

R. CHEMELLO

Dipartimento di Ecologia, Università di Palermo, Via Archirafi, 28 - 90123 Palermo, Italia.
chemello@unipa.it

LE BIOCOSTRUZIONI MARINE IN MEDITERRANEO. LO STATO DELLE CONOSCENZE SUI REEF A VERMETI

MARINE BIOCONSTRUCTIONS IN THE MEDITERRANEAN SEA. A STATE-OF-THE-ART ON THE VERMETID REEF

Abstract - *Vermetid reefs are among the more important bioconstruction of the Mediterranean Sea with a restricted distribution in the southern part of the basin. Their high heterogeneity and the associated biodiversity make their conservation a priority issue for the Mediterranean region.*

Key-words: *bioconstruction, habitat heterogeneity, biodiversity, vermetids, Mediterranean Sea.*

Introduzione - Una biocostruzione è qualsiasi struttura edificata da esseri viventi che si eleva dal fondo verso la superficie del mare e modifica, sia fisicamente che ecologicamente, l'ambiente locale (Fagerstrom, 1987; Bianchi e Morri, 1996; Bianchi, 2001). Le biocostruzioni tendono ad aumentare di volume o di spessore per l'accumularsi di generazioni successive di organismi, ma possono andare incontro a distruzione in seguito all'azione di organismi demolitori, secondo un ciclo di bioerosione (Bressan *et al.*, 2001).

Le biocostruzioni, indipendentemente dalla loro origine, possiedono alcune caratteristiche uniche. La prima, e probabilmente più importante, è data dalla complessità della struttura, che dipende a sua volta da numerosi fattori, sia di origine biotica (le specie biocostruttrici e le loro forme di crescita) che abiotica (la morfologia e la geologia dei fondali, l'esposizione, la profondità ecc.). Un secondo attributo riguarda la rigidità della struttura, in quanto tutti i biocostruttori tendono a depositare carbonato di calcio sottoforma di scheletro o conchiglia. Questa caratteristica determina sia una maggiore resistenza generale della struttura agli agenti disgreganti o demolitori sia una maggiore stabilità di habitat nel tempo (Safriel e Ben-Eliahu, 1991).

Tutte le biocostruzioni possiedono, poi, un rilievo topografico positivo, che deriva da una risposta di tipo fisiologico degli *habitat formers* a determinati fattori quali, ad esempio: contrastare la sedimentazione, mantenere le zooxantelle simbionti alla migliore efficienza ecc. A questo corrisponde anche un tasso di crescita elevato, necessario per contrastare l'erosione marina e lo smantellamento da parte degli organismi perforanti. Alle biocostruzioni si associa, inoltre, un alto tasso di produzione di sedimento, che risulta complementare al tasso di crescita elevato, in quanto il bilancio tra crescita ed erosione/distruzione è positivo. Su questo rapporto può influire la modalità di crescita della struttura che, in alcuni casi particolari, può determinare una sorta di "suicidio" con la distruzione della formazione dovuta ad eventi catastrofici (Antonioli *et al.*, 1999).

Le biocostruzioni sono soggette anche all'influenza di diversi fattori che tendono a modificare le caratteristiche della struttura a diverse scale. Tra questi vanno considerate: le variazioni di temperatura, salinità, ossigeno e pH a diverse scale temporali, che provocano una diminuzione della diversità degli organismi costruttori, soprattutto dei *taxa* stenovalenti (Hughes *et al.*, 2003; Hall-Spencer *et al.*, 2008); le variazioni della concentrazione dell'anidride carbonica atmosferica, che influiscono sulla precipitazione del carbonato di calcio e, quindi, sulla solidità della struttura (Kauffman e Fagerstrom, 1993); le attività umane, che, oltre a danneggiare direttamente la struttura, possono determinare un aumento di torbidità, capace di compromettere la funzionalità della biocostruzione o addirittura provocarne il

soffocamento (Sheppard, 2001); gli innalzamenti del livello del mare che, sebbene da una parte possono determinare l'espansione delle zone tropicali (fino al 25%, secondo Ricklefs e Schluter, 1993) e maggiori connessioni tra mari separati (maggiore flusso genico e maggiore competizione-partizione di nicchia), dall'altra possono causare "l'affogamento" delle biocostruzioni più superficiali e la diminuzione dell'efficienza della fotosimbiosi, se presente (Kauffman e Fagerstrom, 1993); i movimenti tettonici che, nelle aree in cui sono frequenti, non consentono il mantenimento funzionale delle bioformazioni per lunghi periodi di tempo.

Le biocostruzioni hanno, inoltre, assunto un'importanza particolare nei processi di conservazione (ad es. Ballesteros, 2006), sebbene la maggior parte di esse sia poco conosciuta e, nonostante le raccomandazioni sulla vulnerabilità, il loro uso non sia in alcun modo regolamentato (Laborel, 1987).

Dato che le biocostruzioni erano già state oggetto di una sessione del 31° Congresso della Società Italiana di Biologia Marina nel 2000 (Bianchi, 2001; Bressan *et al.*, 2001), questo contributo è stato indirizzato a riassumere lo stato dell'arte sulle formazioni a vermeti del Mediterraneo. Nel testo viene utilizzato il termine *reef* per tutte le biocostruzioni a vermeti, ove non diversamente specificato, sebbene i *reef* siano solamente una delle diverse tipologie di biocostruzione.

Una breve storia dello studio dei reef a vermeti in Mediterraneo - Nel 1854, Monsieur de Quadrefages, un naturalista francese in viaggio di studio in Sicilia, descrisse una sorta di *trottoir* (marciapiede) che bordava la costa di Torre di Isola, vicino a Palermo, costituito da molluschi gasteropodi sessili della famiglia Vermetidae. Fino a quel momento, uno dei più originali gruppi di gasteropodi marini era stato trascurato dalla maggior parte dei malacologi ottocenteschi proprio a causa della difficoltà di determinazione specifica. Solamente il Marchese di Monterosato (1892), dopo i lavori di Antonio Bivona (1832) e di Biondi (1857), ne riordinò la tassonomia e descrisse numerose nuove specie delle coste mediterranee, citando solo per alcune la tendenza al gregarismo.

Dopo il resoconto dei viaggi di De Quadrefages passerà circa un secolo prima che altri due naturalisti francesi, Roger Molinier e Jacques Picard (1954), ridescrivessero per la stessa località i *trottoir* a vermeti, fornendo uno schema dei due tipi di struttura presenti lungo le coste siciliane: la cornice e la piattaforma.

Lungo le coste israeliane, per i *reef* vengono descritti sia le morfologie particolari, come gli atolli (Safriel, 1974, 1974), che i rapporti strutturali con gli altri organismi della comunità (Safriel e Ben-Eliahu, 1991). Nel Mediterraneo occidentale, invece, le ricerche si concentrano soprattutto sugli aspetti bionomici (per tutti Pérès e Picard, 1964) e sull'uso dei vermeti come indicatori biologici dell'innalzamento del livello del mare (Laborel e Laborel-Deguen, 1994).

Dopo altri trent'anni, il gruppo di ecologia dell'Università di Palermo riprende le ricerche dei francesi e descrive sia le principali tipologie di *reef* (Chemello, 1989; Badalamenti *et al.*, 1992a,b) sia la distribuzione delle strutture lungo le coste siciliane (Chemello *et al.*, 1990), valutando l'importanza ecologica della presenza del *reef* stesso (Pandolfo *et al.*, 1996).

Cosa sono e come sono fatti - I *reef* a vermeti sono il prodotto dell'azione costruttrice di due specie: il Mollusco gasteropode Vermetide *Dendropoma (Novastoa) petraeum* (Monterosato, 1892) e la Rodoficea incrostante *Neogoniolithon brassica-florida* (Harvey) Setchell & Mason (1943). Alla costruzione della struttura partecipano spesso il Vermetide *Vermetus (V.) triquetrus* A. Bivona, 1832, *Lithophyllum byssoides* (Lamarck) Foslie (1900), *Lithophyllum incrustans* Philippi (1837) e *Neogoniolithon mamillosum* (Hauck) Setchell & Mason (1943) (Bressan e Babbini, 2003).

Dalla descrizione dei reef siciliani e dai dati presenti in letteratura, è possibile definire un modello di struttura generale (Fig. 1), lungo il quale sono distribuite le diverse componenti, secondo un transetto trasversale dalla costa verso il mare

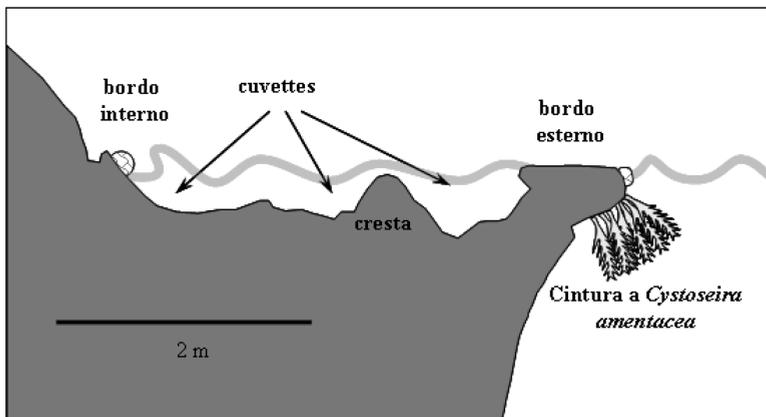


Fig. 1 - Modello strutturale di reef a vermeti.

Model of vermetid reef structure.

aperto (Chemello *et al.*, 2000): 1 - una cornice prossimale, di pochi centimetri di spessore e considerata un marcatore superiore del reef, formata dalle incrostazioni di due alghe rodofeece, *Neogoniolithon brassica-florida* e *Lithophyllum byssoides*. Questa formazione è presente in molte coste mediterranee, dove spesso vicaria le strutture a vermeti in condizioni di ridotta luminosità, o dove *Dendropoma* non è presente. 2 - una incrostazione di *Dendropoma petraeum*, indicata come "bordo interno", spessa alcuni centimetri ed ampia da pochi centimetri a meno di mezzo metro, in funzione dell'esposizione all'idrodinamismo. 3 - una o più depressioni nella piattaforma, denominate *cuvettes*, dal diametro variabile da qualche decimetro ad oltre un metro ed una profondità generalmente inferiore ai 50 cm. Nei casi di maggiore estensione le *cuvettes* possono essere omologate a piccole lagune retrorificiali ed essere occupate anche da chiazze di *Posidonia oceanica* o da alghe fotofile come *Sargassum* spp. e *Cystoseira* spp. 4 - un bordo esterno, costituito da una spessa incrostazione di *Dendropoma*, a volte superiore ai 40 cm di ampiezza ed ai 50 cm di spessore, molto articolata e fessurata, che rappresenta la vera porzione attiva della piattaforma, in espansione verso il largo e verso l'alto. 5 - una cintura infralitorale a *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, posta inferiormente al margine esterno della piattaforma. In alcune condizioni, all'esterno del reef si forma un complesso di piccole strutture, definite isole, prodotto dell'erosione differenziale tra la costa ed il reef stesso (Fig. 2). Una tipica piattaforma a vermeti mostra, quindi, una zonazione articolata fra i piani mesolitorale inferiore ed infralitorale superiore (*sensu* Pérès & Picard, 1964).

I reef a vermeti si insediano, quindi, nella zona inferiore del mesolitorale e nell'infralitorale superiore unicamente sulle coste rocciose, con formazioni sempre meno imponenti a seconda del tipo di roccia. In ordine di importanza decrescente: calcareniti, calcari, dolomie, basalti e flysch (Chemello, 1989; Chemello *et al.*, 1990). La presenza di una piattaforma di abrasione è, comunque, la condizione fondamentale per la formazione di un vero reef. Schiaparelli *et al.* (2003) osservano, però, che sulle coste della Sardegna *Dendropoma petraeum* preferisca colonizzare i graniti rispetto a quanto non faccia sui calcari. Probabilmente il risultato evidenzia

una tendenza dei giovanili a preferire substrati con minore competizione con le alghe all'insediamento.



Fig. 2 - Distribuzione delle diverse porzioni di un reef a vermeti.

Spatial distribution of vermetid reef patches.

Un secondo fattore limitante la distribuzione e la dimensione delle strutture su piccola scala è l'idrodinamismo superficiale: risulta, infatti, assai difficile trovare delle piattaforme sviluppate in ambienti riparati in cui le acque siano poco mosse. In Sicilia, le piattaforme a vermeti sono presenti lungo tutte le coste esposte a Nord/Nord-Ovest mentre formazioni meno imponenti si hanno lungo le coste esposte a Nord-Est. Infine, anche l'inclinazione della costa regola la forma e la dimensione della biocostruzione. I reef di dimensioni maggiori si hanno con un profilo costiero a pendenza compresa tra 15° e 40° rispetto alla linea di orizzonte (considerata come 0°). Tra 0° (coste piatte) e 15° le formazioni sono ridotte di spessore ed ampiezza e si trovano sottoforma di cornici o concrezionamenti sottili mentre oltre i 40° (coste a falesia), le formazioni si riducono rapidamente e già a 50° non sono più presenti.

Quanti tipi ne esistono? - Trascurando l'incrostazione, il tipo più semplice di formazione presente lungo molte coste del Mediterraneo, le biocostruzioni a *Dendropoma* si sviluppano secondo quattro morfologie principali: 1 – cornice (*ledge*). Questa morfologia si presenta soprattutto lungo le coste, i promontori e le falesie esposte all'idrodinamismo più intenso. La struttura biogenica è generalmente di ampiezza inferiore al metro e di 10-20 cm di spessore lungo il margine esterno. Il meccanismo di formazione delle cornici a *Dendropoma* è descritto da Laborel (1987) per le strutture osservate in Corsica. Sia le cornici che le più semplici incrostazioni sono le formazioni più comuni nelle coste soggette ad una colonizzazione primaria, come ad esempio le isole vulcaniche o i singoli massi di crollo. Le cornici sono anche presenti in aree colonizzate da tempo ma nelle quali lo sviluppo di un vero reef è limitato dalla morfologia costiera sfavorevole o dall'esposizione al moto ondoso. 2 – Piattaforme o "true reef". Questa morfologia corrisponde ai classici *trottoir* a vermeti descritti da Pérès e Picard (1952) e da Molinier e Picard (1953). Le

piattaforme possono essere ampie anche 10 m, con un margine esterno spesso fino a 40-45 cm. La parte inferiore della struttura, sulla quale poggia il margine esterno, viene continuamente erosa e tende a formare un ripido gradino, alto da 40 cm ad oltre 1 metro. I *reef* a vermeti si formano soprattutto sulle piattaforme di abrasione, sebbene una morfologia simile si presenti anche quando i vermeti colonizzano in modo continuo gli insiemi di massi di crollo. I *reef* a *Dendropoma* costituiscono circa il 90% di tutte le strutture a vermeti siciliane e la maggior parte di quelle spagnole ed israeliane. 3 – “Funghi” (*Mushroom-like pillars*). Queste originali formazioni sono probabilmente il prodotto di due differenti processi di formazione (Antonioli *et al.*, 1999). La causa principale di sviluppo delle forme a “fungo” deriva dai diversi gradi di resistenza all’erosione meccanica (e, probabilmente, chimica) delle formazioni rocciose e delle sovrastanti strutture a vermeti. La roccia-madre viene erosa ad un ritmo più elevato rispetto alla biocostruzione, che risulta capace di compensare l’erosione attraverso la formazione continua di un margine esterno. Ad uno stadio maturo del processo, la morfologia della struttura è quella di un largo “cappello” che cresce sopra una base (il “gambo”) più sottile. Nel secondo caso, le cornici a vermeti crescono sui massi caduti alla base della falesia. L’evoluzione della struttura porta, sempre per erosione differenziale tra il masso e la cornice, ad una forma a “fungo”. Le serie che portano, attraverso i due meccanismi, alla formazione di “funghi” sono osservabili lungo le coste rocciose dello Zingaro e di Capo San Vito, nella Sicilia nordoccidentale. 4 – microatollo-*reef*. La morfologia a microatollo-*reef* è stata descritta da Safriel (1966, 1974) per le coste Israeliane e da Kelletat (1979) per Creta. Quest’ultimo tipo di struttura è il frutto dell’interazione tra erosione e biocostruzione su rocce particolarmente “morbide” come le eolianiti (Laborel, 1987).

Distribuzione dei reef a vermeti nel Mediterraneo - In Mediterraneo le piattaforme si ritrovano prevalentemente sulle coste con temperature medie superficiali non inferiori ai 14 °C in inverno ed ai 24 °C in estate. Il limite settentrionale di distribuzione sembra non superare i 38° lat. Nord, sebbene Laborel (1987) citi dei ritrovamenti per la Corsica settentrionale (Molinier, 1955a,b) apparentemente non più confermati da osservazioni dirette.

La distribuzione attuale dei *reef* comprende l’intera parte centro-meridionale del bacino, anche se la maggior frequenza di ritrovamento si presenta nel settore orientale (Fig. 3). Le strutture probabilmente più imponenti sono state descritte lungo le coste israeliane (Safriel, 1966, 1974, 1975), sia sottoforma di *reef* che di atollo. Sono state segnalate anche in Libano (Dalongeville, 1977; Bitar e Bitar-Kouli, 1995a,b), nella Turchia meridionale (Laborel, 1987) e a Creta (Kelletat, 1979; Laborel, 1987). Per l’isola di Malta Azzopardi (1992) ed Azzopardi e Schembri (1997) descrivono prevalentemente incrostazioni e morfologie a cornice, sebbene sia nota la presenza di veri *reef* (Richards, 1983). In Algeria Pérès e Picard (1952) e Boudouresque e Cinelli (1976) segnalano le piattaforme in due località: Tipaza e Fouka-Marine.

In Spagna le formazioni a vermeti sono prevalentemente distribuite tra Capo La Nao, nel litorale di Alicante, e Cabo de Gata (Almeria), nel Sud-Est della penisola iberica (Templado *et al.*, 1992; Garcia-Raso *et al.*, 1992). Verso nord, superando Capo La Nao, sono state descritte solamente piccole strutture isolate, mentre la distribuzione della specie non supera il delta dell’Ebro (Tarragona). Verso sud, tra Cabo de Gata e Gibilterra, le formazioni sono scarse. Nel Marocco mediterraneo sono state segnalate alcune piccole formazioni (Gofas, in Templado *et al.*, 1992). Alcune biocostruzioni ben sviluppate sono state descritte anche a Ibiza e Formentera, nelle Isole Baleari (Templado *et al.*, 1992; Garcia-Raso *et al.*, 1992). Le formazioni descritte per quest’area sono prevalentemente a *reef* e a cornice, del tutto confrontabili con quelle siciliane, sia in termini di estensione che di ampiezza. Solo per Capo de Gata e per Capo La Nao sono stati descritti dei microatolli simili a quelli israeliani.



Fig. 3 - Distribuzione dei reef a vermeti in Mediterraneo. La dimensione dei cerchi è proporzionale alla dimensione dei reef.

Vermetid reef distribution in the Mediterranean Sea. Dot size is proportional to the reef surface length.

In Italia continentale non sono mai stati scientificamente descritti dei reef a vermeti, sebbene siano note alcune strutture per l'isola di Licosa, in Campania (Russo G.F., com. pers.) ed a Campomarino (Taranto, Silenzi S., com. pers.) in Puglia. Scuderi et al. (1998) riportano la specie fino a Ischia e la costiera del Golfo di Napoli, mentre Schiaparelli *et al.* (2003) la citano per la Sardegna nord-orientale, tra Capo Figari e l'Isola di Tavolara, con delle formazioni a cornice (Fig. 4).

Le strutture attualmente descritte con le dimensioni maggiori si trovano in Sicilia, sulla fascia costiera tirrenica, tra il promontorio di Cefalù e la costa di Trapani, e nelle Isole Egadi. Alcune spesse incrostazioni e delle cornici sono segnalate sulla costa ionica di Sud-Est, in provincia di Siracusa, mentre un rinvenimento puntiforme, con una struttura di dimensioni medio-piccole, riguarda il versante Sud dell'isola di Lampedusa. Piccole formazioni sono presenti anche ad Ustica, mentre sembrano del tutto assenti dalle Eolie e dalle altre piccole isole circumsiciliane (Chemello *et al.*, 2000). Solo recentemente sono state segnalate delle incrostazioni e delle cornici per Capo Milazzo (Consoli *et al.*, 2008) e per Taormina.

Biodiversità: il ruolo della piattaforma - Per capire realmente il ruolo ecologico di una reef a vermeti, bisognerebbe prima dare uno sguardo alle aree in cui *Dendropoma petraeum* non trova le condizioni ottimali di insediamento e sviluppo. I popolamenti marini di coste rocciose prive di reef si distribuiscono ordinatamente lungo gradienti verticali, regolati dall'energia idrodinamica e dall'escursione di marea. La composizione dei popolamenti è ripetibile, moderatamente prevedibile, ma è comunque limitata ad uno spazio a due dimensioni. Lungo coste rocciose in cui è possibile uno sviluppo della piattaforma parallelo alla superficie del mare, i popolamenti della *cuvette* si distribuiscono in funzione della distanza dal mare e di una dimensione spaziale in più conferita proprio dall'orizzontalità della piattaforma. In queste condizioni, aumentano le 'opportunità' ecologiche per specie animali e



Fig. 4 - Distribuzione in Italia dei reef a vermeti.

Distribution of vermetid reef in Italy.

vegetali, e questo finisce col creare un sistema a mosaico particolarmente complesso, entro cui si distribuiscono in modi diversi centinaia di specie di invertebrati e diverse decine di specie ittiche (Fig. 5). In uno studio comparativo tra coste con reef a vermeti e coste nelle quali queste strutture sono assenti, Pandolfo *et al.* (1996) mettono in evidenza come la presenza delle formazioni contribuisca ad aumentare la diversità dei popolamenti a Molluschi associati, determinando soprattutto un aumento dell'ampiezza di nicchia delle specie infralitorali.

Non esistono ad oggi studi complessivi sulla biodiversità dei reef a vermeti, sebbene qualche indicazione possa essere desunta dall'esame dei singoli gruppi censiti da diverse ricerche condotte in varie regioni del Mediterraneo. I popolamenti algali associati a queste formazioni sono composti da oltre 100 specie che si distribuiscono in maniera differente tra le diverse porzioni della piattaforma (Mannino, 1992). Tra le alghe assumono una particolare rilevanza strutturale la rodoficea calcarea *Neogoniolithon brassica-florida*, che contribuisce al consolidamento della costruzione, cementando tra loro i tubi di *Dendropoma petraeum*, e *Lithophyllum byssoides*, che può formare incrostazioni o cuscinetti alle due estremità della piattaforma. Il "Laurencia complex" (un complesso di specie di alghe rosse appartenenti alla famiglia delle Rodomelacee) si distribuisce uniformemente su tutto il reef, diventando il *taxon* dominante nel periodo tardo-primaverile ed estivo sulle porzioni di margine esterno e di *cuvette*, mentre *Padina pavonica* ed alcune specie dei generi *Cystoseira* e *Dyctiota* occupano le basse pozze al centro del reef. In condizioni di disturbo antropico queste

specie vengono sostituite da Corallinales ed Ulvales. Nei punti in cui la *cuvette* è più profonda (raramente al di sotto dei 50 cm di profondità in condizioni di bassa marea) e spesso in ombra a *Cystoseira* e *Dictyota*, compaiono le alghe rosse incrostanti e frequentemente *Halimeda tuna*. La cintura a *Cystoseira amentacea* var. *stricta* si impianta immediatamente al di sotto del bordo esterno della piattaforma, a livello della frangia dell'infra-litorale superiore.

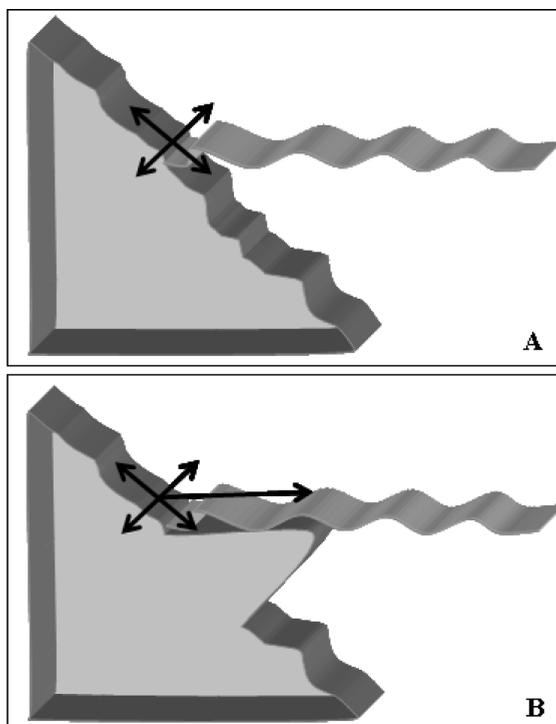


Fig. 5 - Rappresentazione diagrammatica dei gradienti di distribuzione delle specie in una costa senza (A) e con un reef a vermeti (B).

Diagrammatic graph of biotic gradients in coast without (A) and with vermetid reef (B).

All'interno della piattaforma, ogni porzione del reef ed ogni gruppo macroalgale ospita un peculiare popolamento animale associato (Chemello *et al.*, 2000). Osservando la piattaforma nel suo insieme sono, comunque, rappresentati tutti i principali gruppi animali legati al sistema fitale ed ai popolamenti di roccia. Per la fauna a molluschi una stima in difetto riporta un popolamento composto da una cinquantina di specie (Pandolfo *et al.*, 1992a). Quelle caratteristiche delle diverse porzioni del reef sono: *Mytilaster minimus*, *Cardita calyculata* *Lepidochitona corrugata*, *Onchidella celtica* e *Patella ulyssiponensis* nel margine interno, nel margine esterno e nelle creste, mentre *Patella caerulea*, *Pisinna glabrata*, *Eatonina cossuriae* e *Barleeia unifasciata* prediligono le *cuvettes* (Pandolfo *et al.*, 1992b). Lungo il margine interno viene rinvenuto sempre più frequentemente il bivalve alloctono *Brachidontes pharaonis*, che spesso tende a sostituire *M. minimus*, provocando il probabile soffocamento di *Dendropoma* (Milazzo *et al.*, 2009). I bivalvi *Lithophaga lithophaga* e *Myoforceps aristata* rappresentano, con il Sipunculide *Phascolosoma stephensoni*, i principali agenti bioerosivi della struttura (Garcia-Raso *et al.*, 1992), soprattutto nel bordo esterno.

La polichetofauna delle piattaforme annovera circa 70 specie diverse, la cui distribuzione risente anch'essa dell'estensione orizzontale dei reef. La maggior parte delle specie è criptica e trova rifugio sia nelle conchiglie vuote dei vermeti, sia nelle fessure e negli interstizi che si vengono a creare nella piattaforma, mentre un gruppo più ristretto si associa ai popolamenti algali delle pozze. Le specie più frequenti sono *Perineris cultrifera* e *Platynereis dumerilii*, mentre *Lepidonotus clava* è la specie dominante sul bordo esterno, *Palola siciliensis*, *Lysidice collaris*, *Scoletoma funchalensis* dominano nelle *cuvette*, con *Syllis amica* e *Perineris macropus* come specie più abbondanti nel margine interno (Badalamenti *et al.*, 1998).

La carcinofauna è meno conosciuta, anche se recentemente sono state condotte alcune ricerche sulla ripartizione spaziale dei decapodi *Pachygrapsus maurus*, *P. transversus*, *P. marmoratus* e del loro predatore *Eriphia verrucosa* (Plicanti A., dati non pubblicati) e della competizione con la specie alloctona *Percnon gibbesi*. Una specie caratteristica dei reef siciliani è il paguro *Calcinus tubularis* che occupa le conchiglie vuote di *Dendropoma* (Chemello *et al.*, 2000).

Per la fauna ittica, una ricerca condotta lungo le coste israeliane (Goren e Galil, 2001) ha permesso l'identificazione di 36 specie associate a piattaforme a *Dendropoma petraeum*, quattro delle quali di origine eritrea, sopraggiunte nel bacino levantino in seguito all'apertura del canale di Suez. La comunità ittica strettamente bentonica è tipica del Mediterraneo ed è composta da 29 specie (Consoli *et al.*, 2009). Le famiglie più abbondanti sono i blennidi, i gobidi ed i tripterigidi, rispettivamente con 9, 4 e 3 specie. I blennidi *Parablennius zvonimiri* e *Scartella cristata*, entrambi con abitudini criptiche, sono le specie più abbondanti assieme a *Tripterygion tripteronotus*, *T. delaisi* e *T. melanurus*. Da Goren e Galil (2001) viene riportata la presenza di altre 16 specie necto-bentoniche ed addirittura di 2 specie pelagiche.

I risultati finora ottenuti dalle ricerche mostrano, quindi, l'esistenza di due diversi raggruppamenti biocenotici (Fig. 6), spazialmente separati tra loro: una componente

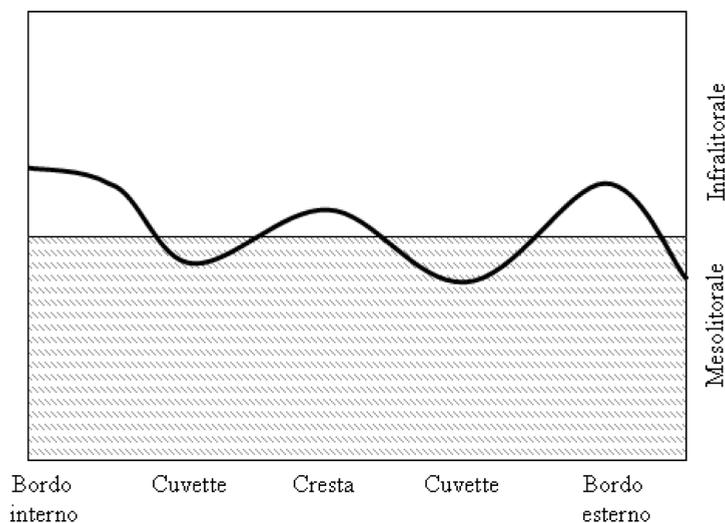


Fig. 6 - Distribuzione delle specie bentoniche in funzione del piano di appartenenza.

Benthic species distribution along the vermetid reef according to its portions.

mesolitorale ed una infralitorale (Pandolfo *et al.*, 1992b). La prima assume maggior importanza in punti definiti del reef ed, in particolare, nei margini esterni ed interni

ed a livello delle creste, che si presentano più elevate rispetto alla piattaforma stessa. Le *cuvettes* della porzione interna del reef mostrano, invece, caratteri più spiccati di “enclàve” infralitorale, poiché riescono a trattenere un velo d’acqua durante le emersioni, riuscendo ad ospitare popolamenti provenienti dalla fascia superiore dell’infralitorale. In conclusione, l’aspetto più interessante del reef a vermeti è la sua estensione orizzontale che crea un’ulteriore dimensione lungo la quale si distribuiscono i popolamenti, in funzione della distanza dal mare, dell’esposizione al moto ondoso e dell’altezza relativa sul livello del mare, tutti fattori che in definitiva condizionano la presenza d’acqua nelle singole porzioni della piattaforma (Chemello et al., 2000). È possibile quindi ipotizzare che i reef funzionino come dilatazione spaziale dei piani superficiali creando un aumento della dimensione dell’habitat per specie che riescono ad insediarsi lontano dal loro biotopo originario (Pandolfo et al., 1992a).

I reef come descrittori di cambiamenti climatici - Solo di recente è stato possibile comprendere appieno l’efficacia dei reef a vermeti come archivio naturale da utilizzare nella valutazione dei cambiamenti climatici (Antonioli et al., 1998a,b, 1999). L’ampia distribuzione in Mediterraneo, la posizione tra il mesolitorale inferiore e l’infralitorale superiore, il fatto che vengano solitamente trovati *in situ* e non rimaneggiati dall’erosione, la loro continuità deposizionale, unitamente alla possibilità di datare con precisione col metodo del radiocarbonio ogni specifica porzione carbonatica, permette di valutare con dettaglio l’evoluzione climatica nell’intervallo cronologico del loro accrescimento (Silenzi et al., 2009) e ne fanno un ottimo *Fixed Biological Indicator* (Baker e Haworth, 1999). Inoltre, grazie alla possibilità di correlare con un errore definito (per la Sicilia $\pm 0,1$ m) una porzione del reef al livello del mare, è possibile ricostruire un modello di crescita delle variazioni relative locali del livello marino. Mentre i carotaggi effettuati sulle barriere coralline (per es. Bard et al., 1996) hanno permesso di ricostruire a scala globale le variazioni del livello del mare dall’ultimo glaciale, cui si aggiungono, nel Mediterraneo, dati da sondaggi, *beachrock* e speleotemi sommersi, resti archeologici (per es. Lambeck et al., 2004a,b), le osservazioni oloceniche restano ben dettagliate sino a circa 2000 anni fa. L’intervallo di tempo corrispondente al periodo fra il XV e XIX secolo, che include la fine del Periodo Caldo Medioevale e la Piccola Età Glaciale (*Little Ice Age*, LIA), è, però, cruciale per comprendere la risalita del livello del mare in una fase in cui alle oscillazioni naturali si sono sovrapposte quelle indotte dall’azione dell’uomo. In tal senso, l’utilizzo dei reef a vermeti è di fondamentale importanza per coprire, con informazioni attendibili, questi secoli di storia. Va, tuttavia, sottolineato che, sebbene la presenza di reef fossili a vermeti sia documentata per l’intero Olocene (Laborel e Laborel-Deguen, 1994), colonie attualmente viventi non sono più antiche di 500-600 anni (Antonioli et al., 1999; Silenzi et al., 2004): questo è dovuto all’instabilità strutturale dei reef che, raggiunte dimensioni critiche, vengono distrutti da eventi estremi o tsunami (Antonioli et al., 1999). Tale evidenza è ben testimoniata dalla presenza di numerose porzioni di reef a vermeti in depositi di tempesta, spiaggiati nell’entroterra anche a diverse centinaia di metri dalla linea di riva.

Antonioli et al. (1999), attraverso la datazione di porzioni fossili di reef a vermeti viventi, hanno ricostruito una curva di variazione del livello del mare in aree tettonicamente stabili della Sicilia nord-occidentale. Mediante la comparazione del livello medio del mare attuale con la profondità assoluta dei campioni fossili prelevati, gli Autori hanno determinato come **430 \pm 30 anni BP il livello relativo del mare si trovasse a -40 \pm 8 cm rispetto ad oggi**. Ulteriori analisi hanno permesso a Silenzi et al. (2004) di dimostrare la potenzialità del *D. petraeum* di essere un archivio delle variazioni della temperatura superficiale del

mare attraverso l'analisi degli isotopi stabili dell'ossigeno. E' stato così possibile identificare, nel mar Tirreno Meridionale, la registrazione della LIA, occorsa fra il XVII e XIX secolo: in questo periodo la temperatura marina è risultata essere di $1,99 \pm 0,37^\circ$ più bassa dell'attuale, con valori che trovano un riscontro in letteratura (Keigwin, 1996). Recenti elaborazioni (Montagna *et al.*, 2008) mostrano che, se si considera la struttura aragonitica della conchiglia di *D. petraeum*, ed applicando l'equazione di frazionamento fra aragonite e temperatura superficiale del mare, con un $\delta^{18}\text{O}_{\text{acqua marina}} = +1,3 \text{ ‰ V-SMOW}$ (Pierre, 1999), la temperatura media annuale durante la Piccola Età Glaciale era variabile fra $17,6^\circ\text{C}$ e $21,1^\circ\text{C}$. Considerando che ogni campione analizzato in Silenzi *et al.* (2004) rappresenta un intervallo compreso tra 30 e 50 anni, ogni temperatura calcolata rappresenta una media su tale intervallo temporale. La tendenza al riscaldamento, successivo alla LIA, che ha caratterizzato il XX secolo si è interrotto intorno agli anni 1930-1940 quando, nei vermeti, si evidenzia una fase relativamente più fredda sino a metà degli anni '90 (Fig. 7).

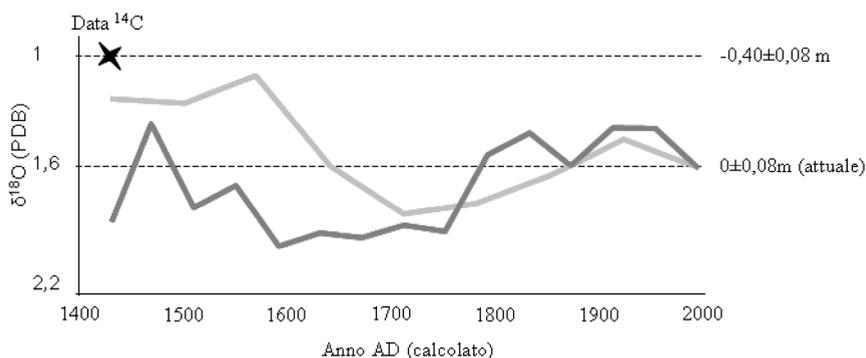


Fig. 7 - Principali risultati ottenuti dall'analisi isotopica di un reef a vermeti (da Silenzi *et al.*, 2008, modificato). Le curve di variazione del $\delta^{18}\text{O}$ (temperatura) descrivono i risultati da due carote diverse. A destra i due livelli del mare.

Main results of vermetid reef's isotopic analysis (modified from Silenzi et al., 2008). $\delta^{18}\text{O}$ temperature trends show results of two different samples. Sea level is indicated on the right.

La conservazione dei reef - L'accessibilità e la posizione tra il mesolitorale inferiore e l'infra-litorale superiore rendono i reef a vermeti particolarmente vulnerabili alle attività umane. L'antropizzazione incontrollata della fascia costiera è, infatti, la principale causa di regressione del reef (Franzitta *et al.*, 2006; Graziano *et al.*, 2007). Lo scarico a mare del materiale di risulta proveniente da lavori edili, la presenza di abitazioni o di strutture stabili a livello della battigia, l'apporto terrigeno dato dal *run-off* e non trattenuto da una sufficiente copertura vegetale sulla terraferma, la presenza di fogne abusive portano alla scomparsa progressiva delle strutture in tutta la Sicilia settentrionale, con l'estinzione locale di alcune formazioni nella zona di Cefalù, del Golfo di Palermo e del Golfo di Carini. Da numerose valutazioni effettuate, è risultato che se in un primo momento l'aumento del materiale organico determina un aumento medio delle dimensioni di *Dendropoma*, il superamento di determinati valori porta inizialmente ad una diminuzione delle densità, al successivo soffocamento dei Molluschi, con l'aumento della copertura ad alghe verdi (Saldi *et al.*, 2006).

Ai danni derivanti dagli apporti antropici costieri vanno aggiunti quelli provenienti dal mare, dovuti per lo più alle imbarcazioni a motore che, con il loro passaggio,

alterano l'idrodinamismo locale provocando variazioni di piccola scala sulla frequenza e sull'altezza delle onde. Queste si traducono sia in cambiamenti dei tassi di filtrazione da parte dei vermeti ed in una diminuzione dell'efficienza alimentare, con il conseguente stato di stress degli organismi, sia in una probabile diminuzione nel tasso di reclutamento della specie. Una seconda causa di minaccia, sempre derivante dalle imbarcazioni a motore e dai reflui urbani, è data dallo sversamento di olii e tensioattivi che, formando una pellicola sulla superficie delle acque, rallentano o inibiscono la capacità filtrante e l'efficacia di funzionamento degli ctenidi degli organismi (Di Franco *et al.*, 2009). Un ultimo ma non meno rilevante contributo alla distruzione delle piattaforme deriva, infine, dall'azione diretta dell'uomo attraverso il calpestio dovuto all'uso del reef come punto di appoggio per l'ingresso in mare dei bagnanti o come comodo "marciapiede" da utilizzare per passeggiare, soprattutto durante il periodo estivo, e l'utilizzo di metodi di raccolta di esche, patelle e datteri di mare (*Lithophaga lithophaga*) particolarmente distruttivi.

Molte di queste cause di regressione non sono state verificate attraverso un approccio strettamente sperimentale, pur essendo perfettamente plausibili e compatibili con le conoscenze scientifiche attuali, ma hanno portato la specie ad essere formalmente protetta da alcune convenzioni internazionali, come la Convenzione di Barcellona (Scotti e Chemello, 2000) e nell'Annesso II (Lista delle specie in pericolo e minacciate) del Protocollo relativo alle Aree Specialmente Protette del Mediterraneo. Questo suo status dovrebbe portare i governi ad assicurare la massima protezione della specie ed il suo eventuale recupero e a formulare ed implementare piani d'azione per la sua conservazione (artt. 12.2 e 12.3) sei sicuro che i vermetidi siano nella Direttiva Habitat 43/92? . Nonostante ciò, attualmente non esiste alcuna forma di protezione della specie e delle strutture in Italia, se non quella casuale dovuta all'inserimento di alcune zone costiere con i reef all'interno di aree marine protette.

Un'analisi della conservazione attiva dei reef a vermeti delle coste siciliane ha messo in evidenza come solo una porzione trascurabile delle strutture presenti nelle province di Palermo e Trapani rientri all'interno di aree marine protette e sia sottoposto a conservazione. Da una stima della distribuzione, lungo le coste delle due province sono presenti circa 99 km con strutture a vermeti. Di queste circa 60 km (pari al 61%) sono in un buono stato di conservazione (valutato secondo un grado di assenza di influenze antropiche, Chemello dati non pubblicati), mentre 39 km (pari al 39%) si presentano in uno stato di degrado o di bassa integrità. Sul totale, solamente 15,5 km sono conservati: 9,5 km (9,7%) circa sono compresi all'interno dell'AMP "Capo Gallo – Isola delle Femmine" mentre, in provincia di Trapani, circa 6 km (6,1%) sono compresi all'interno della riserva naturale orientata dello Zingaro, per un totale di conservazione del 15,8%, ben lontano dal 20-30% previsto dalla convenzioni internazionali. Nel resto della costa, sulle piattaforme a vermeti sono in pratica consentite tutte le attività riguardanti la balneazione e la frequentazione dei litorali, compresa la costruzione di piattaforme, il cui effetto sui reef è stato descritto in Dieli *et al.* (2003). A questo riguardo è interessante il tentativo operato dal Comune di Palermo di far diventare *Dendropoma petraeum* specie-bandiera dell'AMP "Capo Gallo – Isola delle Femmine" con il nome di "Dendry".

Conclusioni - Avendo deciso di seguire uno schema espositivo integrato con quello di Bianchi (2001), una rassegna di quanto conosciuto sui reef a vermeti non può prescindere da alcune osservazioni. La prima è che effettivamente diventa complesso trattare le biocostruzioni in assenza di una terminologia comune. Questo è il motivo principale per il quale il testo presentato ha insistito in modo particolare sulla classificazione delle diverse tipologia di struttura e delle diverse porzioni di piattaforma. I dati sulle morfologie andrebbero necessariamente completati con una

valutazione della distribuzione dei *reef* più accurata, soprattutto per quanto potrebbe essere presente nell'Italia continentale ed in Turchia meridionale, in Grecia e lungo le coste meridionali del bacino.

È necessario, ancora, che oltre alle descrizioni si inizi a lavorare sia sui pattern che sui processi che determinano i livelli di biodiversità presenti sui *reef*. I primi risultati sull'applicazione delle tecniche isotopiche sulle reti trofiche dei *reef* sono incoraggianti, soprattutto per quello che riguarda le differenze nella dieta di *Dendropoma* tra i due bordi e per la struttura trofica della comunità associata (Colombo *et al.*, 2007, 2009). A queste metodiche di estremo dettaglio si dovrebbero unire dati provenienti da valutazioni sulla composizione e sulla struttura dei popolamenti associati, nelle diverse coste del Mediterraneo. L'ipotesi che i *reef* siano degli habitat temporalmente conservativi della biodiversità associata è ancora da comprendere appieno.

Un capitolo estremamente importante diventa, infine, la valutazione degli impatti umani: le prime applicazioni dei metodi dell'ecologia del paesaggio presentano dei risultati interessanti, sebbene siano necessari ulteriori approfondimenti (ad esempio, Pellino e Chemello, 2006), evidenziando meglio i meccanismi di risposta sia di *Dendropoma* che del *reef* (Graziano *et al.*, 2007).

Un ultimo problema sorge con un lavoro sulla tassonomia fine del complesso di specie criptiche di *Dendropoma petraeum* recentemente pubblicato (Calvo *et al.*, 2009) che dimostra come siano presenti quattro specie riconducibili a *D. petraeum* nelle differenti porzioni del Mediterraneo. Quali siano le capacità costruttive delle diverse specie è adesso da valutare, in maniera da comprendere se le differenze strutturali sono dovute alle diverse specie o alle condizioni ambientali. Per ultimo è necessario insistere sulla conservazione: è indispensabile cercare di raggiungere dei livelli di protezione adeguati (almeno il 30% dei *reef* di ogni nazione) e di limitare in massima parte le influenze umane (calpestio ecc.). Il fatto che i *reef* israeliani siano in sofferenza (Rilov G., com. pers. 2009) porta a nutrire qualche preoccupazione sulla sopravvivenza delle specie e delle strutture.

Summary - Vermetid reefs are among the more important bioconstruction of the Mediterranean Sea with a restricted distribution in the southern part of basin. Their high heterogeneity and the associated biodiversity make their conservation a priority issue for the Mediterranean region. Tubes of sessile mollusc *Dendropoma petraeum* are merged by the red calcareous algae *Neogoniolithon brassica-florida* forming a natural system that change physics and biological features of the coastal biogeomorphology contributing shoreline stability. In relation to reef development the main morphologies of the bioconstruction are: ledge, reef, mushroom-like pillars and atolls. In every vermetid structure are present three parts: internal rim, cuvette and external rim. High heterogeneity of the reef contributes to increase intertidal biodiversity and each part of the reef is characterized by a different associated benthic assemblages. Precision in collecting data of *Dendropoma petraeum* and benthic assemblages makes vermetid reef an excellent Fixed Biological Indicator and a natural system to assess climate change and sea-level along the time. Vermetid reefs are affected by accumulation of carbonate sediments and the erosion of bored living organisms or by abiotic factors. Coastal human activity also affects platforms and its width regression is related to anthropogenic impacts. For these exclusive features vermetid reef represents a key intertidal ecosystem so it is essential to protect and preserve bioconstruction at scale of Mediterranean basin.

Ringraziamenti - Desidero ringraziare il comitato organizzatore del 40° Convegno della Società Italiana di Biologia Marina, il prof. Angelo Tursi ed il prof. Giulio Relini per avermi invitato a tenere la relazione introduttiva, d'accordo con i presidenti dei comitati benthos, prof. Giuseppe Giaccone, e fascia costiera, dott. Andrea Belluscio.

Una revisione è, in realtà, il risultato del lavoro complessivo di un nutrito gruppo di ricercatori. Tra i tanti che hanno lavorato sui *reef* a vermeti, sento il dovere di ringraziare Mariagrazia Graziano, Marco Milazzo e Dario Pellino (Università di Palermo), Fabio Badalamenti (CNR, Palermo), Giovanni F. Russo (Università La Parthenope, Napoli), Uriel Safriel e Gil Rilov (Israele), Patrick J. Schembri (Malta), Fabrizio Antonioli (ENEA, Roma), Sergio Silenzi e Saverio Devoti (ISPRA, Roma), Jose Templado, Marta Calvo (CSIC, Madrid), Marco Oliverio (Università La Sapienza, Roma), e, soprattutto, il prof. Silvano Riggio (Università di Palermo), vero ispiratore delle ricerche sui *reef* a vermeti.

Bibliografia

- ANTONIOLI F., CHEMELLO R., IMPROTA S., RIGGIO S. (1998a) – I reef a vermetidi ed il loro uso come marker paleoclimatico in aree temperate. *Atti 79° congr. Naz. Soc. Geol. It.*, Vol. A. G. Lo Cicero Ed., Palermo: 66-69.
- ANTONIOLI F., SILENZI S., CHEMELLO R., PARELLO F. (1998b) – Variazione della temperatura superficiale del mare Tirreno durante gli ultimi 4 secoli sulla base di analisi isotopiche su reef a vermetidi. *Atti 79° congr. Naz. Soc. Geol. It.*, Vol. A. G. Lo Cicero Ed., Palermo: 86-88.
- ANTONIOLI F., CHEMELLO R., IMPROTA S., RIGGIO S. (1999) - *Dendropoma* lower intertidal reef formations and their palaeoclimatological significance, NW Sicily. *Marine Geology*, **161**: 155-170.
- AZZOPARDI L. (1992) - *Aspects of the ecology of Vermetid Gastropods on Maltese rocky shores*. Dissertation Thesis, Department of Biology, University of Malta: 163 pp.
- AZZOPARDI L., SCHEMBRI P.J. (1997) – Vermetid crusts from the Maltese Islands (Central Mediterranean). *Marine Life*, **7** (1-2): 7-16.
- BADALAMENTI F., CHEMELLO R., GRISTINA M., RIGGIO S., TOCCACELI M. (1992a) - Caratterizzazione delle piattaforme a Molluschi Vermetidi nella costa della Riserva Naturale dello Zingaro (TP). *Oebalia*, Suppl., **17**: 543-545.
- BADALAMENTI F., CHEMELLO R., GRISTINA M., RIGGIO S., TOCCACELI M. (1992b) - Caratterizzazione delle piattaforme a Molluschi Vermetidi nella costa tra Capo Gallo ed Isola delle Femmine (PA): area proposta come riserva naturale marina. *Oebalia*, Suppl., **17**: 547-549.
- BADALAMENTI F., CHEMELLO R., D'ANNA G., RIGGIO S. (1998) - Diversity of the Polychaete assemblage in the hard bottom mediolittoral along the north-western Sicilian coast: the role played by the vermetid bioconstruction. *1° Conv. Naz. Sci. Mar.*, "Diversità e Cambiamento", Ischia (NA): 14.
- BAKER R.G.V., HAWORTH R.J. (1999) - Evidence for the nature of late Holocene sea-level fall on the New South Wales coast from fixed biological indicators: was the fall smooth or fluctuating? *Geodiversity Proceedings of the IAG Conference 1998*, Australian Defence Force Academy, Canberra: 1-9.
- BALLESTEROS E. (2006) – Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **44**: 123-195.
- BARASH A., ZENZIPER Z. (1985) - Structural and biological adaptations of Vermetidae (Gastropoda). *Bollettino malacologico*, **21** (7-9): 145-176.
- BARD E., HAMELIN B., ARNOLD M., MONTAGGIONI L., CABIOCH G., FAURE G., ROUGERIE F. (1996) – Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, **382**: 241-244.
- BIANCHI C.N. (2001) – La biocostruzione negli ecosistemi marini e la biologia marina italiana. *Biol. Mar. Mediterr.*, **8** (1): 112-130.
- BIANCHI C.N., MORRI C. (1996) - *Ficopomatus* 'reefs' in the Po River Delta (Northern Adriatic): their constructional dynamics biology, and influences on the brackish-water biota. *Marine Biology*, **17** (1-3): 51-66.
- BIONDI S. (1857) – Descrizione di alcune specie malacologiche che vivono nel nostro litorale. *Atti Acc. Gioenia Sci. Nat.*, Catania, **14**: 114-124.
- BITAR G., BITAR-KOULI S. (1995a) - Aperçu de bionomie benthique et répartition des différents faciès de la roche littorale à Hannouch (Liban, Méditerranée orientale). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **34**: 19.
- BITAR G., BITAR-KOULI S. (1995b) - Impact de la pollution sur la répartition des peuplements de substrat dur à Beyrouth (Liban, Méditerranée orientale). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **34**: 19.
- BIVONA A. (1832) – Caratteri dei Vermeti desunti da cinque specie che abitano nel mare di Palermo. *Effemeridi Scient. e Lett. per la Sicilia*, Palermo, **1**: 59-62.
- BOUDOURESQUE C.F., F. CINELLI (1976) – Le peuplement algal des biotopes sciaphiles superficiels de mode battu en Méditerranée occidentale. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **40**: 433-459.
- BRESSAN G., BABBINI L., GHIRARDELLI L., BASSO D. (2001) – Bio-costruzione e bio-distruzione di Corallinales nel Mar Mediterraneo. *Biol. Mar. Mediterr.*, **8** (1): 131-174.
- BRESSAN G., BABBINI L. (2003) – Corallinales del Mar Mediterraneo: guida alla determinazione. *Biol. Mar. Mediterr.*, **10** (Suppl. 2): 237 pp.
- CALVO M., TEMPLADO J., OLIVERIO M., MACHORDOM A. (2009) – Hidden Mediterranean biodiversity: molecular evidence for a cryptic species complex within the reef building vermetid

- gastropod *Dendropoma petraeum* (Mollusca: Caenogastropoda). *Biological Journal of the Linnean Society*, **96**: 898-912.
- CHEMELLO R. (1989) - La bionomia bentonica ed i Molluschi. 5. Il piano Infralitorale: il marciapiede a vermeti. *Notiziario SIM*, **7** (11-12): 167-170.
- CHEMELLO R., DIELI T., ANTONIOLI F. (2000) - Il ruolo dei "reef" a Molluschi vermetidi nella valutazione della biodiversità. "Mare e cambiamenti globali", *Quaderni ICRAM*, Roma: 105-118.
- CHEMELLO R., PANDOLFO A., RIGGIO S. (1990) - Le biocostruzioni a Molluschi Vermetidi nella Sicilia Nord-Occidentale. *Atti 53° Congresso UZI*, Palermo: 60.
- CIARAMITARO M., PELLINO D., MILAZZO M., CHEMELLO R. (2006) - Stima degli effetti diretti del calpestio umano sul mosaico ambientale delle piattaforme a vermeti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **13** (2): 68-69.
- COLOMBO F., VIZZINI S., SAVONA B., MAZZOLA A. (2007) - Densità e composizione isotopica di *Dendropoma petraeum* (Caenogastropoda, Monterosato, 1884): confronto tra le diverse porzioni della piattaforma a vermeti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **14** (2): 294-295.
- COLOMBO F., COSTA V., ALEO A.E., TRAMATI C., MAZZOLA A., VIZZINI S. (2009) - Trophic structure and functioning of vermetid reef community based on carbon and nitrogen stable isotope analysis. *Proceedings of the 1st Mediterranean symposium on the conservation of the coralligenous and others calcareous bio-concretions*. Tabarka 15-16 January 2009: 68-74.
- CONSOLI P., ROMEO T., GIONGRANDI U., ANDALORO F. (2008) - Differences among fish assemblages associated with a nearshore vermetid reef and two other rocky habitats along the shores of Cape Milazzo (northern Sicily, central Mediterranean Sea). *J. Mar. Biol. Ass. UK*, **88** (2): 401-410.
- DALONGEVILLE R. (1977) - Formes littorales de corrosion dans le roches carbonatées du Liban: étude morphologique. *Méditerranée*, **3**: 21-33.
- DIELI T., FERRERI B.M., PELLINO D., RIGGIO S. (2003) - Effetti dell'illuminazione sul popolamento algale di reef a vermeti in seguito a rimozione di una passerella. *Biol. Mar. Mediterr.*, **10** (2): 555-557.
- DI FRANCO A., FRANZITTA G., GRAZIANO M., MILAZZO M., CHEMELLO R. (2009) - Evaluation of the impact of a small marina on intertidal assemblages. *Int. INTERMED Workshop*, Palermo: P05.
- FAGERSTROM J.A. (1987) - *The evolution of reef communities*. John Wiley & Sons, New York: 628 pp.
- FRANZITTA G., GRAZIANO M., DI FRANCO A., MILAZZO M., CHEMELLO R. (2006) - Valutazione dell'impatto di un piccolo porto sui popolamenti bentonici di substrato duro. *Biol. Mar. Mediterr.*, **13** (2): 70-71.
- GARCIA-RASO J.E., LUQUE A.L., TEMPLADO J., SALAS C., HERGUETA E., MORENO D., CALVO M. (1992) - *Fauna y flora marinas del Parque Natural de Cabo de Gata-Nijar*. Madrid: 288 pp.
- GOREN M., GALIL B. (2001) - Fish biodiversity in the vermetid reef of Shiqmona (Israel). *P.S.Z.N.: Marine Ecology*, **22** (4): 369-378.
- GRAZIANO M., DI FRANCO A., FRANZITTA G., MILAZZO M., CHEMELLO R. (2007) - Effetti di differenti tipologie di impatto antropico sui reef a vermeti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **14** (2): 306-307.
- HALL-SPENCER J.M., RODOLFO-METALPA R., MARTIN S., RANSOME E., FINE M., TURNER S.M., ROWLEY S.J., TEDESCO D., BUIA M.C. (2008) - Volcanic carbon dioxide vents show ecosystem effects of ocean acidification. *Nature*, **454**: 96-99.
- HUGHES T.P., BAIRD A.H., BELLWOOD D.R., CARD M., CONNOLLY S.R., FOLKE C., GROSBERG R., HOEGH-GULDBERG O., JACKSON J.B.C., KLEYPAS J., LOUGH J.M., MARSHALL P., NYSTRÖM M., PALUMBI S.R., PANDOLFI J.M., ROSEN B., ROUGHGARDEN J. (2003) - Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science*, **301** (5635): 929-933.
- KAUFFMAN E.G., FAGERSTROM J.A. (1993) - *The Phanerozoic Evolution of Reef Diversity*. In: R.E. Ricklefs, Schluter D. (eds), *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago Press: 315-329.
- KEIGWIN L.D. (1996) - The Little Ice Age and medieval warm period in the Sargasso Sea. *Science*, **274**: 1504-1508.

- KELLETAT D. (1979) - Geomorphologische Studien an den Küsten Kretas. *Abhandl. Akad. Wissensch. Göttingen, Math. Phys. Klasse*, 3^o Folge: 32.
- LABOREL J. (1987) - Marine biogenic constructions in the Mediterranean. A review. *Sci. Rep. Port Cros natl. Park*, Fr., **13**: 97-126.
- LABOREL J., LABOREL-DEGUEN F. (1994) - Biological Indicators of Relative Sea-level Variations and of Co-Seismic Displacements in the Mediterranean Region. *Journal of Coastal Research*, **10** (2): 395-415.
- LAMBECK K., ANZIDEI M., ANTONIOLI F., BENINI A., ESPOSITO E. (2004a) - Sea-level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for modern sea-level rise. *Earth and Planetary Sciences Letter*, **224**: 563-575.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZI S. (2004b) - Sea-level change along the Italian coasts for the past 10,000 yrs. *Quaternary Sciences Review*, **23**: 1567-1598.
- MANNINO A.M. (1992) - Studio fitosociologico della vegetazione mesolitorale a *Lithophyllum lichenoides* PHILIPPI (Rhodophyceae, Corallinales). *Naturalista siciliano*, Palermo, s. 4, **16** (1-2): 3-25.
- MILAZZO M., QUATTROCCHI F., GRAZIANO M., BADALAMENTI F., SARÀ G., CHEMELLO R. (2009) - Invasive mussels directly threaten intertidal vermetid reef: some evidences from a Sicilian MPA. *Int. INTERMED Workshop*, Palermo: P13.
- MOLINIER R., PICARD J. (1953) - Notes biologiques a propos d'un voyage d'étude sur les cotes de Sicile. *Annales de l'Institut Océanographique*, **28** (4): 163-188.
- MOLINIER R. (1955a) - Les plateformes et corniches récifales de Vermets (*Vermetus cri status* Biondi) en Méditerranée occidentale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **240**: 361-363.
- MOLINIER R. (1955b) - Deux nouvelles formations organogènes biologiques construites en Méditerranée occidentale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **240**: 2166-2168.
- MONTAGNA P., SILENZI S., DEVOTI S., MAZZOLI C., McCULLOCH M., SCICCHITANO G., TAVIANI M. (2008) - Climate reconstructions and monitoring in the Mediterranean Sea: a review on some recently discovered high-resolution marine archives. *Rendiconti Lincei*, **19**: 121-140.
- MONTEROSATO T.A. (1892) - Monografia dei vermeti del Mediterraneo. *Bollettino della Società Malacologica Italiana*, Pisa, **17**: 7-48.
- PANDOLFO A., CHEMELLO R., RIGGIO S. (1992) - Prime note sui popolamenti associati ai "trottoir" a vermetidi delle coste siciliane: i Molluschi. *Oebalia*, **17**: 379-382.
- PANDOLFO A., CHEMELLO R., RIGGIO S. (1992b) - Notes sur la signification écologique de la malacofaune d'un "Trottoir à Vermets" le long de la côte de Palerme (Sicile). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, **33**: 47.
- PANDOLFO A., CHEMELLO R., CIUNA I., LO VALVO M., RIGGIO S. (1996) - Analisi della distribuzione dei molluschi nella zona di transizione tra mesolitorale ed infralitorale superiore lungo le coste della Sicilia. *Biol. Mar. Mediterr.*, **3** (1): 78-87.
- PELLINO D., CHEMELLO R. (2006) - Applicazione dei metodi dell'ecologia del paesaggio all'ambiente marino: l'analisi spaziale e temporale del mosaico ambientale sulle piattaforme a vermeti. *Biol. Mar. Mediterr.*, **13** (1): 618-620
- PÉRÈS J.M., PICARD J. (1952) - Les corniches calcaires d'origine biologique en Méditerranée occidentale. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **4** (1): 2-34.
- PÉRÈS J.M., PICARD J. (1964) - Nouveau Manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume*, **44** (31): 1-137.
- PIERRE C. (1999) - The oxygen and carbon isotope distribution in the Mediterranean water masses. *Marine Geology*, **153**: 41-55.
- RICHARDS G.W. (1983) - Molluscan zonation on rocky shores in Malta. *Journal of Conchology*, **31**: 207-224.
- RICKLEFS R.E., SCHLUTER D. (1993) - *Species Diversity in Ecological Communities*. University of Chicago Press., Chicago: 414 pp.
- QUADREFAGES (de) A. (1854) - *Souvenirs d'un naturaliste*. 1. Paris.
- SAFRIEL U. (1966) - Recent vermetid formation on the Mediterranean shore of Israel. *Proceedings of Malacological Society of London*, **37**: 27-34.
- SAFRIEL U. (1974) - Vermetid gastropods and Intertidal Reefs in Israel and Bermuda. *Science*, **186**: 1113-1115.
- SAFRIEL U. (1975) - The role of Vermetid Gastropods in the formations of Mediterranean and Atlantic Reefs. *Oecologia*, **20**: 85-101.

- SAFRIEL U.N., BEN-ELIAHU M.N. (1991) - The influence of habitat structure and environmental stability on the species diversity of Polychaetes in vermetid reefs. In: Bell S.S., McCoy D.E., Mushinsky R. (eds), *Habitat structure. The arrangement of objects in space*. Chapman & Hall, London: 349-372.
- SALDI S, MILAZZO M., PELLINO D., BENFANTE M., CHEMELLO R. (2006) - Studio degli effetti di un impatto sui reef a vermeti mediante metodi di ecologia del paesaggio. *16° Congr. Naz. S.It.E.*: 138.
- SCHIAPARELLI S., GUIDETTI P., CATTANEO-VIETTI R. (2003) - Can mineralogical features affect the distribution patterns of sessile gastropods? The Vermetidae case in the Mediterranean Sea. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **83**: 1267-1268.
- SCOTTI G., CHEMELLO R. (2000) - I Molluschi marini mediterranei degni di protezione: stato delle conoscenze e forme di tutela. *Bollettino malacologico*, **36** (1-2): 61-70.
- SCUDERI D., TERLIZZI A., FAIMALI M. (1998) - Osservazioni su alcuni tratti della biologia riproduttiva di vermeti biocostruttori e loro ruolo nella edificazione dei "trottoir". *Biol. Mar. Mediterr.*, **5** (1): 284-289.
- SILENZI S., ANTONIOLI F., CHEMELLO R., DEVOTI S., MAZZOLI C., MONTAGNA P. (2008) - La ricerca di nuovi archivi naturali ad alta risoluzione per comprendere le variazioni climatiche nel Mediterraneo nel corso degli ultimi 500 anni. *Studi Costieri*, **15**: 11-24.
- SILENZI S., ANTONIOLI F., CHEMELLO R. (2004) - A new marker for surface sea temperature trend during the last centuries in temperate areas: vermetid reef. *Global and Planetary Change*, **40** (1-2): 105-114.
- TEMPLADO J., TEMPLADO D., CALVO M. (1992) - The formations of vermetid gastropod *Dendropoma petraeum* (Monterosato, 1884) on the coasts of the Iberian Peninsula (Western Mediterranean). In: F. Giusti, G. Manganelli (eds), *Abstr. 11th Intern. Malac. Congr., Siena*: 514-515.