell'interfaccia acqua/sedimento (Crema, Fig. 43; Albertelli & Bedulli, Fig. 51; Secche di Tor Paterno, Fig. 59; Solvay-Condotta, Fig. 61; Solvay-Rosignano, Fig. 63).

Solo nel caso della campagna Haven (Fig. 65) si incontra una comunità riferibile alla biocenosi DC. In considerazione della limitatezza del dato, non vengono fornite ulteriori informazioni su possibili indicatori forti relativi alle condizioni ambientali tipiche di questi popolamenti.

Aspetto detriticolo della VTC. I risultati dell'ISA riconoscono come possibili indicatori forti i seguenti morphotaxa:

- PL (*Pupoid & Light*; specie chiave: *Hyala vitrea*) (Crema, Fig. 43; Giulianova-Pescara, Fig. 57);
- LmOL (*Laminar & Oval & Light*; specie chiave: *Mysella bidentata*) (Crema, Fig. 43; Molise, Fig. 55);
- DsCH (*Dome-shaped & Circular & Heavy*; specie chiave: *Plagiocardium papillosum*) (Secche di Tor Paterno, Fig. 59);
- FL (*Flat & Light*; specie chiave: *Calyptraea chinensis*) (Secche di Tor Paterno, Fig. 59).

Il morphotaxon PL è rappresentato da microgasteropodi alcuni dei quali ectoparassiti e/o commensali. Mancano le necessarie informazioni di natura autoecologica sulla gran parte delle specie incluse in esso, alcune delle quali molto rare. La caratteristica principale è la conchiglia estremamente sottile, in relazione a un basso tasso di predazione. È ipotizzabile che ciò sia in relazione alla protezione fornita dall'ospite oppure da microanfratti tipici del detrito inorganico. Considerando le informazioni relative a specie note (Pyramidellidae, Iravadidae, ecc.), la loro presenza è legata alla disponibilità di possibili ospiti (per lo più, endobionti tubicoli) nello spessore del sedimento.

Il morphotaxon LmOL include bivalvi endobionti detritivori e commensali per lo più legati a sedimenti con componente pelitica dominante. Le principali caratteristiche morfologiche sono la forma ovale della curva generatrice, utile alla stabilizzazione dell'animale sul o nello spessore del sedimento, e la conchiglia sottile. In questo caso, l'animale riceve protezione dai microanfratti nei quale vive o dal suo ospite.

Il morphotaxon DsCH include bivalve filtratori endobionti superficiali. La loro principale caratteristica è l'elevato spessore della conchiglia e la forma sferoidale della conchiglia, entrambi utili come difesa nei confronti di possibili predatori. La loro presenza è legata alla presenza di particelle organiche in sospensione, utilizzate come risorsa trofica; sono quindi

caratteristici di fondali ad elevato tasso di sedimentazione pelitica, dove l'idrodinamismo è tale da permettere la presenza di materiale in sospensione.

Il morphotaxon FL è correlato a gasteropodi filtratori specializzati, comuni in fondali dove è disponibile una cospicua frazione di tanatocenosi (resti inorganici di animali, come conchiglie vuote) sui quali aderiscono.

Aspetto a maggior contenuto organico. I risultati dell'ISA riconoscono come possibili indicatori forti i seguenti morphotaxa:

- LmPeL (*Laminar & Paraellipsoidal & Light*; specie chiave: *Thyasira biplicata*) (Solvay-Condotta, Fig. 61; Solvay-Rosignano, Fig. 63).
- EM (*Elongated & Medium*; specie chiave: *Turritella communis*) (Solvay-Condotta, Fig. 61; Solvay-Rosignano, Fig. 63).

Il morphotaxon LmPeL include bivalvi endobionti profondi dello strato RPD; essi contraggono simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autotrofi zolfo-ossidanti negli strati più profondi del sedimento. Grazie a tale caratteristica sono in grado di tollerare condizioni anossiche/ipossiche prolungate nello spessore del sedimento. La loro presenza è costante nelle peliti, dove la concentrazione di ossigeno decresce in misura ragguardevole già nei primi centimetri.

Il morphotaxon EM è rappresentato da gasteropodi endobionti detritivori e limivori con una spiccata preferenza verso i sedimenti pelitici. La loro presenza è legata alla quantità di detrito organico reperibile sulla superficie del sedimento o nel suo spessore. La principale caratteristica morfologica è la spira allungata, utile allo spostamento nel sedimento alla ricerca di nuova risorsa trofica.

Popolamento a *Corbula*. Merita sicuramente una particolare citazione *Corbula gibba* e le dense facies che essa forma su sedimenti misti, per lo più a carattere pelitico, spesso descritti in letteratura come "Popolamenti a *Corbula*". Il morphotaxon monospecifico corrispondente è DsTH (*Dome-shaped & Trigonal & Heavy*).

Negli ordinamenti descritti tale popolamento è univerticillato ed installato soprattutto negli orizzonti di transizione fra i Piani Infralitorale e Circalitorale (Vatova, Fig. 37; Orel, Fig. 39; Giulianova-Pescara, Fig. 57; Solvay-Rosignano, Fig. 63; Haven, Fig. 65), spesso con densità tali da generare profonde distorsioni nelle analisi (Crema, Fig. 42; Orel & Fresi, Fig. 46; Albertelli & Bedulli, Fig. 50; Molise, Fig. 54).

Già si è detto riguardo alle peculiarità morfologiche di questa specie, che rappresenta una reale discontinuità nel panorama malacologico dei molluschi costieri italiani (v. § 12. *Descrittori morfologici: identificazione dei morphotaxa - Eccezioni nella identificazione dei morphotaxa*; Pagg. 92-93), e alla sua autoecologia (v. § 11. *Analisi descrittiva del data set malacologico: specie*; Pag. 79).

Il significato ecologico di questi popolamenti deve essere ancora chiarito e la recente bibliografia aiuta semplicemente a riassumere quanto noto in letteratura (HRS-BRENKO, 2006). In questa sede si vuole porre in evidenza le caratteristiche morfologiche principali, quali:

- forma sferoidale, estrema inequilateralità, elevato spessore (adattamenti utili per contrastare possibili eventi di predazione);
- forma triangolare della curva generatrice.

Quest'ultima risulta particolarmente interessante e, come già detto più volte, è un adattamento utile a ristabilire la posizione di equilibrio nello spessore del sedimento dopo eventuali eventi di dislocazione. Tale caratteristica è condivisa con altri morphotaxa tipici di fasce batimetriche “critiche”, come ambienti sottoposti ad elevato idrodinamismo tipici delle biocenosi SFHN e SFHN/SFBC (LmTL, LmTH) o di transizione fra sedimentazione sabbiosa e pelitica tipici degli orizzonti profondi della SFBC (popolamento a *Spisula*, DsTM).

A tali caratteristiche si aggiunge un'elevata tolleranza nei confronti di prolungate condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento, tipiche in condizioni di notevole apporto organico.

Al momento non è stato possibile individuare DsTH come indicatore forte per una qualche caratteristica ambientale. La ragione principale è l'ubiquitarietà di *Corbula gibba*, assente solo nelle stazioni più superficiali con sedimento prevalentemente sabbioso. Un'altra ragione risiede nelle comuni distorsioni che le sue elevate densità produce negli ordinamenti considerati, le quali hanno l'effetto di “mascherare” la reale zonazione della malacofauna lungo il gradiente costa-largo.

In sintesi, si può dire che la presenza di *Corbula gibba* e del suo morphotaxon DsTH non traduce una risposta biotica della comunità, ma piuttosto risponde alle esigenze della specie, peraltro ancora non chiarite e meritevoli di essere approfondite.

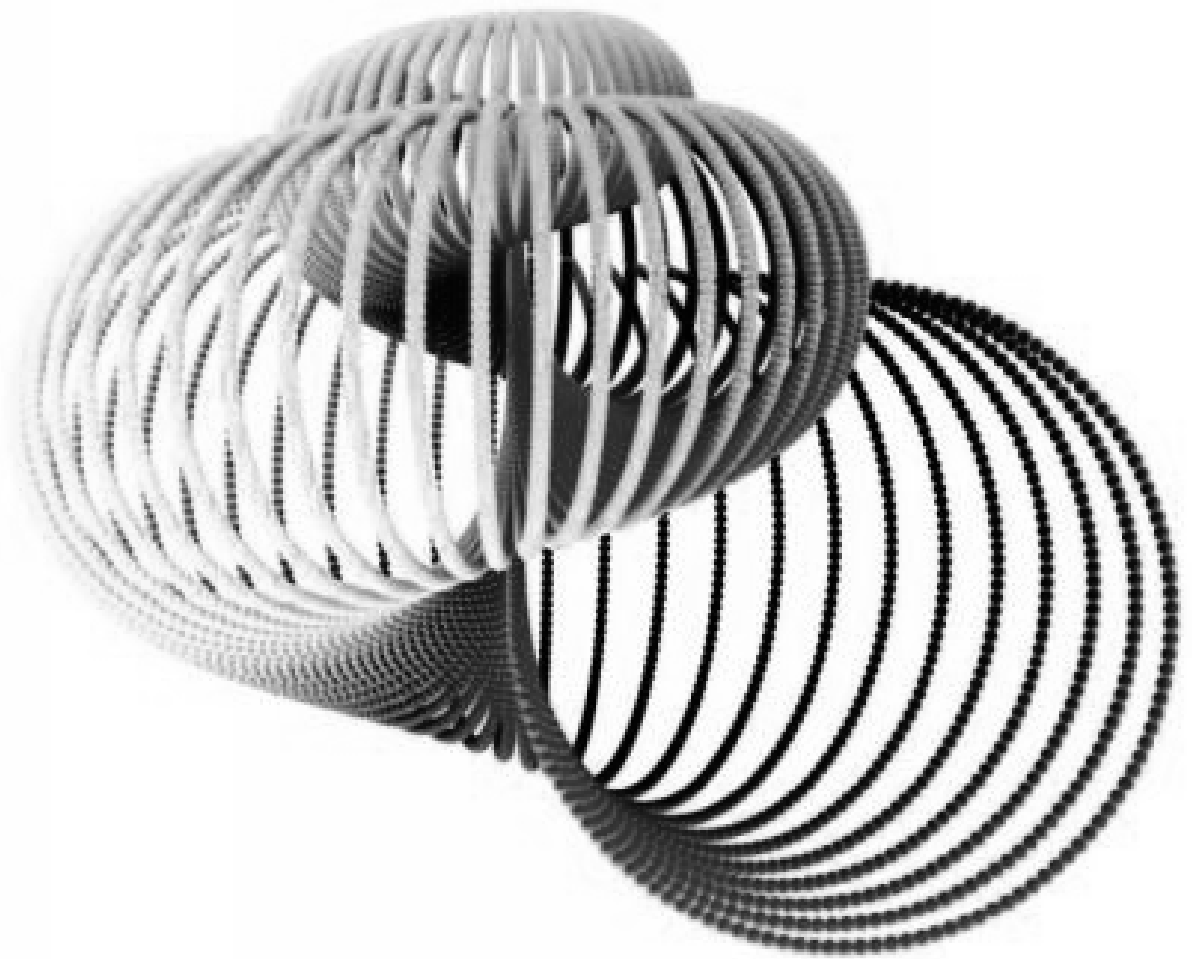
Di seguito si fornisce una tabella riassuntiva delle proprietà emergenti dei morphotaxa così come ora descritte (Tab. 12).

Tipologia ricorrente	Proprietà emergente
LmTL	Forma tipica dei livelli più superficiali dell'infralitorale sabbioso, indicatrice di comunità a basso livello di strutturazione insediate in ambienti fisicamente controllati riferibili alla biocenosi SFHN.
LmEsH	Forma indicatrice di comunità stenopsammiche, fisicamente controllate e a basso livello di strutturazione, riferibili alla biocenosi SFHN e nelle sue forme di transizione con la SFBC.
FH	Forma tipica di gasteropodi comuni su fondi ipossici e riducenti, forte indicatore del popolamento a <i>Cyclope</i> , sempre riferibile alla biocenosi SFHN.
LmTH	Forma tipica di fondi sabbiosi ad elevato idrodinamismo. Si rinviene in comunità riferibili alle biocenosi SFBC e SFHN (Piano infralitorale).
EH	Forme predatrici indicatrici di comunità riferibili alla biocenosi SFBC, a livello elevato di strutturazione.
EL	Forma legata a taxa dell'endofauna di fondi sabbiosi e rappresentata per lo più da ectoparassiti, indicatore forte per le comunità SFBC.
GM	Forma legata a taxa predatori e necrofagi, indicatore forte per le comunità riferibili alla biocenosi SFBC.
DsCL	Forma tipica di comunità sabulicole riferibili alla SFBC, indicatrice di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento. Prevalente in fondali ad elevato contenuto organico.
LmTM	Forma indicatrice di fondi pelitici del Circalitorale, che include taxa endobionti profondi limivori tolleranti verso la presenza di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento, frequenti nei fondali più profondi.
FL	Forma legata alla presenza di detrito grossolano nel sedimento (tanatocenosi), indicata come indicatore forte per l'aspetto detriticolo della biocenosi VTC.
DsCH	Morphotaxon rappresentato da taxa filtratori endobionti superficiali, indicato come indicatore forte per l'aspetto detriticolo della biocenosi VTC.
LmOL	Forma tipica di fondi pelitici con una notevole quantità di detrito inorganico, in comunità riferibili all'aspetto detriticolo della biocenosi VTC.
PL	Forma tipica di microgasteropodi ectoparassiti o commensali in ambienti a basso idrodinamismo, comuni sui fondi pelitici più profondi. La loro presenza è legata alla disponibilità di una ricca endofauna rappresentata da invertebrati tubicoli. Indicatore forte per l'aspetto detriticolo della biocenosi VTC.
EM	Forma tipica di gasteropodi endobionti detritivori e limicoli, indicatori forti dell'aspetto ad elevato contenuto organico della biocenosi VTC.
LmPeL	Forma comune su fondi pelitici, tipica di baivalvi dello strato RPD, tolleranti verso la presenza di condizioni anossiche/ipossiche nel sedimento. Indicatore forte nell'aspetto ad elevato contenuto organico della biocenosi VTC.

Tab. 12. Tabella riassuntiva delle tipologie ricorrenti.

Parte VI

Conclusioni



Le conclusioni che emergono da questo lavoro mostrano che la tipica zonazione del malacobenthos di fondo mobile lungo il gradiente idrodinamico costa-largo può essere descritta attraverso variabili morfologiche alternative.

Queste nascono dalla comparazione della forma della conchiglia di ciascuna specie e dall'utilizzo dei modelli geometrici disponibili in letteratura, dalla cui combinazione è stato possibile individuare diverse categorie morfologiche (**morphotaxa**) trasversali alle tradizionali categorie tassonomiche (da quelle più basse come la specie a quelle più elevate come la classe), con la finalità di rappresentare aspetti diversi delle funzioni ecologiche all'interno delle comunità e quindi dell'ecosistema.

La valutazione della coerenza tra forma e habitat, ottenuta sia tramite metodo descrittivo sia tramite la comparazione dei risultati ottenuti nell'approccio sinecologico classico (analisi sulle specie o analisi strutturale) e nell'approccio morfo-funzionale (analisi sui morphotaxa tramite AC e ISA), ha permesso il riconoscimento di **tipologie morfologiche ricorrenti lungo il gradiente costa-largo**, come di seguito sinteticamente descritte.

Nell'infralitorale superiore, è installata una comunità di filtratori fisicamente controllata, tipicamente sabulicola e ad elevata energia idrodinamica, riferibile alla biocenosi SFHN. La tipologia morfologica prevalente è il morphotaxon LmTL (*Laminar & Trigonal & Light*; specie chiave: *Lentidium mediterraneum*), eventualmente in associazione con LmEsH (*Laminar & Ellipsoidal & Heavy*; specie chiave: *Donax semistriatus*, *Paphia aurea*). Laddove il campionamento avesse interessato zone con un importante carico organico, è stato possibile rilevare la presenza di un aspetto specializzato della stessa biocenosi SFHN, detto popolamento a *Cyclope*, la cui tipologia morfologica ricorrente è il morphotaxon FH (*Flattened & Heavy*; specie chiave: *Cyclope neritea*).

Per quanto riguarda l'Infralitorale inferiore, la comunità prevalente è un tipico popolamento riferibile alla biocenosi SFBC, tollerante nei confronti di una debole componente pelitica nel sedimento e a media energia idrodinamica.

Le tipologie morfologiche ricorrenti appartengono ai diversi gruppi funzionali tipici del benthos marino, testimoniando l'elevato livello di strutturazione di cui tale comunità è caratterizzata. In particolare, la presenza di un'importante componente trofica dei livelli superiori (predatori, necrofagi, ectoparassiti e commensali) porta a considerare questa comunità biologicamente controllata per l'importante ruolo regolatorio che i suddetti gruppi

trofici hanno nel determinare la struttura dei comparti biotici inferiori (in particolare, filtratori e detritivori).

Le tipologie ricorrenti individuate sono alcuni morphotaxa di predatori, necrofagi e commensali/ectoparassiti, quali:

- GM (*Globose & Medium*; specie chiave: *Nassarius mutabilis*);
- EL (*Elongated & Light*; specie chiave: *Eulima glabra*);
- EH (*Elongated & Heavy*; specie chiave: *Bela nebula*, *Aporrhais pespelacani*).

All'interno di questa comunità è stato possibile individuare un aspetto a maggiore idrodinamismo (transizione SFHN/SFBC) nel quale la tipologia prevalente è il già citato LmEsH (*Laminar & Ellipsoidal & Heavy*; specie chiave: *Paphia aurea*, *Donax semistriatus*), accompagnato dal morphotaxon LmTH (*Laminar & Trigonal & Heavy*; specie chiave: *Chamelea gallina*).

Un ulteriore aspetto è riferibile allo strato RPD, dominato da macro- e microbivalvi mixotrofici, che contraggono simbiosi mutualistiche con batteri chemo-autototrofi zolfo-ossidanti, tolleranti a condizioni prolungate di anossia/ipossia nello spessore del sedimento. In questo caso la tipologia prevalente è il morphotaxon DsCL (*Dome-shaped & Circular & Light*; specie chiave: *Lucinella divaricata*). Laddove esso risulti dominante od esclusivo rispetto ai morphotaxa predatori, si può ipotizzare un elevato carico trofico lungo la colonna d'acqua.

Per quanto riguarda il Piano Circalitorale, si assiste al passaggio verso comunità malacologiche circalitorali biologicamente controllate e a basso livello di strutturazione, costituite per lo più da endobionti superficiali e profondi, detritivori e limivori. A questi si aggiunge l'importante frazione degli endobionti profondi del RPD, più elevato nello spessore del sedimento rispetto a quanto si osserva nel Piano Infralitorale. La gran parte dei popolamenti descritti con le analisi strutturali è riferibile alla biocenosi VTC oppure, con una risoluzione migliore, ad aspetti di transizione del tipo VTC/DC.

Le tipologie ricorrenti riscontrate permettono di connotare i rispettivi popolamenti in termini di contenuto in detrito e contenuto in materia organica. Fra le tipologie ricorrenti individuate, si cita il morphotaxon LmTM (*Laminar & Trigonal & Medium*; specie chiave: *Nucula nucleus*, *Nucula distorta*), rappresentato da bivalvi limicoli endobionti profondi e limivori, ubiquitario nelle comunità circalitorali esaminate.

Per quanto riguarda l'aspetto maggiormente detritico, legato probabilmente ad apporti terrigeni grossolani oppure ad aspetti di maggiore idrodinamismo, sono state individuate le seguenti tipologie ricorrenti:

- PL (*Pupoid & Light*; specie chiave: *Hyala vitrea*);
- LmOL (*Laminar & Oval & Light*; specie chiave: *Mysella bidentata*);
- DsCH (*Dome-shaped & Circular & Heavy*; specie chiave: *Plagiocardium papillosum*);
- FL (*Flat & Light*; specie chiave: *Calyptraea chinensis*).

Per quanto riguarda l'aspetto a maggiore carico organico, sono state individuate le seguenti tipologie ricorrenti:

- LmPeL (*Laminar & Paraellipsoidal & Light*; specie chiave: *Thyasira biplicata*);
- EM (*Elongated & Medium*; specie chiave: *Turritella communis*).

Fra le diverse variabili morfologiche utilizzate, è stata inoltre individuata come particolarmente interessante la **curva generatrice triangolare**, verificata nel data set in esame per i bivalvi e coincidente con la curva disegnata dai margini di ciascuna valva.

Essa risulta un adattamento utile a ristabilire la posizione di equilibrio nello spessore del sedimento dopo eventuali eventi di dislocazione, per esempio un tentativo di predazione oppure un input di energia meccanica nel regime idrodinamico.

Dall'esame delle caratteristiche morfologiche di ciascun morphotaxon, tale caratteristica è condivisa fra diverse forme tipiche di fasce batimetriche "critiche":

- ambienti sottoposti ad elevato idrodinamismo tipici delle biocenosi SFHN e SFHN/SFBC (LmTL, LmTH);
- ambienti di transizione fra sedimentazione sabbiosa e pelitica tipici degli orizzonti profondi della SFBC (popolamento a *Spisula* e il suo morphotaxon dominante DsTM);
- ambienti di transizione fra popolamenti sabulicoli e popolamenti limicoli (misto SFBC/VTC), anche con un'importante frazione detritica, nei quali prevale in modo pressoché ubiquitario il morphotaxon DsTH (*Dome-shaped & Trigonal & Heavy*; specie chiave: *Corbula gibba*).

Risulta quindi che l'analisi morfologica della conchiglia e la sua variazione fra i taxa può rappresentare un strumento utile per l'identificazione di variazioni nelle condizioni ambientali

e la valutazione dello stato ecologico di un ecosistema. Su tale tipo di approccio morfo-funzionale è possibile quindi definire una procedura alternativa per la valutazione dell'assetto delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile attraverso il riconoscimento di tipologie morfologiche ricorrenti.

Le conclusioni ora sintetizzate sono sintetizzate in un **data set preliminare** di dati relativi ai tratti morfologico-funzionali dei Molluschi marini di fondo mobile, da considerare come uno strumento analitico la cui finalità è la valutazione e la realizzazione di una metodologia basata su descrittori alternativi a quello tassonomico-sistematico, impiegabile nell'ambito del monitoraggio biologico e quindi nella valutazione dello stato ecologico dell'ecosistema marino.

Naturalmente si vuole riconoscere il carattere sperimentale dell'approccio morfo-funzionale di cui si sono presentate le conclusioni. I morphotaxa individuati hanno la finalità di descrivere le variazioni morfologiche delle specie presenti nel data set considerato e non vogliono essere esaustivi della variabilità morfologica del syntaxon a Molluschi.

Una individuazione completa almeno dei molluschi marino-costieri italiani comporterebbe l'analisi delle forme su altri tipi di substrati o in altri ambienti non rappresentati nel data set in esame (p.e., substrati duri, praterie di fanerogame marine, ecc.) il cui ritrovamento in questa ricerca è da considerare del tutto accidentale e trascurabile da un punto di vista quantitativo.

È inoltre auspicabile un esame dettagliato di alcune variabili morfologiche particolarmente complesse da inquadrare in classi rigide. Il riferimento è soprattutto alla forma della curva generatrice, sia per i bivalvi che per i gasteropodi, la quale può andare incontro a modificazioni complesse non facilmente descrivibili da un punto di vista geometrico.

Ciò si inserisce anche nell'ottica di esaminare con maggiore chiarezza la forma triangolare della curva generatrice, la quale sembra tradurre una risposta biotica all'ambiente non pienamente compresa, come si evince dall'esame della letteratura scientifica.

Bibliografia

AGERSBORG H.P.K. (1929). Factors in the evolution of the Prosobranchiate Molluscs *Thais lapillus*. *The Nautilus* 43: 45-49.

ALLER R.C. (1983). The importance of the diffusive permeability of animal burrow linings in determining marine sediment chemistry. *Journal of Marine Research* 41: 299-322.

ALZIEU C.; SANJUAN J.; MICHEL P.; BOREL M.; DRENO J.P. (1989). Monitoring and assessment of butyltins in Atlantic coastal waters. *Marine Pollution Bulletin* 20: 22-26.

ARGANO R.; DALLAI R.; LANZAVECCHIA G.; LUPORINI P.; MELONE G.; ORTOLANI G.; SBORDONI V.; SCALERA LIACI L. (1991). *Zoologia generale e sistematica*. Monduzzi Editore: 935 pp.

ARMONIES W. (1996). Changes in distribution patterns of 0-group bivalves in the Wadden Sea: byssus drifting releases juveniles from the constraints of hydrography. *Journal of Sea Research* 35: 323-334.

BACCETTI B.; BALDACCINI N.E., BEDINI C., BRANDMAYR P., CAPANNA E., CHIEFFI G., COBOLLI M., FERRAGUTI M., GHIRARDELLI E., GHIRETTI F., GIUSTI F., GRIGOLO A., MAINARDI D., MINELLI A., PAPI F., PARRINELLO N.; RICCI N.; RUFFO S.; SARÀ M.; SCALI V.; ZULLINI A. (1991). *Zoologia. Trattato italiano. Vol. 2*. Ed. Grasso: 1280 pp.

BATESON W. (1889). On some variations of *Cardium edule* apparently correlated to the conditions of life. *Proceedings of the Royal Society of London* 46: 204-211.

BEDULLI D., BIANCHI C.N., ZURLINI G., MORRI C (1986). *Caratterizzazione biocenotica e strutturale del macrobenthos delle coste pugliesi*. Rapp. ENEA: 227-255.

BEDULLI D.; CASTAGNOLO L.; GHISOTTI F. & SPADA G. (1995A). *Bivalvia; Scaphopoda*. In: Minelli A.; Ruffo S. & La Posta S. (Eds.). *Check-list delle specie della fauna italiana. Vol. 17*. Calderini; Bologna: 21 pp.

BEDULLI D.; CATTANEO-VIETTI R.; CHEMELLO R.; GHISOTTI F. & GIOVINE F. (1995B). *Gastropoda Opisthobranchia; Divasibranchia; Gymnomorpha*. In: Minelli A.; Ruffo S. & La Posta S. (Eds.). *Check-list delle specie della fauna italiana. Vol. 15*. Calderini; Bologna: 24 pp.

BEDULLI D.; DELL'ANGELO B. & V. SALVINI-PLAWEN L. (1995C). *Caudofoveata; Solenogastres; Polyplacophora; Monoplacophora*. In: Minelli A.; Ruffo S. & La Posta S. (Eds.). *Check-list delle specie della fauna italiana. Vol. 13*. Calderini; Bologna: 5 pp.

BESSEY P.L.; ROSS G.J.B.; WELLS A. (1998). *Mollusca: The Southern Synthesis. Fauna of Australia. Vol. V. Part A & B*. CSIRO Publishing: 563+xvi; 565-1234+viii.

BELLO G. (1995). *Cephalopoda*. In: Minelli A.; Ruffo S. & La Posta S. (Eds.). *Check-list delle specie della fauna italiana. Vol. 18*. Calderini; Bologna: 5 pp.

BENZÉCRI G.P. (1973). *L'Analyse des données. 2: L'Analyse des correspondances*. Dunod (Paris): 632 pp.

BIDDITTU A. (1997-1998). *Molluschi di fondo mobile dell'Adriatico Centrale: analisi di una comunità bentonica*. Tesi di Laurea in Scienze Biologiche - Univ. Tor Vergata (Roma): 189 pp. + Figg. & App.i.

- BIDDITTU A. (2003).** *Alla scoperta delle conchiglie*. Edizioni Evolver: 128 pp.
- BILYARD G.R. (1987).** The value of benthic infauna in marine pollution monitoring studies. *Marine Pollution Bulletin* 18: 581-585.
- BLACKSTONE N.W. (1985).** The effects of shell size and shape on growth and form in the hermit crab *Pagurus longicarpus*. *Biological Bulletin* 168: 75-90.
- BLAKE J.F. (1878).** On the measurements of curves formed by cephalopods and other molluscs. *Philosophical Magazine S. 5*, 6: 241-263.
- BODON M.; FAVILLI L.; GIANNUZZI SAVELLI R.; GIOVINE F.; GIUSTI F.; MANGANELLI G.; MELONE G.; OLIVERIO M.; SABELLI B.; & SPADA G. (1995).** *Gastropoda Prosobranchia; Heterobranchia Heterostrophia*. In: Minelli A.; Ruffo S. & La Posta S. (Eds.). *Check-list delle specie della fauna italiana. Vol. 14*. Calderini; Bologna: 60 pp.
- BOETTGER C.-R. (1930).** Sur la présence prétendue du *Mytilus galloprovincialis* Lam. dans la Manche, et les modifications biologiques du genre *Mytilus*. *Bull. Lab. Saint-Servan* 5: 1-18.
- BOOKSTEIN F.L. (1978).** *The Measure of Biological Shape and Shape Change*. Lectures Notes in Biomathematics, v. 24. Springer-Verlag.
- BOOKSTEIN F.L. (1991).** *Morphometrics Tools for Landmark Data*. Cambridge University Press.
- BOOKSTEIN F.L. (1993).** *A brief history of the morphometric synthesis*. In: Marcus L.F.; Bello E.; Garcia-Valdecasas A. (Eds.). *Contribution to Morphometrics*. Monografias del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.
- BRANCH G.M. & MARSH A.C. (1978).** Tenacity and shell shape in six *Patella* species: adaptive features. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 34: 111-130.
- BREMNER J., ROGERS S.I., FRID C.L.J. (2003).** Assessing functional diversity in marine benthic ecosystems: a comparison of approaches. *Marine Ecology Progress Series* 254: 11-25.
- BROOKES J.I. & ROCHETTE R. (2007).** Mechanism of a plastic phenotypic response: predator-induced shell thickening in the intertidal gastropod *Littorina obtusata*. *Journal of Evolutionary Biology* 20: 1015-1027.
- BURTON E., ST. J. (1933).** Note on the colouration of *Nucella lapillus* (L.). *Journal of Conchology* 19: 339-340.
- CASADEI F. (1990).** Generazione di conchiglie al calcolatore. *La Conchiglia* 257: 44-53.
- CATTANEO-VIETTI R.; CHEMELLO R.; GIANNUZZI-SAVELLI R. (1990).** *Atlante dei Nudibranchi del Mediterraneo*. Editrice La Conchiglia; Roma: 264 pp.
- CHAPMAN M.G. (1995).** Spatial patterns of shell shape of three species of co-existing littorinid snails in New South, Wales, Australia. *Journal of Molluscan Studies* 61: 141-162.
- CHARVET S.; STATZNER B.; USSEGLIO-POLATERA P. & DUMONT B. (2000).** Traits of benthic macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe. *Freshwater Biology* 43: 277-296.
- CLARKE A. (1983).** Life in cold water: the physiological ecology of polar marine ectotherms. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 21: 341-453.
- COELHO M.R.; LANGSTON W.J.; BEBIANNO M.J. (2006).** Effect of TBT on *Ruditapes decussatus* juveniles. *Chemosphere* 63: 1499-1505.

- COLEMAN F.C. & WILLIAMS S.L. (2002).** Overexploiting marine ecosystem engineers: Potential consequences for biodiversity. *Trends in Ecology and Evolution* 17: 40-43.
- COLOGNOLA R.; MASTURZO P.; RUSSO G.F.; SCARDI M.; VINCI D. & FRESI E. (1986).** Biometric and Genetic Analysis of the Marine Rissoid *Rissoa auriscalpium* (Gastropoda, Prosobranchia) and its Ecological Implications. *P.S.Z.N. I: Marine Ecology* 7: 265-285.
- COLTON H.S. (1916).** On some varieties of *Thais lapillus* in the Mount Desert Region. A study of individual ecology. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 68: 440-454.
- COMFORT A. (1946).** *Patella vulgata*, relation of habit to form. *Journal of Conchology* 22: 216-217.
- CORTIE M.B. (1989).** Models for mollusc shell shape. *South African Journal of Science* 85: 454-460.
- D'ARCY THOMPSON W. (1917).** *On Growth and Form*. Ed. 1992, Universali Bollati Boringhieri: 357+XVI.
- DALLA VIA G.J.; TAPPEINER U. & BITTERLICH G. (1987).** Shore-level related morphological and physiological variations in the mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819) (Mollusca Bivalvia) in the North Adriatic Sea. *Monitore Zoologico Italiano N.S.* 21: 293-305.
- DAMIANI V., BIANCHI N.C., FERRETTI O., BEDULLI D., MORRI C., VIEL M., ZURLINI G. (1988).** Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese. *Thalassia Salentina* 18: 153-169.
- DANCE S.P. (1992).** *Conchiglie*. Fabbri Editori: 256 pp.
- DAUTZENBERG PH. & FISCHER P.-H. (1925).** Les mollusques marins du Finistère et en particulier de la région de Roscoff. *Trav. Stat. Biol. Roscoff* 3: 180 pp.
- DEHNEL P.A. (1956).** Growth rates in latitudinally and vertically separated populations of *Mytilus californianus*. *Biological Bulletin* 110: 43-53.
- DELL'ANGELO B.; SMRIGLIO C. (1999).** *Chitoni viventi del Mediterraneo*. Edizioni Evolver S.r.l.; Roma: 255 pp.
- DÍAZ S. & CABIDO M. (2001).** Vive la différence: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* 16: 646-655.
- DODD J.R. (1963).** Palaeoecological implications of shell mineralogy in two pelecypod species. *Journal of Geology* 71: 1-11.
- DODD J.R. (1964).** Environmentally controlled variation in the shell structure of a pelecypod species. *Journal of Paleontology* 38: 1065-1071.
- DOLÉDEC S.; STATZNER B. & BOURNARD M. (1999).** Species traits for future biomonitoring across ecoregions: patterns along a human-impacted river. *Freshwater Biology* 42: 737-758.
- DUDLEY E.C. & VERMEIJ G.E. (1989).** Shell form and burrowing performance in gastropods from Pacific Panama with comments on regional differences in functional specialization. *The Veliger* 32: 284-287.
- DUFRENE M.; LEGENDRE P. (1997).** Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* 67(3): 345-366.
- EAGAR R.M.C.; STONE N.M. & DICKSON P.A. (1984).** Correlations between shape, weight and thickness of shell in four populations of *Venerupis rhomboides* (Pennant). *Journal of Molluscan Studies* 50: 19-38.

- ENGLE V.D. & SUMMERS J.K. (1999). Refinement, Validation, and Application of a Benthic Condition Index for Northern Gulf of Mexico Estuaries. *Estuaries* 22(3A): 624-635.
- ETTER R.J. (1988). Asymmetric developmental plasticity in an intertidal snail. *Evolution* 44: 322-334.
- FALCONER K.J. (1990). *Fractal geometry, mathematical foundations and applications*. John Wiley & Sons, New York.
- FISCHER-PIETTE E. (1932). Répartition des principales espèces fixées sur les rochers battus des côtes et des îles de la Manche de Lannion a Fécamp. *Ann. Inst. Océanog.* 12: 105-213.
- FISCHER-PIETTE E. (1955). Répartition le long des côtes septentrionales de l'Espagne des principales espèces peuplant les rochers intercotidaux. *Ann. Inst. Océanog.* 31: 38-124.
- FISCHER W.; BAUCHOT M.-L. & SCHNEIDER M. - EDS. (1987). *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. 1. Végétaux et Invertébrés*. FAO; Rome: 760 pp.
- FOWLER D.R.; MEINHARDT H.; PRUSINKIEWICZ P. (1992). Modelling seashells. In: Proceedings of SIGGRAPH '92 (Chicago, Illinois, July 26-31, 1992). *Computer Graphics* 26: 379-387.
- FRANC A. (1960). *Classe des Bivalves*. In: Grasse P.P. (Ed.). *Traité de Zoologie. Vol. 5 (2)*. Masson éd., Paris: 1844-2133.
- FRESI E. & CINELLI F. (1982). La discontinuità superficiale: appunti per una nuova interpretazione del benthos marino costiero. *Bull. Mus. Ist. Univ. Genova* 50 (suppl.): 194.
- FRESI E. & GAMBI M. (1982). Alcuni aspetti importanti dell'analisi matematica di ecosistemi marini. *Il Naturalista Siciliano S. IV, VI (Suppl.)* 3: 449-465.
- GAILLARD J.M. (1965). Aspects qualitatifs et quantitatifs de la croissance de la coquille de quelques espèces de mollusques prosobranches en fonction de la latitude et des conditions écologiques. *Mémoires du Muséum national d'histoire naturelle série A Zoologie* 38: 1-155, Tavv. 1-7.
- GALBRAITH C.; PRUSINKIEWICZ P.; WYVILL B. (2002). Modeling a *Murex cabritii* sea shell with a structured implicit surface modeller. *The Visual Computer* 18: 70-80.
- GAMBI M.C.; FRESI E.; GIANGRANDE A. (1982). Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Il Naturalista Siciliano S. IV, VI 3 Suppl.*: 489-497.
- GEE J.M. & WARWICK R.M. (1996). A study of global biodiversity patterns in the marine motile fauna of hard substrates. *Journal of Marine Biology Association of United Kingdoms* 76: 177-184.
- GIANNUZZI-SAVELLI R.; PUSATERI F.; PALMERI A. & EBREO C. (1997). *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo. Vol. 1 (Archaeogastropoda)*. Edizioni de "La Conchiglia"; Roma: 125 pp.
- GIANNUZZI-SAVELLI R.; PUSATERI F.; PALMERI A. & EBREO C. (1999). *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo. Vol. 3 (Caenogastropoda parte 2: Ptenoglossa)*. Evolver Srl; Roma: 127 pp.
- GIANNUZZI-SAVELLI R.; PUSATERI F.; PALMERI A. & EBREO C. (2002). *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo. Vol. 2 (Caenogastropoda parte 1: Discopoda; Heteropoda)*. Edizioni Evolver; Roma: 258 pp.

- GIANNUZZI-SAVELLI R.; PUSATERI F.; PALMERI A. & EBREO C. (2003). *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo. Vol. 4 p. 1 (Neogastropoda: Muricoidea)*. Edizioni Evolver; Roma: 298 pp.
- GIANNUZZI-SAVELLI R.; PUSATERI F.; PALMERI A.; EBREO C. & COPPINI M.; MARGELLI A.; BOGI C. (2001). *Atlante delle conchiglie marine del Mediterraneo. Vol. 7 (Bivalvia: Protobranchia; Pteriomorpha)*. Edizioni Evolver; Roma: 246 pp.
- GLÉMAREC M. (1964). Le genre *Abra* sur le cotes atlantiques de Bretagne. Systématique et Ecologie. *Journal de Conchyliologie*: 15-29.
- GRABAU A.H. (1872). Über die Naumann'sche Conchospirale und ihre Bedeutung für die Conchyliometrie. *Univ. Leipzig, Inauguraldissert., Leipzig*: 1-77.
- GRAHAM J. & MILL P.J. (1986). Relative size of the foot of two species of *Littorina* on a rocky shore in Wales. *Journal of Zoology* 208: 229-236.
- GRANT W.C. & ULMER K.H. (1974). Shell selection and aggressive behavior in two sympatric species of hermit crabs. *Biological Bulletin* 146: 32-43.
- GRAUS R.R. (1974). Latitudinal trends in the shell characteristics of marine gastropods. *Lethaia* 7: 303-314.
- GRENON J.F. & WALKER G. (1981). The tenacity of the limpet, *Patella vulgata* L., an experimental approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 54: 277-308.
- HAMMER Ø.; HARPER D.A.T.; RYAN P.D. (2001). PAST: Palaentological Statistics Software package for education and data analysis. *Palaeontologica Electronica* 4: 9 pp.
- HATTON H. (1938). Essais de bionomie explicative sur quelques espèces intercotidales d'algues et d'animaux. *Ann. Inst. Océanog.* 17: 241-348.
- HAZLETT B.A. (1981). The behavioral ecology of hermit crabs. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12: 1-22.
- HICKMAN (1985). *Gastropod morphology and function*. In: Broadhead T.W. (Ed.). *Mollusks. Notes for a short course. Studies in Geology* 13. University of Tennessee Department of Geological Science, Memphis: 138-156.
- HIRUYAMA H.; YAMAJI Y.; KANEDA K.; YUMUSHITA H.; MONDEN Y. (2000). Rendering Iridescent Colors Appearing on Natural Objects. *IEEE Computer Graphics and Application* 19: 15-22, 433.
- HOFER M.; ODEHNAL B.; POTTMANN H.; STEINER T.; WALLNER J. (2005). 3D shape recognition and reconstruction based on line element geometry. In: Proceedings of the Tenth IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'05). *IEEE Computer Graphics and Application* 24.
- HOOPER D.; HAWKSWORTH D. & DHILLION S. (1995). *Microbial diversity and ecosystem processes*. In: UNEP. *Global biodiversity assessment*. Cambridge University Press, Cambridge: 433-443.
- HOOPER D.U.; SOLAN M.; SYMSTAD A.; DIAZ S.; GESSNER M.O.; BUCHMANN N.; DEGRANGE V.; GRIME P.; HULOT F.; MERMILLOD-BLONDIN F.; ROY J.; SPEHN E. & VAN PEER L. (2002). *Species diversity, functional diversity, and ecosystem functioning*. In: Loreau M.; Naeem S.; Inchausti P. (Eds.). *Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives*. Oxford University Press, Oxford: 195-281.

- HOUART R. (2001).** *A Review of the Recent Mediterranean and Northeastern Atlantic Species of Muricidae*. Edizioni Evolver; Roma: 227 pp.
- HRS-BRENKO M. (2006).** The basket shell, *Corbula gibba* Olivi, 1792 (Bivalve Mollusks) as a species resistant to environmental disturbances: A review. *Acta Adriatica* 47(1): 49-64.
- HUGHES R.N. & ELNER R.W. (1979).** Tactics of a predator, *Carcinus maenas*, and morphological responses of the prey, *Nucella lapillus*. *Journal of Animal Ecology* 48: 65-78.
- HUTCHINSON J.M.C. (1989).** Control of Gastropod Shell Shape; The Role of the Preceding Whorl. *Journal of Theoretical Biology* 140: 431-444.
- HUXLEY J.S. (1932).** *Problems of relative growth*. London (Methuen).
- ILLERT C.R. (1981).** The growth and feeding habits of a South Australian Murex. *Of Sea and Shore* 12: 8-10.
- ILLERT C.R. (1983).** The mathematics of gnomonic seashells. *Mathematical Biosciences* 63: 21-56.
- ILLERT C.R. (1989).** Formulation and solution of the classical seashell problem. II. Tubular three-dimensional seashell surface. *Il Nuovo Cimento* 11D: 761-779.
- ILLERT C.R. & PICKOVER C.A. (1992).** Generating Irregularly Oscillating Fossil Seashells. *IEEE Computer Graphics and Application* 11: 18-22.
- JOHANNESSON B. (1986).** Shell morphology of *Littorina saxatilis* Olivi: the relative importance of physical factors and predation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 102: 183-196.
- JOHNSON M.S. & BLACK R. (1996).** Geographic cohesiveness versus associations with habitat: genetic subdivision of *Bembicium vittatum* Philippi (Gastropoda: Littorinidae) in the Houtman Abrolhos Islands. *Biological Journal of the Linnean Society* 58: 57-74.
- JOHNSON M.S. & BLACK R. (2000).** Associations with habitat versus geographic cohesiveness: size and shape of *Bembicium vittatum* Philippi (Gastropoda: Littorinidae) in the Houtman Abrolhos Islands. *Biological Journal of the Linnean Society* 71: 563-580.
- KAANDORP J.A. (1994).** *Fractal Modelling Growth and Form in Biology*. Springer-Verlag: 208 pp.
- KAANDORP J.A.; KÜBLER J.E. (2001).** *The Algorithmic Beauty of Seaweeds, Sponges, and Corals*. Springer: 193 pp.
- KAWAGUCHI Y. (1982).** A morphological study of the form of nature. *Computer Graphics* 16: 223-232.
- KENNEDY W.J.; TAYLOR J.D. & HALL A. (1969).** Environmental and biological controls on bivalve shell mineralogy. *Biological Reviews* 44: 499-530.
- KINGSTON P.F., RIDDLE M.J. (1989).** Cost effectiveness of benthic faunal monitoring. *Marine Pollution Bulletin* 20: 490-496.
- KIRBY R.R.; BERRY R.J.; POWERS D.A. (1997).** Variation in mitochondrial DNA in a cline of allele frequencies and shell phenotype in the dog-whelk *Nucella lapillus* (L.). *Biological Journal of the Linnean Society* 62: 299-312.
- KISCH B.-S. (1956).** Les mollusques du bassin filtrant de l'aquarium de Biarritz. *Bulletin du Centre d'Etudes et de Recherches Scientifiques, Biarritz* 1: 41-49.
- KITCHING J.A. (1976).** Distribution and changes in shell form of *Thais* spp. (Gastropoda) near Baumfield, U.K. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 23: 109-126.

- KITCHING J.A. & LOCKWOOD J. (1974).** Observations on shell form and its ecological significance in thaisid gastropods of the genus *Lepsiella* in New Zealand. *Marine Biology* 28: 131-144.
- KITCHING J.; MUNTZ L. & EBLING F.J. (1966).** The ecology of Lough Ine. XV. The ecological significance of shell and body forms in *Nucella*. *Journal of Animal Ecology* 35: 113-126.
- KOHN A.J. (1986).** Slip-resistant silver-feet: shell form and mode of life in Lower Pleistocene *Argyropeza* from Fiji. *Journal of Palaeontology* 60: 1066-1074.
- KOHN A.J.; MYERS E.R. & MEENADSKI V.R. (1979).** Interior remodelling of the shell by a gastropod mollusc. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 76: 3406-3410.
- KOHN A.J. & RIGGS A.C. (1975).** Morphometry of conus shell. *Systematic Zoology* 24: 346-359.
- KNUDSEN J. (1949).** Geographical variation of *Littorina obtusata* (L.) in the North Atlantic. *Videnskabelige Meddelelser fra Dansk Naturhistorisk Forening* 111: 247-255.
- KRÖNCKE I. & RACHOR E. (1992).** Macrofauna investigations along a transect from the inner German Bight towards the Dogger Bank. *Marine Ecology Progress Series* 91: 269-276.
- LANCELLOTTI D.A. & VASQUEZ J.A. (1999).** Biogeographical patterns of benthic macroinvertebrates in the Southeastern Pacific littoral. *Journal of Biogeography* 26: 1001-1006.
- LAUDIEN J.; FLINT N.S.; VAN DER BANK F.H.; BREY T. (2003).** Genetic and morphological variation in four populations of the surf clam *Donax serra* (Röding) from southern African sandy beaches. *Biochemical Systematics and Ecology* 31: 751-772.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P. (1984A).** *Écologie numérique. Tome 1. Le traitement multiple de données écologiques*. Masson - Presses de l'Université du Québec: 260 pp.
- LEGENDRE L. & LEGENDRE P. (1984B).** *Écologie numérique. Tome 2. La structure des données écologiques*. Masson - Presses de l'Université du Québec: 335 pp.
- LEIGHTON D.L. (1961).** Observations on the effect of diet on shell coloration in the red abalone *Haliotis rufescens* Swainson. *The Veliger* 4: 29-32.
- LEWIS J.R. & POWELL H.T. (1961).** The occurrence of curved and unguulate forms of the mussel *Mytilus edulis* in the British Isles and their relationship to *M. galloprovincialis* Lamarck. *Proceedings of the Zoological Society of London* 137: 583-598.
- LINDENMAYER A. (1968A).** Mathematical models for cellular interactions in development. I. Filaments with one-sided inputs. *Journal of Theoretical Biology* 18: 280-299.
- LINDENMAYER A. (1968B).** Mathematical models for cellular interactions in development. II. Simple and branching filaments with two-sided inputs. *Journal of Theoretical Biology* 18: 300-315.
- LINSLEY R.M. (1977).** Some "laws" of gastropods shell form. *Paleobiology* 3: 196-206.
- LINSLEY R.M. (1978A).** Locomotion rates and shell form in the Gastropoda. *Malacologia* 17: 193-206.
- LINSLEY R.M. (1978B).** Shell form and evolution of gastropods. *American Scientist* 66: 432-441.
- LIPPARINI G.; NEGRA O. (2002).** Accentuato polimorfismo di recente comparsa in una popolazione di *Erosaria spurca* (Linné, 1758) (Gastropoda Prosobranchia: Cypraeidae) lungo un tratto di costa siciliana. *La Conchiglia* 302: 23-31.
- LISON L. (1949).** *Mem. Inst. R. Nat. Sci. Belg.* 34.

- LOPPENS K. (1923).** La variabilité de *Cardium edule*. *Annales de la Société Royale Zoologique de Belgique* 54: 33-67.
- LØVTRUP S. & VON SYDOW B. (1974).** D'Arcy Thompson Theorems and the Shape of the Molluscan Shell. *Bulletin of Mathematical Biology* 36: 567-575.
- LOWENSTAM H. (1954A).** Factors affecting the aragonite: calcite ratio in carbonate-secreting organisms. *Journal of Geology* 62: 285-322.
- LOWENSTAM H. (1954B).** Environmental relations of modification compositions of certain carbonate-secreting marine invertebrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 40: 39-48.
- LOY A. (1996-1997).** Applicazioni della morfometria geometrica nella caratterizzazione di alcune relazioni tra forma e condizioni ambientali in specie ittiche interessanti per l'acquacoltura. Tesi di Dottorato in Biologia Animale VIII Ciclo, Univ. Tor Vergata.
- LUCAS A. (1975).** Sex differentiation and juvenile sexuality in bivalves Molluscs. *Pubblicazioni della Stazione Zoologica di Napoli* 39 Suppl.: 532-541.
- LUCCA G. (2005-2006).** Modello matematico per la rappresentazione delle conchiglie. *Parva Naturalia* 7: 73-90.
- MALONE P.G. & DODD J.R. (1967).** Temperature and salinity effects on calcification rate in *Mytilus edulis* and its paleoecological implications. *Limnology and Oceanography* 12: 432-436.
- MANDELBROT B.B. (1983).** *The fractal geometry of nature*. Freeman, San Francisco.
- MARKHAM J.C. (1968).** Notes on growth pattern and shell utilization of the hermit crabs (Decapoda, Anomura) of detritic bottoms from southern Spain. *Crustaceana* 72: 507-515.
- MARS P. (1951).** Essai d'interprétation des formes généralement groupées sous le nom de *Cardium edule* (Linné). *Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille* 11: 31 pp.
- MASCARÓ M. & SEED R. (2001).** Choice of prey size and species in *Carcinus maenas* (L.) feeding on four bivalves of contrasting shell morphology. *Hydrobiologia* 449: 159-170.
- MCCLAIN C.R. (2005).** Bathymetric patterns of morphological disparity in deep-sea gastropods from the Western North Atlantic Basin. *Evolution* 59: 1492-1499.
- MCCLAIN C.R.; BOYER A.G.; ROSENBERG G. (2006).** The island rule and the evolution of body size in the deep sea. *Journal of Biogeography* 33: 1578-1584.
- MCCLAIN C.R.; JOHNSON N.A.; & REX M.A. (2004).** Morphological disparity as a biodiversity metric in lower bathyal and abyssal gastropod assemblages. *Evolution* 58: 338-348.
- MCNEILL ALEXANDER R. (1983).** *Gli Invertebrati*. Piccin Nuova Libreria: 676 pp.
- MEIHARDT H. (1998).** *The Algorithmic Beauty of Sea Shells. Enlarged Edition*. Springer: 236 pp.
- MOORE H.B. (1934).** The relation of shell growth to environment in *Patella vulgata*. *Proceedings of the Malacological Society of London* 21: 217-222.
- MOORE H.B. (1936).** The biology of *Purpura lapillus*. 1. Shell variation in relation to environment. *Journal of Marine Biology Association of United Kingdoms* 21: 61-89.
- MORTON B. (2009).** Aspects of the biology and functional morphology of *Timoclea ovata* (Bivalvia: Veneroidea: Venerinae) in the Açores, Portugal, and a comparison with *Chione elevata* (Chioninae). *Açoreana* Suppl. 6: 105-119.

- MOSELEY H. (1838).** On the geometrical form of turbinated and discoid shells. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 17: 351-370.
- MOSELEY H. (1842).** On conchiliometry. *Philosophical Magazine S. 3*, 21: 300-305.
- MOTTA P.J. & KOTRSCHAL K.M. (1991).** Correlative, experimental, and comparative evolutionary approaches in ecomorphology. *Netherlands Journal of Zoology* 42: 400-415.
- MÜLLER J.H.T. (1850).** Beiträge zur Conchylometrie. *Ann. der Phys.* 81: 533-544.
- MÜLLER J.H.T. (1853).** Zweiter Beiträge zur Conchylometrie. *Ann. der Phys.* 90: 323-327.
- NAUMANN C.F. (1840A).** Beitrag zur Conchylometrie. *Ann. der Phys.* 50: 223-236.
- NAUMANN C.F. (1840B).** Über die Spiralen der Ammoniten. *Ann. der Phys.* 51: 245-259.
- NAUMANN C.F. (1845).** Über die wahre Spiralen der Ammoniten. *Ann. der Phys.* 64: 538-543.
- NAUMANN C.F. (1848).** Über die logarithmische Spiral von *Nautilus pompilius* und *Ammonites galeatus*. *Ber. Verh. k. sachs. Gesell. Wissen.* 2: 26-34.
- NIEMEYER L.; PIETRONEO L. & WIESMANN H.J. (1984).** Fractal dimension of dielectric breakdown. *Physical Review Letters* 52: 1033-1036.
- NORDSIECK F. (1977).** *The Turridae of the European Seas*. Edizioni La Piramide per la Conchiglia; Roma: 131 pp.
- NORDSIECK F. (1982).** *Die europäischen Meeres-Gehäuseschnecken (Prosobranchia) Vom Eismeer bis Kapverden; Mittelmeer und Schwarzes Meer*. Gustav Fischer Verlag; Stuttgart: 539 pp.
- OECD (1993).** *Corps central d'indicateurs de l'OCDE pour l'examen des performances environnementales. Rapport de synthèse*. Groupe sur l'état del l'Environnement - OECD, Paris. Monographies sur l'environnement 83.
- OLABARRIA C. & THURSTON M.H. (2004).** Patterns of morphological variation of the deep-sea gastropod *Troschelia berniciensis* (King, 1846) (Buccinidae) from the Northeastern Atlantic Ocean. *Journal of Molluscan Studies* 70: 59-66.
- OPPENHEIMER P. (1986).** Real time design and animation of fractal plants and trees. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 20: 55-64.
- ORTON J.H. (1928).** Observations on *Patella vulgata*, part 2. Rate of growth of shell. *Journal of Marine Biology Association of United Kingdoms* 15: 863-874.
- ORTON J.H. (1932).** Studies on the relation between organism and environment. *Proceedings and Transactions of the Liverpool Biological Society* 46: 1-16.
- OWEN G. (1953).** The shell in the Lamellibranchia. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 94: 57-70.
- PALMER A.R. (1977).** Function of shell sculpture in marine gastropods: hydrodynamic destabilization in *Ceratostoma foliatum*. *Science* 197: 1293-1295.
- PALMER A.R. (1979).** Fish predation and the evolution of gastropod shell sculpture: experimental and geographic science. *Evolution* 33: 697-713.
- PALMER A.R. (1990).** Effect of crab effluent and scent of damaged conspecifics on feeding, growth, and shell morphology of the Atlantic dogwhelk *Nucella lapillus* (L.). *Hydrobiologia* 193: 155-182.

- PARENZAN P. (1970).** *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. I (Gasteropodi)*. Ed. Bios Taras; Taranto: 283 pp.
- PARENZAN P. (1974).** *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. 2 p. 1 (Bivalvi)*. Ed. Bios Taras; Taranto: 1-277.
- PARENZAN P. (1976).** *Carta d'identità delle conchiglie del Mediterraneo. Vol. 2 p. 2 (Bivalvi)*. Ed. Bios Taras; Taranto: 283-546.
- PEARSON T.H. (2001).** Functional group ecology in soft-sediment marine benthos: the role of bioturbation. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 39: 233-267.
- PEARSON T.H., ROSENBERG R. (1978).** Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 16: 229-311.
- PELSENEER P. (1920).** Les variations et leur hérédité chez les Mollusques. *Mem. Ac. Roy. Bel., cl. Sci., S. 2*, 5: 826 pp.
- PENNA M. (2007).** Studio dell'assetto della comunità macrozoobentonica di fondo mobile per la definizione di un metodo innovativo per la valutazione dello stato di qualità del sistema marino costiero. *Ph.D. Thesis Università degli Studi della Tuscia di Viterbo, Open Archive di Ateneo - Unitus Dspace e Cataloghi delle Biblioteche Nazionali Centrali di Roma e Firenze*.
- PÉRÈS J.M. & PICARD J. (1964).** Nouveau Manuel de Bionomie Benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 31: 1-137.
- PICARD J. (1965).** Recherques qualitatives sur le biocenoses marines des substrats meubles dragables de la région Marseillaise. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 52(36): 160 pp.
- PICKOVER C.A. (1989).** A short recipe for seashell synthesis. *IEEE Computer Graphics and Applications* 9: 8-11.
- PICKOVER C.A. (1991).** *Computers and the Imagination*. St. Martin's Press.
- PIRAINO S. & FANELLI G. (1997).** Biodiversità funzionale, ridondanza e specie cardine. *Biologia Marina Mediterranea* 4(1): 104-114.
- PIZZARI P. (1975).** La forma delle Conchiglie. *La Conchiglia* 77-78, 79-80, 81-82: 3-5; 3-6; 3, 14-17.
- POPPE G.T. & GOTO Y. (1991).** *European Seashells. Vol. 1 (Polyplacophora; Caudofoveata; Solenogastrea; Gastropoda)*. Verlag Christa Hemmen; Wiesbaden: 352 pp.
- POPPE G.T. & GOTO Y. (1993).** *European Seashells. Vol. 2 (Scaphopoda; Bivalvia; Cephalopoda)*. Verlag Christa Hemmen; Wiesbaden: 221 pp.
- PRICE R.M. (2006).** Columellar Muscle of Neogastropods: Muscle Attachment and the Function of Columellar Folds. *Biological Bulletin* 205: 351-366.
- PRUSINKIEWICZ P. & FOWLER D.R. (1998).** *Shell models in three dimensions*. In: Meihardt H. *The Algorithmic Beauty of Sea Shells. Enlarged Edition*. Springer: 162-182.
- PRUSINKIEWICZ P. & STREIBEL D. (1986).** *Constraint-based modeling of three-dimensional shapes*. In *Proceedings of Graphics Interface '86 - Vision Interface '86*: 158-163.

- PURCHON (1939).** The effect of the environment upon the shell of *Cardium edule*. *Proceedings of the Malacological Society of London* 23: 256-267.
- PURCHON R.D. (1968).** *The Biology of the Mollusca*. Pergamon Press: 560 pp.
- RAO M.B. & BHAVANARAYANA P.V. (1976).** Environment and shell-variation in relation to distribution of a tropical marine snail *Drupa tuberculata* (Blainville). *Journal of Molluscan Studies* 42: 235-242.
- RAUP D.M. (1961).** The geometry of coiling in gastropods. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 47: 602-609.
- RAUP D.M. (1962).** Computer as aid in describing form in gastropod shells. *Science* 138: 150-152.
- RAUP D.M. (1966).** Geometric analysis of shell coiling: general problems. *Journal of Paleontology* 40: 1178-1190.
- RAUP D.M. & MICHELSON A. (1965).** Theoretical morphology of the coiled shell. *Science* 147: 1294-1295.
- REPETTO G.; ORLANDO F.; ARDUINO G. (2005).** *Conchiglie del Mediterraneo*. Amici del Museo "Federico Eusebio"; Alba: 392 pp; CD.
- RHOADS D.C. (1974).** Organism-sediment relations on the muddy sea floor. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 12: 263-300.
- RICHARDS O.W. & RILEY G.A. (1937).** The growth of amphibian larvae illustrated by transformed coordinates. *Journal of Experimental Zoology* 77: 159-167.
- RIEDL R. (1991).** *Fauna e Flora del Mediterraneo*. Franco Muzzio Editore; Padova: 777 pp.
- ROY K.; BALCH D.P. & HELLBERG M.E. (2001).** Spatial patterns of morphological diversity across the Indo-Pacific: analysis using strombid gastropods. *Proceedings of the Royal Society of London Series B* 268: 2503-2508.
- RUIZ J.M.; BRYAN G.W.; GIBBS P.E. (1994).** Chronic toxicity of water tributyltin (TBT) and copper to spat of the bivalve *Scrobicularia plana*: ecological implications. *Marine Ecology Progress Series* 113: 105-117.
- SABELLI B. (1994).** *Conchiglie*. Arnoldo Mondadori Ed.: 510 pp.
- SABELLI B.; GIANNUZZI-SAVELLI R.; BEDULLI D. (1990).** *Catalogo annotato dei molluschi marini viventi del Mediterraneo. Vol. 1*. Edizioni Libreria Naturalistica Bolognese: 1-348.
- SABELLI B.; GIANNUZZI-SAVELLI R.; BEDULLI D. (1992A).** *Catalogo annotato dei molluschi marini viventi del Mediterraneo. Vol. 2*. Edizioni Libreria Naturalistica Bolognese: 349-500.
- SABELLI B.; GIANNUZZI-SAVELLI R.; BEDULLI D. (1992B).** *Catalogo annotato dei molluschi marini viventi del Mediterraneo. Vol. 3*. Edizioni Libreria Naturalistica Bolognese: 501-781.
- SACCHI C.-F. (1961).** Contribution à l'étude des rapports écologie-polychromatisme chez un prosobranchie intercotidal, *Littorina obtusata* (L.) à Roscoff. *Cahiers de Biologie Marine* 2: 271-290.
- SACCHI C.-F. (1963).** Contribution à l'étude des rapports écologie-polychromatisme chez un prosobranchie intercotidal, *Littorina obtusata* (L.). 3. Données expérimentales et diverses. *Cahiers de Biologie Marine* 4: 299-313.

- SATO M. & JENSEN G.C. (2005).** Shell selection by the hermit crab, *Pagurus hartae* (McLaughlin & Jensen, 1996) (Decapoda, Anomura). *Crustaceana* 78: 755-760.
- SAVAZZI E. (1985).** Shellgen: A BASIC program for the modelling of molluscan shell ontogeny and morphogenesis. *Computers and Geosciences* 11: 521-530.
- SCARDI M. (2001).** *Tecniche di analisi dei dati in ecologia. Versione 1.2b.* Source: <http://www.mare-net.com/mscardi>
- SCHIAPARELLI S.; CATTANEO-VIETTI R.; CHIANTORE M. (2000).** Adaptive morphology of *Capulus subcompressus* Pelseneer, 1903 (Gastropoda: Capulidae) from Terra Nova Bay, Ross Sea (Antarctica). *Polar Biology* 23: 11-16.
- SEED R. (1978).** Observations on the adaptive significance of shell shape and body form in the dogwhelks (*Nucella lapillus* (L.)) from N. Wales. *Nature in Wales* 16: 111-122.
- SIGNOR P.W., III (1983).** Burrowing and functional significance of ratchet sculpture in turritelliform gastropods. *Malacologia* 23: 313-320.
- SIGNOR P.W. & KAT P.W. (1984).** Functional significance of columellar folds in turritelliform gastropods. *Journal of Paleontology* 58: 210-216.
- SMITH L.D. & JENNINGS J.A. (2000).** Induced defensive responses by the bivalve *Mytilus edulis* to predators with different attack modes. *Marine Biology* 136: 461-469.
- SNELGROVE P.V.R. (1998).** The biodiversity of macrofaunal organisms in marine sediments. *Biodivers. Conserv.* 7: 1123-1132.
- SOKOLOWSKI A.; FICHET D.; GARCIA-MEUNIER P.; RADENAC G.; WOLOWICZ M.; BLANCHARD G. (2002).** The relationship between metal concentrations and phenotypes in the Baltic clam *Macoma balthica* (L.) from the Gulf of Gdansk, southern Baltic. *Chemosphere* 47: 475-484.
- SPIGHT T. M. (1977).** Availability and use of shells by intertidal hermit crabs. *Biological Bulletin* 152: 120-133.
- STAIGER H. (1954).** Der Chromosomendimorphismus beim Prosobranchier *Purpura lapillus* in Beziehung zur Ökologie der Art. *Chromosoma* 6: 419-478.
- STAIGER H. (1957).** Genetical and morphological variations in *Purpura lapillus* with respect to local and regional differentiation of population groups. Colloque international Biol. Mar., Roscoff, 1956. *Année Biologique* 33: 251-258.
- TAMHANE A.C. & DUNLOP D.D. (2000).** *Statistics and Data Analysis from Elementary to Intermediate.* Prentice Hall, NJ, USA: 722 pp.
- TAYLOR J.D.; GLOVER E.A. & BRAITHWAITE C.J.R. (1999).** Bivalves with "concrete overcoats": *Granicorium* and *Samarangia*. *Acta Zoologica* 80: 285-300.
- TEBBLE N. (1976).** *British Bivalve Seashells. A Handbook for Identification.* Her Majesty's Stationery Office, Edinburgh: 212 pp.
- THAIN J.E. & WALDOCK M.J. (1986).** The impact of tributyltin (TBT) antifouling paints on molluscan fisheries. *Water Science and Technology* 18: 193-202.
- TILMAN D. (2001).** *Functional diversity.* In: Levin S.A. (Ed.). *Encyclopedia of biodiversity.* Vol. 3. Academic Press: 109-120.
- TRABUCCO B. (2008).** Uso di descrittori alternativi nella valutazione dello stato ecologico delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile. *Ph.D. Thesis Università degli Studi della Tuscia di*

Viterbo, Open Archive di Ateneo - Unitus Dspace e Cataloghi delle Biblioteche Nazionali Centrali di Roma e Firenze.

TRAINITO E. (2005). *Nudibranchi del Mediterraneo*. Il Castello Srl; Trezzano sul Naviglio: 95 pp.

TRUEMAN E.R.; BRAND A.R.; DAVIS P. (1966). The effect of substrate and shell shape on the burrowing of some common bivalves. *Proceedings of the Malacological Society of London* 37: 97-109.

TRUSSELL G.C. (2000). Phenotypic clines, plasticity, and morphological trade-offs in an intertidal snail. *Evolution* 54: 151-166.

TURING A.M. (1952). The chemical basis of morphogenesis. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 327: 37-72.

USSEGLIO-POLATERA P., BOURNAUD M., RICHOUX P., TACHET H (2000). Biomonitoring through biological traits of benthic macroinvertebrates: how to use species trait databases? *Hydrobiologia* 422-423: 153-162.

VAN AARTSEN J.J. (1981). European Pyramidellidae: II. *Turbonilla*. *Bollettino malacologico* 17: 61-88.

VAN AARTSEN J.J. (1987). European Pyramidellidae: III. *Odostomia* and *Ondina*. *Bollettino malacologico* 23: 1-34.

VAN AARTSEN J.J. (1994). European Pyramidellidae: IV. The genera *Eulimella*, *Anisocycla*, *Syrnola*, *Cingulina*, *Oscilla* and *Careliopsis*. *Bollettino malacologico* 30: 85-110.

VAN HOEY G., DEGRAER S., VINCX M. (2004). Macrobenthic community structure of soft-bottom sediments at the Belgian Continental Shelf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59: 599-613.

VANCE R.R. (1972). Competition and mechanisms of coexistence in three sympatric species of intertidal hermit crabs. *Ecology* 53: 1062-1074.

VATOVA A. (1949). La fauna bentonica dell'Alto e Medio Adriatico. *Nova Thalassia* 1(3): 1-110.

VERMEIJ G.J. (1970). Adaptive versability and skeleton construction. *The American Naturalist* 104: 253-260.

VERMEIJ G.J. (1971). The geometry of shell sculpture. *Forma et Functio* 4: 319-325.

VERMEIJ G.J. (1972). Intraspecific shore-level size gradients in intertidal molluscs. *Ecology* 53: 693-700.

VERMEIJ G.J. (1973). Morphological patterns of high intertidal gastropods: adaptive strategies and their limitations. *Marine Biology* 20: 319-346.

VERMEIJ G.J. (1975). Marine faunal dominance and molluscan shell form. *Evolution* 28: 656-664.

VERMEIJ G.J. (1977). The Mesozoic marine revolution: evidence from snails, predators and grazers. *Paleobiology* 3: 245-258.

VERMEIJ G.J. (1978). *Biogeography and adaptation*. Harvard University Press, Cambridge: XI+332 pp.

VERMEIJ G.J. (1983). Traces and trends of predation, with special references to bivalved animals. *Palaeontology* 26: 455-465.

- VERMEIJ G.J. (1987).** *Evolution and Escalation. An ecological history of life*. Princeton University Press. Princeton, New Jersey: XV+527 pp.
- VERMEIJ G.J. (1993).** *A natural history of shells*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- VERMEIJ G. J. & VEIL J.A. (1978).** A latitudinal pattern in bivalve shell gaping. *Malacologia* 17: 57-61.
- VERMEIJ G.J. & ZIPSER E. (1986).** Burrowing performance in some tropical Pacific gastropods. *The Veliger* 29: 200-206.
- VIEIRA N.K.M.; LEROYPOFF N.; CARLISLE D.M.; MOULTON II S.R.; KOSKI M.L.; KONDRATIEFF B.C. (2006).** *A Database of Lotic Invertebrate Traits for North America*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 15 pp.
- WAINWRIGHT P.C. & REILLY S.M. (1994).** *Ecological Morphology*. The University of Chicago Press.
- WARBURTON K. (1973).** Shell form, behaviour and tolerance to water movement in the limpet *Patina pellucida* (L.) (Gastropoda: Prosobranchia). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 23: 307-325.
- WARÉN A. & GOFAS S. (1996).** A new species of Monoplacophora, redescription of the genera *Veleropilina* and *Rokopella*, and new information on three species of the class. *Zoologica Scripta* 25: 215-232.
- WEIL A.; BROWN L.; NEVILLE B. (1999).** *The Wentletrap book. Guide to the Recent Epitoniidae of the World*. Evolver S.r.l.: 244 pp.
- WIGHAM G.D. (1975).** The biology and ecology of *Rissoa parva*. *Journal of Marine Biology Association of United Kingdoms* 55: 45-67.
- WILLIAMS P.H.; GASTON K.J.; HUMPHRIES C.J. (1994).** Do Conservationists and molecular biologists value differences between organisms in the same way? *Biodiv. Lett.* 2: 67-68.
- WILLIAMS P.H. & HUMPHRIES C.J. (1996).** Comparing character diversity among biotas. In: GASTON K.J. *Biodiversity*. Blackwell Sciences, Oxford: 54-76.
- YONGE C.M. (1952).** Studies on Pacific coast mollusks. IV. Observations on *Siliqua patula* Dixon and on evolution within the Solenidae. *University of California Publications in Zoology* 55: 421-438.
- YONGE C.M. (1953).** On the monomyarian condition in the Lamellibranchia. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 62: 443-478.
- YONGE C.M. (1955).** Adaptation of rock-boring in *Botula* and *Lithophaga* (Lamellibranchia, Mytilidae) with a discussion on the evolution of the habit. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 96: 383-410.
- ZIPSER E. & VERMEIJ G.J. (1978).** Crashing behavior of tropical and temperate crabs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 31: 155-172.
- ZUPO V.; RUSSO G.F.; FRESI E. & SCARDI M. (1989).** Hermit crabs of a *Posidonia oceanica* bed: zonal patterns and shell selection. In: Boudouresque C.F.; Meinesz A.; Fresi E. & Gravez V. (Eds.). The second International Workshop on Posidonia beds. *GIS Posidonie publ. Fr.* 2: 207-218.

Allegato A

Tabella dei descrittori alternativi

Taxon	Famiglia	Classe	Morphotaxon	Nome
<i>Abra alba</i> (W. Wood, 1802)	Semelidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
<i>Abra longicallus</i> (Scacchi, 1834)	Semelidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
<i>Abra nitida</i> (O.F. Müller, 1776)	Semelidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
<i>Abra prismatica</i> (Montagu, 1808)	Semelidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
<i>Abra segmentum</i> (Récluz, 1843)	Semelidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
<i>Abra tenuis</i> (Montagu, 1803)	Semelidae	Bivalvia	LmTL	Laminar contour & Trigonal outline & Light thickness
<i>Acanthocardia aculeata</i> (Linnaeus, 1758)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
<i>Acanthocardia deshayesii</i> (Payraudeau, 1826)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
<i>Acanthocardia echinata</i> (Linnaeus, 1758)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
<i>Acanthocardia paucicostata</i> (G.B. Sowerby II, 1841)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
<i>Acanthocardia tuberculata</i> (Linnaeus, 1758)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
<i>Acar clathrata</i> (Defrance, 1816)	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
<i>Acteon tornatilis</i> (Linnaeus, 1758)	Acteonidae	Gastropoda	GM	Globose outline & Medium thickness
<i>Aequipecten opercularis</i> (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtM	Laminar contour & Pecten-shape outline & Medium thickness
<i>Alvania cimex</i> (Linnaeus, 1758)	Rissoidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
<i>Alvania discors</i> (Allan, 1818)	Rissoidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
<i>Alvania lineata</i> Risso, 1826	Rissoidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
<i>Alvania scabra</i> (Philippi, 1844)	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness

Anadara polii (Mayer, 1868)	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Anatoma crispata (Fleming, 1828)	Scissurellidae	Gastropoda	GL	Globose outline & Light thickness
Anodontia fragilis (Philippi, 1836)	Lucinidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Anomia ephippium Linnaeus, 1758	Anomiidae	Bivalvia	BvL	Bottom-varying outline & Light thickness
Antalis dentalis (Linnaeus, 1758)	Dentaliidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Antalis inaequicostatum Dautzenberg, 1891	Dentaliidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Antalis panormum (Chenu, 1842)	Dentaliidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Antalis vulgare Da Costa, 1778	Dentaliidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Aporrhais pespelecani (Linnaeus, 1758)	Aporrhaidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Arca noae Linnaeus, 1758	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Arca tetragona Poli, 1795	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Astarte fusca (Poli, 1795)	Astartidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Astarte sulcata (Da Costa, 1778)	Astartidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Atrina fragilis (Pennant, 1777)	Pinnidae	Bivalvia	LmTH	Laminar contour & Trigonal outline & Heavy thickness
Axinulus croulinensis (Jeffreys, 1847)	Thyasiridae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Axinulus cycladius (Wood S., 1848)	Thyasiridae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Azorinus chamasolen (Da Costa, 1778)	Solecurtidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Barbatia barbata (Linnaeus, 1758)	Arcidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Barnea candida (Linnaeus, 1758)	Pholadidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Batharca glacialis (J.E. Gray, 1824)	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness

Bathyarca pectunculoides (Scacchi, 1834)	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Bela brachystoma (Philippi, 1844)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Bela cycladensis (Reeve, 1845)	Conidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Bela fuscata (Deshayes, 1836)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Bela laevigata (Philippi, 1836)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Bela menckhorsti Van Aartsen, 1988	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Bela nebula (Montagu, 1803)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Bela ornata (Locard, 1897)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Bela taprurensis (Pallary, 1904)	Conidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Bittium reticulatum (Da Costa, 1778)	Cerithiidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Bolinus brandaris (Linnaeus, 1758)	Muricidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Bornia sebetia Costa O.G., 1829	Kelliidae	Bivalvia	LmTL	Laminar contour & Trigonal outline & Light thickness
Bothryphallus epidauricus (Brusina, 1866)	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Caecum auriculatum De Folin, 1868	Caecidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Caecum subannulatum De Folin, 1870	Caecidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Caecum trachea (Montagu, 1803)	Caecidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Calliostoma conulus (Linnaeus, 1758)	Trochidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Calliostoma laugeri (Payraudeau, 1826)	Trochidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Callista chione (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Calyptrea chinensis (Linnaeus, 1758)	Calyptreaeidae	Gastropoda	FL	Flattened outline & Light thickness
Cardiomya costellata (Deshayes, 1835)	Cuspidariidae	Bivalvia	DsOL	
Cerastoderma edule (Linnaeus, 1758)	Cardiidae	Bivalvia	DsOH	
Cerastoderma glaucum (Poiret,	Cardiidae	Bivalvia	DsOH	

1789)				
Ceratia proxima (Forbes & Hanley, 1850 ex Alder ms.)	Iravadiidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Cerithidium submamillatum (De Rayneval & Ponzi, 1854)	Cerithiidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Cerithiopsis diadema Monterosato, 1874 ex Watson ms.	Cerithiopsidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Cerithium vulgatum Bruguère, 1792	Cerithiidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Chama gryphoides Linnaeus, 1758	Chamidae	Bivalvia	BvH	Bottom-varying outline & Heavy thickness
Chamelea gallina (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Bivalvia	LmTH	Laminar contour & Trigonal outline & Heavy thickness
Chamelea striatula (Da Costa, 1778)	Veneridae	Bivalvia	LmTH	Laminar contour & Trigonal outline & Heavy thickness
Chrisallida juliae (De Folin, 1872)		Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Cingula trifasciata (J. Adams, 1800)	Rissoiidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Clanculus corallinus (Gmelin, 1791)	Trochidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Clanculus cruciatus (Linnaeus, 1758)	Trochidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Clausinella brongniartii (Payraudeau, 1826)	Veneridae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Clausinella fasciata (Da Costa, 1778)	Veneridae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Cochlodesma praetenu (Pulteney, 1799)	Periplomatidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Columbella rustica (Linnaeus, 1758)	Columbellidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Comarmondia gracilis (Montagu, 1803)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Coralliophaga lithophagella (Lamarck, 1819)	Trapeziidae	Bivalvia	BvL	Bottom-varying outline & Light thickness
Corbula gibba (Olivi, 1792)	Corbulidae	Bivalvia	DsTH	Sferoidal contour & Trigonal outline & Heavy thickness
Crassadoma multistriata (Poli, 1795)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtM	Laminar contour & Pecten-shape outline & Medium thickness

Crepidula gibbosa DeFrance, 1818	Calyptraeidae	Gastropoda	FL	Flattened outline & Light thickness
Ctena decussata (Costa O.G., 1829)	Lucinidae	Bivalvia	DsCM	Sferoidal contour & Circular outline & Medium thickness
Cuspidaria abbreviata (Forbes, 1843)	Cuspidariidae	Bivalvia	DsTL	Sferoidal contour & Trigonal outline & Light thickness
Cuspidaria cuspidata (Olivi, 1792)	Cuspidariidae	Bivalvia	DsTL	Sferoidal contour & Trigonal outline & Light thickness
Cuspidaria elliptica Di Geronimo, 1974)	Cuspidariidae	Bivalvia	DsEsL	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Cuspidaria rostrata (Spengler, 1793)	Cuspidariidae	Bivalvia	DsOL	
Cyclope neritea (Linnaeus, 1758)	Nassariidae	Gastropoda	FH	Flattened outline & Heavy thickness
Cylichna cylindracea (Pennant, 1777)	Cylichnidae	Gastropoda	CyL	Cylindrical outline & Light thickness
Cylichna parvula Jeffreys, 1883	Cylichnidae	Gastropoda	CyL	Cylindrical outline & Light thickness
Cylichnina umbilicata (Montagu, 1803)	Retusidae	Gastropoda	CyL	Cylindrical outline & Light thickness
Dacrydium hyalinum Monterosato, 1875	Mytilidae	Bivalvia	DsEsL	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Digitaria digitaria (Linnaeus, 1758)	Astartidae	Bivalvia	DsCM	Sferoidal contour & Circular outline & Medium thickness
Diodora gibberula (Lamarck, 1822)	Fissurellidae	Gastropoda	PyEsH	Pyramidal & Heavy
Diodora graeca (Linnaeus, 1758)	Fissurellidae	Gastropoda	PyEsH	Pyramidal & Heavy
Diplodonta apicalis Philippi, 1836	Ungulinidae	Bivalvia	LmTL	Laminar contour & Trigonal outline & Light thickness
Diplodonta brocchi (Deshayes, 1852)	Ungulinidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Diplodonta rotundata (Montagu, 1803)	Ungulinidae	Bivalvia	DsCM	Sferoidal contour & Circular outline & Medium thickness
Dischides politus (S. Wood, 1842)	Gadilidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Divaricella angulifera Von Martens, 1880	Lucinidae	Bivalvia	LmCL	Laminar contour & Circular outline & Light thickness
Donacilla cornea (Poli, 1795)	Mesodesmatidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Donax semistriatus Poli, 1795	Donacidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness

Donax trunculus Linnaeus, 1758	Donacidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Donax variegatus Gmelin, 1791	Donacidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Donax venustus Poli, 1795	Donacidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Donax vittatus (Da Costa, 1778)	Donacidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Dosinia exoleta (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Bivalvia	LmCM	Laminar contour & Circular outline & Medium thickness
Dosinia lupinus (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Bivalvia	LmCM	Laminar contour & Circular outline & Medium thickness
Emarginella huzardii (Payraudeau, 1826)	Fissurellidae	Gastropoda	PyEsM	Pyamidal & Ellipsoidal & Medium
Emarginula rosea T. Bell, 1824	Fissurellidae	Gastropoda	PyEsL	Pyramidal & Light
Ennucula aegeensis (Forbes, 1844)	Nuculidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
Ensis ensis (Linnaeus, 1758)	Pharidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Ensis minor (Chenu, 1843)	Pharidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Entalina tetragona (Brocchi, 1814)	Entalinidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Epilepton clarkiae (Clark W., 1852)	Montacutidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
Episiphon rubescens (Deshayes, 1826)	Gadiliniidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Epitonium aculeatum (Allan, 1818)	Epitoniidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Epitonium candidissimum (Monterosato, 1877)	Epitoniidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Epitonium commune (Lamarck, 1822)	Epitoniidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Epitonium pulchellum (Bivona Ant., 1832)	Epitoniidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Epitonium turtoni (Turton, 1819)	Epitoniidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Ervilia castanea (Montagu, 1803)	Mesodesmatidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Eulima bilineata Alder, 1848	Eulimidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness

Eulima glabra (Da Costa, 1778)	Eulimidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Eulimella acicula (Philippi, 1836)	Eulimidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Eulimella cerullii (Cossmann, 1916)	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Eulimella scillae (Scacchi, 1835)	Eulimidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Eulimella unifasciata (Forbes, 1844)	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Euparthenia humboldti (Risso, 1826)	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Euspira catena (Da Costa, 1778)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Euspira fusca (Blainville, 1825)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Euspira guillemini (Payraudeau, 1826)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Euspira macilenta (Philippi, 1844)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Euspira pulchella (Risso, 1826)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Flexopecten flexuosus (Poli, 1795)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtM	Laminar contour & Pecten-shape outline & Medium thickness
Flexopecten glaber (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtM	Laminar contour & Pecten-shape outline & Medium thickness
Fusinus sanctaeluciae (Von Salis, 1793)	Fascioliidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Galeodea echinophora (Linnaeus, 1758)	Cassidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Gastrochaena dubia (Pennant, 1777)	Gastrochaenidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Gibberula miliaria (Linnaeus, 1758)	Marginellidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Gibbula ardens (Von Salis, 1793)	Trochidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Gibbula fanulum (Gmelin, 1791)	Trochidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Gibbula guttadauri (Philippi, 1836)	Trochidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Gibbula magus (Linnaeus, 1758)	Trochidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Glans elegans (Réquien, 1848)	Carditidae	Bivalvia	BvH	Bottom-varying outline & Heavy thickness
Glans trapezia	Carditidae	Bivalvia	BvH	Bottom-varying

(Linnaeus, 1767)				outline & Heavy thickness
Glycymeris bimaculata (Poli, 1795)	Glycymerididae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Glycymeris glycymeris (Linnaeus, 1758)	Glycymerididae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Glycymeris insubrica (Brocchi, 1814)	Glycymerididae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Gonilia calliglypta (Dall, 1903)	Astartidae	Bivalvia	DsTL	Sferoidal contour & Trigonal outline & Light thickness
Goodallia triangularis (Montagu, 1803)	Astartidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Gouldia minima (Montagu, 1803)	Veneridae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Granulina marginata (Bivona, 1832)	Cystiscidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Gregariella petagnae (Scacchi, 1832)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Haedropleura septangularis (Montagu, 1903)	Turridae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Hemilepton nitidum (Turton, 1822)	Lasaeidae	Bivalvia	LmCL	Laminar contour & Circular outline & Light thickness
Hexaplex trunculus (Linnaeus, 1758)	Muricidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Hiatella arctica (Linnaeus, 1767)	Hiatellidae	Bivalvia	BvM	Bottom-varying outline & Medium thickness
Hiatella rugosa (Linnaeus, 1767)	Hiatellidae	Bivalvia	BvM	Bottom-varying outline & Medium thickness
Homalopoma sanguineum (Linnaeus, 1758)	Colloniidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Hyalia vitrea (Montagu, 1803)	Iravadiidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Irus irus (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Bivalvia	BvM	Bottom-varying outline & Medium thickness
Jujubinus exasperatus (Pennant, 1777)	Trochidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Jujubinus striatus (Linnaeus, 1758)	Trochidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Kellia suborbicularis (Montagu, 1803)	Kelliidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness

Kelliella abyssicola (Forbes, 1844)	Kelliellidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Laevicardium crassum (Gmelin, 1791)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
Laevicardium oblongum (Gmelin, 1791)	Cardiidae	Bivalvia	DsPeH	Sferoidal contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
Lembulus pellus (Linnaeus, 1767)	Nuculanidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Lentidium mediterraneum (O.G. Costa, 1839)	Corbulidae	Bivalvia	LmTL	Laminar contour & Trigonal outline & Light thickness
Leptaxinus ferruginosus (Forbes, 1844)	Thyasiridae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Lima lima (Linnaeus, 1758)	Limidae	Bivalvia	LmPeH	Laminar contour & Paraellipsoidal outline & Heavy thickness
Lima tuberculata (Olivi, 1792)	Limidae	Bivalvia	LmPeM	Laminar contour & Paraellipsoidal outline & Medium thickness
Limatula subauriculata (Montagu, 1808)	Limidae	Bivalvia	LmPeL	Laminar contour & Paraellipsoidal outline & Light thickness
Limatula subovata (Jeffreys, 1876)	Limidae	Bivalvia	LmPeL	Laminar contour & Paraellipsoidal outline & Light thickness
Limea loscombii (G.B. Sowerby I, 1823)	Limidae	Bivalvia	LmPeL	Laminar contour & Paraellipsoidal outline & Light thickness
Lissopecten hyalinus (Poli, 1795)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtL	Laminar contour & Pecten-shape outline & Light thickness
Lithophaga lithophaga (Linnaeus, 1758)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Loripes lucinalis (Lamarck, 1818)	Lucinidae	Bivalvia	DsCM	Sferoidal contour & Circular outline & Medium thickness
Lucinella divaricata (Linnaeus, 1758)	Lucinidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Lucinoma boreale (Linnaeus, 1767)	Lucinidae	Bivalvia	DsCM	Sferoidal contour & Circular outline & Medium thickness
Lutraria lutraria (Linnaeus, 1758)	Mactridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Lyonsia norwegica (Gmelin, 1791)	Lyonsiidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Mactra stultorum (Linnaeus, 1758)	Mactridae	Bivalvia	DsTM	Sferoidal contour & Trigonal outline & Medium thickness

Mangelia attenuata (Montagu, 1803)	Conidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Mangelia bertrandii (Payraudeau, 1826)	Conidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Mangelia coarctata (Forbes, 1840)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Mangelia costata (Donovan, 1804)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Mangelia costulata (Blainville, 1829)	Conidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Mangelia goodallii Reeve, 1846 ex Gray J.E. ms.	Conidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Mangelia scabrida Monterosato, 1890	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Mangelia taeniata (Deshayes, 1835)	Conidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Mangelia unifasciata (Deshayes, 1835)	Conidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Mangelia vauquelini (Payraudeau, 1826)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Melanella boscii (Payraudeau, 1827)	Eulimidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Melanella lineata (Monterosato, 1869)	Eulimidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Melanella polita (Linnaeus, 1758)	Eulimidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Mimachlamys varia (Linnaeus, 1758)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtM	Laminar contour & Pecten-shape outline & Medium thickness
Mitra cornea Lamarck, 1811	Mitridae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Mitrella gervillii (Payraudeau, 1826)	Columbellidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Mitrella scripta (Linnaeus, 1758)	Columbellidae	Gastropoda	EH	Elongated outline & Heavy thickness
Modiolarca subpicta (Cantraine, 1835)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Modiolula phaseolina (Philippi, 1844)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsL	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Modiolus adriaticus (Lamarck, 1819)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Modiolus barbatus (Linnaeus, 1758)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Montacuta substriata (Montagu, 1808)	Montacutidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
Musculus costulatus (Risso, 1826)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsL	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline &

Musculus discors (Linnaeus, 1767)	Mytilidae	Bivalvia	DsEsL	Light thickness Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Myrthea spinifera (Montagu, 1803)	Lucinidae	Bivalvia	LmCM	Laminar contour & Circular outline & Medium thickness
Mysella bidentata (Montagu, 1803)	Montacutidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
Mysia undata (Pennant, 1777)	Petricolidae	Bivalvia	DsCM	Sferoidal contour & Circular outline & Medium thickness
Mytilus galloprovincialis Lamarck, 1819	Mytilidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Nassarius cuvierii (Payraudeau, 1826)	Nassariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Nassarius incrassatus (Stroem, 1768)	Nassariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Nassarius lima (Dillwyn, 1817)	Nassariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Nassarius mutabilis (Linnaeus, 1758)	Nassariidae	Gastropoda	GM	Globose outline & Medium thickness
Nassarius pygmaeus (Lamarck, 1822)	Nassariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Nassarius reticulatus (Linnaeus, 1758)	Nassariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Natica dillwynii Payraudeau, 1826	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Natica hebraea (Martyn, 1784)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Natica stercusmuscarum (Gmelin, 1791)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Neolepton sulcatulum (Jeffreys, 1859)	Neoleptonidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Neverita josephina Risso, 1826	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Nucula hanleyi Winckworth, 1931	Nuculidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
Nucula nitidosa Winckworth, 1930	Nuculidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Nucula nucleus (Linnaeus, 1758)	Nuculidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Nucula sulcata Bronn, 1831	Nuculidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Nuculana illirica Carrozza, 1987	Nuculanidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness

Nuculoma tenuis (Montagu, 1808)	Nuculidae	Bivalvia	LmOM	Laminar contour & Oval outline & Medium thickness
Obtusella intersecta (Wood S.W., 1857)	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Ocinebrina aciculata (Lamarck, 1822)	Muricidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Ocinebrina edwardsii (Payraudeau, 1826)	Muricidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Odostomia acuta Jeffreys, 1848	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Odostomia conoidea (Brocchi, 1814)	Pyramidellidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Odostomia lukisii Jeffreys, 1859	Pyramidellidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Odostomia plicata (Montagu, 1803)	Pyramidellidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Odostomia scalaris Mac Gillivray, 1843	Pyramidellidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Odostomia sicola Philippi, 1851	Pyramidellidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Odostomia suboblonga Jeffreys, 1884	Pyramidellidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Odostomia unidentata (Montagu, 1803)	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Ondina warreni (Thompson, 1845)	Pyramidellidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Onoba sp.	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Ostrea edulis Linnaeus, 1758	Ostreidae	Bivalvia	BvH	Bottom-varying outline & Heavy thickness
Palliolum incomparabile (Risso, 1826)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtL	Laminar contour & Pecten-shape outline & Light thickness
Pandora inaequivalvis (Linnaeus, 1758)	Pandoridae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Pandora pinna (Montagu, 1803)	Pandoridae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Paphia aurea (Gmelin, 1791)	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Paphia lucens Locard, 1886	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Paphia rhomboides (Pennant, 1777)	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Parvicardium	Cardiidae	Bivalvia	DsOM	

exiguum (Gmelin, 1791)				
Parvicardium minimum (Philippi, 1836)	Cardiidae	Bivalvia	DsCL	Sferoidal contour & Circular outline & Light thickness
Parvicardium ovale (G.B. Sowerby II, 1840)	Cardiidae	Bivalvia	DsOH	
Parvicardium roseum (Lamarck, 1819)	Cardiidae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Payraudeautia intricata (Donovan, 1804)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Peringiella elegans (Locard, 1892)	Rissoiidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Pharus legumen (Linnaeus, 1758)	Pharidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Phaxas adriaticus (Coen, 1933)	Pharidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Phaxas pellucidus (Pennant, 1777)	Pharidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Pholadomya loveni Jeffreys, 1882	Pholadomyidae	Bivalvia	DsTL	Sferoidal contour & Trigonal outline & Light thickness
Pinna nobilis Linnaeus, 1758	Pinnidae	Bivalvia	LmTH	Laminar contour & Trigonal outline & Heavy thickness
Pisinna glabrata (Von Muehlfeldt, 1824)	Anabathridae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Pitar rudis (Poli, 1795)	Veneridae	Bivalvia	DsTM	Sferoidal contour & Trigonal outline & Medium thickness
Plagiocardium papillosum (Poli, 1795)	Cardiidae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Pododesmus patelliformis (Linnaeus, 1761)	Anomiidae	Bivalvia	BvM	Bottom-varying outline & Medium thickness
Poromya granulata (Nyst & Westendorp, 1839)	Poromyidae	Bivalvia	DsOL	
Psammobia costulata Turton, 1822	Psammobiidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Psammobia depressa (Pennant, 1777)	Psammobiidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Psammobia fervensis (Gmelin, 1791)	Psammobiidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness

Puncturella noachina (Linnaeus, 1771)	Fissurellidae	Gastropoda	PyEsH	Pyramidal & Heavy
Pusillina inconspicua (Alder, 1844)	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Pusillina philippi (Aradas & Maggiore, 1844)	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Pusillina radiata (Philippi, 1836)	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Raphitoma concinna (Scacchi, 1836)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Raphitoma cordieri (Payraudeau, 1826)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Raphitoma echinata (Brocchi, 1814)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Raphitoma leufroyi (Michaud, 1828)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Raphitoma linearis (Montagu, 1803)	Conidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Retusa truncatula (Bruguère, 1792)	Retusidae	Gastropoda	CyL	Cylindrical outline & Light thickness
Ringicula auriculata (Ménard de la Groye, 1811)	Ringiculidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Ringicula conformis (Monterosato, 1877)	Ringiculidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Rissoa decorata Philippi, 1846	Rissoidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Rissoa monodonta Philippi, 1836	Rissoidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Rissoa paradoxa (Monterosato, 1884)	Rissoidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Rissoa similis Scacchi, 1836	Rissoidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Rissoa ventricosa Desmarest, 1814	Rissoidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Rissoa violacea Desmarest, 1814	Rissoidae	Gastropoda	PM	Pupoid outline & Medium thickness
Roxania utriculus (Brocchi, 1814)	Cylichnidae	Gastropoda	GL	Globose outline & Light thickness
Saccella commutata (Philippi, 1844)	Nuculanidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Saxicavella jeffreysi Winckworth, 1930	Hiatellidae	Bivalvia	DsOL	
Scapharca inaequivalvis (Bruguère, 1789)	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Scissurella costata D'Orbigny, 1824	Scissurellidae	Gastropoda	GL	Globose outline & Light thickness
Scrobicularia	Scrobiculariidae	Bivalvia	LmOM	Laminar contour &

cottardi (Payraudeau, 1826)				Oval outline & Medium thickness
Scrobicularia plana (Da Costa, 1778)	Scrobiculariidae	Bivalvia	LmOM	Laminar contour & Oval outline & Medium thickness
Similipecten similis (Laskey, 1811)	Pectinidae	Bivalvia	LmPtL	Laminar contour & Pecten-shape outline & Light thickness
Simnia nicaeensis Risso, 1826	Ovulidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Smaragdia viridis (Linnaeus, 1758)	Neritidae	Gastropoda	GL	Globose outline & Light thickness
Solecurtus strigilatus (Linnaeus, 1758)	Solecurtidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Solemya togata (Poli, 1795)	Solemyidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Solen marginatus Pulteney, 1799	Solenidae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Sphenia binghami Turton, 1822	Myidae	Bivalvia	BvM	Bottom-varying outline & Medium thickness
Spisula solida (Linnaeus, 1758)	Mactridae	Bivalvia	LmOM	Laminar contour & Oval outline & Medium thickness
Spisula subtruncata (Da Costa, 1778)	Mactridae	Bivalvia	DsTM	Sferoidal contour & Trigonal outline & Medium thickness
Striarca lactea (Linnaeus, 1758)	Arcidae	Bivalvia	DsEsH	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Heavy thickness
Tapes decussatus (Linnaeus, 1758)	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Tapes philippinarum (Adams & Reeve, 1850)	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Tectonatica filosa Philippi, 1845	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Tectonatica rizzae (Philippi, 1844)	Naticidae	Gastropoda	GH	Globose outline & Heavy thickness
Tellimya ferruginosa (Montagu, 1808)	Montacutidae	Bivalvia	DsEsL	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Tellina balaustina Linnaeus, 1758	Tellinidae	Bivalvia	DsTL	Sferoidal contour & Trigonal outline & Light thickness
Tellina compressa Brocchi, 1814	Tellinidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Tellina crassa Pennant, 1777	Tellinidae	Bivalvia	DsOM	
Tellina distorta Poli, 1791	Tellinidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness

Tellina donacina Linnaeus, 1758	Tellinidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Tellina fabula Gmelin, 1791	Tellinidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Tellina incarnata Linnaeus, 1758	Tellinidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Tellina nitida Poli, 1791	Tellinidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Tellina planata Linnaeus, 1758	Tellinidae	Bivalvia	LmOM	Laminar contour & Oval outline & Medium thickness
Tellina pulchella Lamarck, 1818	Tellinidae	Bivalvia	LmEsM	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Tellina pygmaea Lovén, 1846	Tellinidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Tellina serrata Brocchi, 1814	Tellinidae	Bivalvia	LmTM	Laminar contour & Trigonal outline & Medium thickness
Tellina tenuis Da Costa, 1778	Tellinidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness
Thracia convexa (W. Wood, 1815)	Thraciidae	Bivalvia	DsTM	Sferoidal contour & Trigonal outline & Medium thickness
Thracia corbuloides Deshayes, 1830	Thraciidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Thracia distorta (Montagu, 1803)	Thraciidae	Bivalvia	BvM	Bottom-varying outline & Medium thickness
Thracia papyracea (Poli, 1791)	Thraciidae	Bivalvia	LmEsL	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Light thickness
Thracia pubescens (Pulteney, 1799)	Thraciidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Thracia villosiuscula (Mac Gillivray, 1827)	Thraciidae	Bivalvia	DsEsM	Sferoidal contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Thyasira biplicata (Philippi, 1836)	Thyasiridae	Bivalvia	LmPeL	Laminar contour & Paraellipsoidal outline & Light thickness
Timoclea ovata (Pennant, 1777)	Veneridae	Bivalvia	DsTM	Sferoidal contour & Trigonal outline & Medium thickness
Tricolia pullus (Linnaeus, 1758)	Tricoliidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Tricolia speciosa (Von Muehlfeldt, 1824)	Tricoliidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Tricolia tenuis (Michaud, 1829)	Tricoliidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness

Trophonopsis muricatus (Montagu, 1803)	Muricidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Truncatella subcylindrica (Linnaeus, 1767)	Truncatellidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Turbonilla gradata Bucquoy, Dautzenberg & Dollfus, 1883	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Turbonilla hamata Nordsieck F., 1972	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Turbonilla lactea (Linnaeus, 1758)	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Turbonilla pseudogradata Nordsieck F., 1972	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Turbonilla rufa (Philippi, 1836)	Pyramidellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EL	Elongated outline & Light thickness
Turritella communis Risso, 1826	Turritellidae	Gastropoda - Scaphopoda	EM	Elongated outline & Medium thickness
Venericardia antiquata (Linnaeus, 1758)	Carditidae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Venerupis senegalensis (Gmelin, 1791)	Veneridae	Bivalvia	LmEsH	Laminar contour & Ellipsoidal outline & Medium thickness
Ventrosia ventrosa (Montagu, 1803)	Hydrobiidae	Gastropoda	PL	Pupoid outline & Light thickness
Venus casina Linnaeus, 1758	Veneridae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Venus verrucosa Linnaeus, 1758	Veneridae	Bivalvia	DsCH	Sferoidal contour & Circular outline & Heavy thickness
Vexillum ebenus (Lamarck, 1811)	Costellariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Vexillum tricolor (Gmelin, 1790)	Costellariidae	Gastropoda	PH	Pupoid outline & Heavy thickness
Weinkauffia turgidula (Forbes, 1844)	Haminoeidae	Gastropoda	GL	Globose outline & Light thickness
Yoldiella lucida (Lovén, 1846)	Yoldiidae	Bivalvia	LmOL	Laminar contour & Oval outline & Light thickness