Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 88 (1981)
pagg. 51-81, 6 ff., 1 tab., 3 tt.

M. G. CARBONI (*), R. MATTEUCCI (**), F. SCHIAVINOTTO (**)

ASPETTI PALEOECOLOGICI DELL'ASSOCIAZIONE *PROTULA FIRMA* SEGUENZA - *PROTULOPHYLA GESTROI* ROVERETO NEL PLIOCENE DELLA CAVA MARCO SIMONE (ROMA) (***)

Riassunto — E' stata studiata l'associazione *Protula firma/Protulophyla gestroi* nelle argille plioceniche affioranti nella cava Marco Simone (dintorni di Roma). Si è tentato di ricostruirne il contesto paleoambientale, rappresentato da fondali circalittorali a sedimentazione continua e tranquilla, e le condizioni di sviluppo. *Protula firma* forma aggregati di numerosi individui per lo più poco organizzati, per la mancanza di substrati duri affioranti e per la incapacità incrostante del polichete. *Protulophyla gestroi* si è confermata un organismo commensale o simbionte di serpulidi la cui più verosimile attribuzione è quella di un idrozoo coloniale atecato, progressivamente biomurato *in vivo* dal polichete in crescita.

Abstract — *Palaeological remarks of the* Protula firma *Seguenza* - Protulophyla gestroi *Rovereto in the Pliocene of the Marco Simone quarry* (*Roma*). The calcareous tubes of the polychaete *Protula firma* form irregular aggregates, scattered in the pliocenic clays outcropping in the Marco Simone quarry, near Rome. The scanty availability of hard substrata on the muddy bottom is an important environmental factor inducing the *P. firma* mass occurrence, because the larvae settlement on the adult tubes is favoured. Nevertheless the scarce encrusting power of the worm prevent the building up of elevated and rigid structures as the true « serpulid reefs ». *Protulophyla gestroi* is a colonial organism living on/in the serpulid tubes, with a commensal or symbiontic relationship. Scrutton's interpretation of *P. gestroi* as a colonial hydroid is supported by present paper observations; particularly, the moulds of the polychaete tube growing striae on the hydrants relate *P. gestroi* to the athecate hydroids. The supposed incorporation of the organism by the calcification of the worm growing tubes is a true *in vivo* bioimmuration.

Key words — Serpulids, Hydroids, Pliocene, Latium.

(*) Istituto Policattedra di Scienze Geologico-mineralogiche - Università degli Studi di Sassari.

(**) Istituto di Geologia e Paleontologia - Università degli Studi di Roma.

(***) Il lavoro è stampato con il contributo finanziario del Centro di Studio per la Geologia dell'Italia Centrale, Roma.

Introduzione

Nel 1902 ROVERETO descriveva un organismo coloniale epibionte su tubi del serpulide *Protula firma* SEGUENZA, rinvenuto nel Pliocene ligure, e lo attribuiva ad un briozoo ctenostomato incrostante che denominava *Protulophyla gestroi*. L'associazione tra serpulidi e tale tipo di organismo, già notata da SOWERBY (1829) su materiale giurassico, è stata segnalata da WRIGLEY (1951) su materiale eocenico e studiata da WALTER (1965) su esemplari del Giurese superiore francese e da SCRUTTON (1975) su numerosi esemplari di varia provenienza (Gran Bretagna, Germania, Liguria e ? Siria) e di ampio spettro stratigrafico (Giurese, Cretacico, Eocene, Miocene e Pliocene). WALTER (1965) attribuisce l'organismo coloniale ad un briozoo ctenostomato perforante di tipo terebiporide, istituendo per esso la nuova specie *Immergentia? lissajousi*; SCRUTTON (1975) considera invece *Protulophyla gestroi* (nome da ritenere per legge di priorità) come un idrozoo coloniale epibionte.

In Italia l'associazione *P. gestroi* e serpulidi è stata segnalata su materiale pliocenico, in Liguria, da ROVERETO (1902), che cita le località di Borzoli, Savona e Albenga, e da SCRUTTON (1975), che cita la località di Bordighera; ROVERETO (1902) inoltre segnala alcune altre località (Tabiano nel Parmigiano, Gravina nel Napoletano, Modenese e Astigiano), mentre NEVIANI (1902) ricorda la località della Coroncina presso Siena e DE STEFANI (1907) segnala *P. gestroi* nel Livornese; SCRUTTON (1975) infine ricorda anche del materiale miocenico proveniente da Tortona e dal Piemonte.

Con questa nota si intende portare un contributo alla conoscenza di tale associazione su materiale proveniente dal Pliocene del Lazio, finora mai segnalato; in particolare essa è stata studiata quasi esclusivamente su esemplari, assai numerosi, provenienti dalla cava Marco Simone.

Inquadramento geologico-paleontologico e paleoambientale

La cava Marco Simone è ubicata a NE di Roma, presso Guidonia, in corrispondenza del Km 19 circa della Via Palombarese. Essa è aperta in una successione argilloso-siltosa a stratificazione massiva, passante verso l'alto a argille sabbiose e sabbie. Nella serie è intercalato, a quota 35 m s.l.m. ca., un livello costituito da sabbie vulcaniche arricchite alla base in scorie pomicee. La serie, potente

una trentina di metri, è stata recentemente studiata da CARBONI (1975) e da ARIAS *et alii* (1977). Dal punto di vista biostratigrafico, CARBONI (1975) attribuisce l'intera successione alla « zona a *Globorotalia crassaformis* » *sensu* BIZON *et alii* in CATI *et alii* (1968), per la presenza dell'indicatore zonale e, rara, di *Globorotalia puncticulata*. ARIAS *et alii* (1977) attribuiscono la successione al Piacenziano e più precisamente alla zona MPL 5 (CITA, 1975) o alla « subzona a *Globorotalia crassaformis* » di COLALONGO *et alii* (1972). ARIAS *et alii* (1977) forniscono anche una datazione radiometrica del livello a sabbie vulcaniche di ca. 4 milioni di anni.

I tubi di *Protula firma* SEGUENZA si rinvengono praticamente in tutto l'intervallo argilloso-siltoso della successione, pur se con maggior frequenza nella porzione basale (quota 10-20 m s.l.m.). Essi, in concomitanza con un graduale aumento in scheletro sabbioso verso l'alto, vengono affiancati da scarsi esemplari di *Ditrupa* cfr. *cornea* LINNÈ.

P. firma è accompagnata da una macrofauna relativamente abbondante e regolarmente distribuita e da una ricca microfauna. Tra i molluschi, sparsi nella massa argillosa e spesso in posizione fisiologica, sono stati riconosciuti: *Corbula* (*Varicorbula*) *gibba* (OLIVI), *Amiclyna italica* (MAYER), *Amiclyna semistriata* (BROCCHI), *Limopsis* (*Limopsis*) *aurita* (BROCCHI), *Archimediella* (*Turcoloidella*) *spirata* (BROCCHI), *Dentalium* (*Fissidentalium*) *rectum* GMELIN, *Clamys* (*Clamys*) cfr. *multistriata* (POLI), *Clamys* (*Manupecten*) *pesfelis* (LINNÈ), *Clamys* (*Clamys*) *varia* (LINNÈ), *Pseudoamussium inflexum* (POLI), *Amusium cristatum* (BRONN), *Aporrhais* sp., *Nuculana* sp., *Nucula* sp., *Euspira catena helicina* (BROCCHI), *Natica tigrina* DEFRANCE, *Trophonopsis* (*Pagodula*) *vaginata* (JAN), *Fusinus* sp., *Bela harpula* (BROCCHI), *Fustiaria* (*Gadilina*) *triquetra* (BROCCHI), *Venus* (*Ventricoloidea*) *multilamella* (LAMARCK). Questo elenco incompleto va integrato con le forme riportate nell'elenco di ARIAS *et alii* (1977): *Entalina tetragona* (BROCCHI), *Nucula* (*N.*) *placentina* LAMARCK, *Nuculana* (*Saccella*) *commutata* (PHILIPPI), *Pinna tetragona* BROCCHI, *Tellina* sp., *Glossus* (*G.*) *humanus* (LINNÈ), *Hiatella arctica* (LINNÈ), *Architectonica* (*A.*) *monilifera* (BRONN), *Turritella* (*T.*) *tricarinata tricarinata* (BROCCHI), *Aporrhais serresianus* (MICHAUD), *Galeodea echinophora* (LINNÈ), *Trophonopsis* (*T.*) *squamulata* (BROCCHI), *Fusinus* (*F.*) *longiroster* (BROCCHI), *Uromitra cupressina* (BROCCHI), *Turricula dimidiata* (BROCCHI), *Ringicula* (*R.*) *ventricosa* (SOWERBY). L'associazione varia dal basso verso l'alto soprattutto per

la comparsa e larga diffusione di *Limopsis aurita*, accompagnata da grossi esemplari di *Dentalium rectum*, e dal forte incremento di *Amiclyna* e di *Corbula gibba*. La porzione centrale della serie è la più ricca in specie; verso l'alto, nel settore di passaggio alle sabbie, con la scomparsa di *P. firma*, la fauna diventa più povera pur comparendo (vedi elenchi in ARIAS *et alii*, 1977) alcune forme prima non presenti, come *Turritella tricarinata tricarinata, Glossus humanus, Nucula placentina, Venus multilamella.*

Ai molluschi sono associati numerosi echinodermi, rappresentati da Echinoidi irregolari, di cui si rinvengono, oltre a radioli e placchette nei residui di lavaggio, anche sparsi esemplari di spatangidi, per lo più attribuibili al genere endobionte *Brissopsis*, e da abbondanti articoli brachiali di ofiuroidi e più rare scleriti di oloturoidi. Si rinvengono inoltre ben conservate chele di granchi e qualche mascella di sepioideo. Assai frequenti, soprattutto nella porzione basale della serie, sono gli otoliti di pesci, accompagnati da qualche ittiodontolite. Tracce verticali dritte e sinuose e a forma di U (Tav. II, fig. 4), sempre piuttosto sottili (0,5 cm di diametro), messe in evidenza dal contenuto in solfuri di ferro più o meno ossidati, indicano la presenza di policheti endobionti. Relativamente abbondanti infine sono le caratteristiche tracce di predazione dei Naticidi, in particolare sui gusci di *Corbula* e di *Archimediella* e quelle, attribuibili ai Crostacei Decapodi (BISHOP, 1975; ROBBA e OSTINELLI, 1976), sui bordi dei Bivalvi, in particolare di *Limopsis* e *Corbula.*

La associazione fossilifera, nella porzione medio-bassa della serie, è prevalentemente costituita da forme endobionti, per lo più superficiali, prevalentemente detritivore (*Dentalium, Fustiaria, Archimediella, Amiclyna, Aporrhais*) o sospensivore (*Limopsis, Corbula*), cui si associano forme carnivore pelofile (*Natica, Trophonopsis*) o necrofage-carnivore (*Gadeolaria*) e forme epibionti sospensivore (*Amusium, Clamys, Pseudoamussium*). Essa, riconducibile anche per le caratteristiche tafonomiche ad una « residual fossil community » *sensu* FAGERSTROM (1964), è ben rappresentativa di fondali fangosi circalittorali, anche relativamente profondi, soprattutto nella parte basale della serie. Alcune forme infatti, come *Entalina tetragona* (= *Siphonodentalium quinquangulana*) e *Aporrhais serresianus* vengono indicate da PERES e PICARD (1964) come specie caratteristiche, nel Mediterraneo, della Biocenosi dei fanghi batiali (VP), i cui limiti batimetrici superiori oscillano tra

—175 e —300; *A. serrasianus*, pur caratteristico di fondali profondi (REYSS, 1971), si ritrova, raro, sul plateau continentale (GUILLE, 1970). Anche *Trophonopsis vaginata*, indicata (LARKE in MALATESTA, 1964) come forma abissale, con limite superiore a —100 m, è ben conosciuta nel Mediterraneo batiale (PERES e PICARD, 1964; REYSS, 1971; DI GERONIMO, 1972).

La microfauna è costituita da una ricca associazione a foraminiferi ed ostracodi, anch'essa caratteristica di un paleoambiente « fangoso-profondo »; infatti tra i foraminiferi dominano le specie dei generi *Lenticulina, Bolivina, Uvigerina, Bulimina, Eponides, Cassidulina, Pyrgo, Lagena, Hoeglundina, Dorothia, Martinottiella,* cui si associa una notevole percentuale di forme planctoniche, rappresentate da *Orbulina, Globigerina, Globigerinoides* e *Globorotalia.* Il rapporto plancton/benthos oscilla tra 0,43 e 0,66 (CARBONI, 1975). La presenza relativamente abbondante di forme più littorali, come Miliolidae, *Falsocibicides lobatulus, Planorbulina mediterraneensis, Rosalina globularis, Cancris auriculus,* ecc. può in parte indicare un apporto alloctono; questo è verosimile, se si tiene conto della conformazione del bacino di sedimentazione pliocenico a N-NE di Roma, con terre emerse assai vicine, costituite dai rilievi carbonatici appenninici e dalle paleoisole del Soratte e dei M. Cornicolani. Del resto, segni evidenti di un discreto apporto continentale sono i resti di vegetali, talora ben conservati e di discrete dimensioni, sparsi nelle argille; il frammento ligneo figurato (Tav. II, fig. 2) mostra una struttura ben riconoscibile ed evidenti, fitte colonizzazioni di Teredini.

L'associazione a foraminiferi della cava Marco Simone è ben confrontabile con quelle studiate da MONCHARMONT ZEI (1964) nel Golfo di Pozzuoli, con particolare riferimento a quella della « terza zona » (a sedimentazione prevalentemente argillosa), caratterizzata dal predominio del gruppo Buliminidae-Cassidulinidae, pur con una discreta presenza di forme littorali. Indicativi confronti si hanno anche con la microfauna del Banco delle Vedove (MONCHARMONT ZEI, 1962) e dell'Ammontatura (MONCHARMONT ZEI, 1956), dove oltre alle Buliminidae abbondano anche i foraminiferi arenacei.

Infine, anche tra gli ostracodi sono rappresentate forme di ambiente circalittorale o epibatiale, come *Henryowella ruggierii* OERTLI, *Argilloecia acuminata* MULLER, *Pterygocythereis jonesi* (MUNSTER), *Bosquetina pectinata* (BOSQUET), *Krithe* sp.

L'elenco microfaunistico dettagliato si ritrova in CARBONI (1975).

L'uniformità litologica della serie argilloso-siltosa, priva di strutture sedimentarie, ed il suo carattere massivo indicano un processo di sedimentazione continuo e piuttosto rapido di materiale in sospensione. La presenza di incrostazioni di solfuri, per lo più connesse ai fossili, ma anche in crosticine suborizzontali (e in problematici sottili bastoncini, alcuni dei quali possono essere tuttavia interpretati come il modello mineralizzato dei tubi di *Protula* - Tav. II, fig. 1), è legata alla trasformazone batterica della

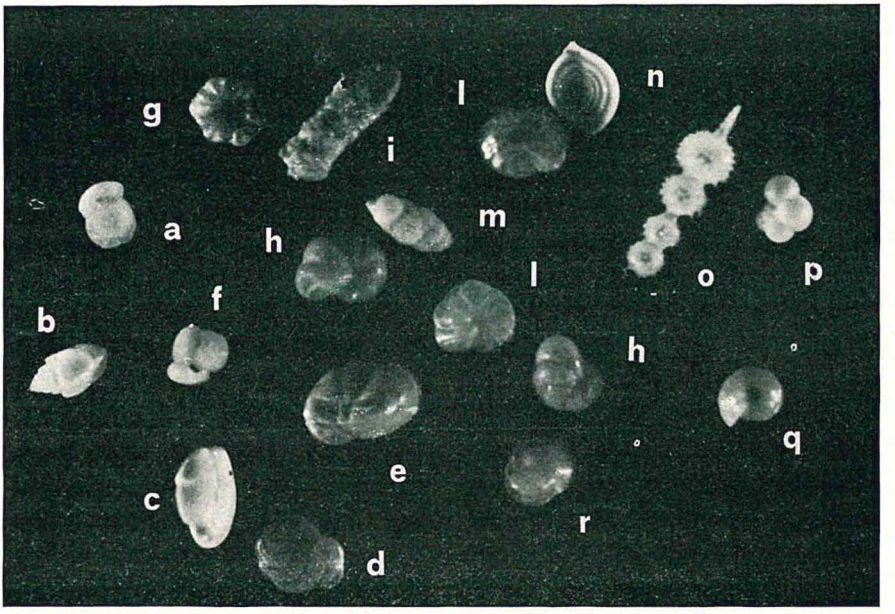


Fig. 1 - Associazione a foraminiferi nelle argille con *P. firma.* × 50. Sono riconoscibili le seguenti forme: a) *Globigerinoides ruber* (d'ORB.); b) *Bulimina marginata* d'ORB.; c) *Quinqueloculina seminulum* (LINNÈ); d) *Planulina ariminensis* (d'ORB.); e) *Cancris auriculus* (FICHT. & MOLL); f) *Globigerinoides elongatus* (d'ORB.); g) *Cymbaloporetta* sp.; h) *Falsocibicides lobatulus* (WALK. & JAC.); i) *Bigenerina nodosaria* d'ORB.; l) *Uvigerina peregrina* CUSH.; m) *Cibicides pseudoungerianus* (CUSH.); n) *Spiroloculina excavata* d'ORB.; o) *Siphonodosaria monilis* (SILV.); p) *Hastigerina siphonifera* (d'ORB.); q) *Gyroidina soldanii* (d'ORB.); r) *Cassidulina carinata* SILV.

materia organica in ambiente anaerobico e riducente, probabilmente al di sotto dello strato immediatamente superficiale del sedimento, che doveva essere sufficientemente ossigenato per permettere la vita dell'infauna; la frequenza di quest'ultima infatti in substrati ricchi in materia organica diffusa è regolata dal consumo

batterico di ossigeno e dall'accumulo dei prodotti tossici della decomposizione (BADER, 1954, in PURDY, 1964). La presenza di una discreta percentuale di organismi filtratori, oltre ad indicare la disponibilità di particelle alimentari in sospensione, permette di ipotizzare che l'interfaccia acqua-sedimento non fosse eccessivamente intorbidata dal rimescolamento superficiale da parte degli organismi detritivori, nonostante la frequenza di *Corbula gibba* che, accompagnata da *Ditrupa*, sempre assai scarsa, potrebbe indicare la tendenza ad una certa instabilità dei fondali.

Studi recenti (ad es. BOEKSCHOTEN, 1966, 1967; BROMLEY, 1970; WARME, 1975; GOLUBIC *et alii*, 1975; ROBBA e OSTINELLI, 1975, 1976) hanno mostrato il potenziale paleoecologico delle tracce di organismi perforanti sui gusci. Nel materiale della cava Marco Simone i gusci appaiono per lo più ben conservati e privi, in particolare quelli delle forme endobionti come *Limopsis*, *Corbula*, *Aporrhais*, ecc., di tracce di perforazioni; invece soprattutto i grossi esemplari di *Dentalium rectum*, ma anche di *Archimediella* e *Amusium* appaiono talora fittamente interessati da una rete di esilissime perforazioni superficiali ad andamento per lo più rettilineo o con deboli curvature, parallelo alla superficie esterna del guscio; tali perforazioni per lo più ramificano ad angolo retto o poco acuto. Seguendo le indicazioni di BROMLEY (1970) questi caratteri indicherebbero perforazioni ad opera di funghi piuttosto che di alghe; la morfologia a lunghe perforazioni ramificate a maglie rettangolari predomina, secondo GOLUBIC *et alii* (1975), nella parte inferiore della zona fotica.

I tubi di *Dentalium rectum* sono colonizzati inoltre da perforazioni maggiori, alcune attribuibili all'opera di policheti per la caratteristica sezione trasversa ad 8 propria delle perforazioni degli Spionidi, altre simili a quelle attribuite all'opera di foronidei da VOIGT (1975) e ROBBA e OSTINELLI (1976); le prime rientrano nell'icnogenere *Tripanites* nel largo senso di BROMLEY, 1973, le seconde nell'icnogenere *Talpina*. Infine è stata rinvenuta una valva di *Limopsis aurita* con perforazioni di Poriferi Clionidi (icnogenere *Entobia*).

Le perforazioni sui gusci di *Dentalium* in alcuni casi sono limitate ad una porzione, più frequentemente sono distribuite ampiamente e presenti anche sulle superfici interne; ciò rende necessaria una certa permanenza dell'intero guscio nell'interfaccia acqua-sedimento. Più che dedurne momenti di incremento energetico al fondo, non da escludere, ma poco compatibile con la tafonomia

dei gusci, l'assenza di strutture sedimentarie e l'integrità della maggior parte dei gusci stessi, è preferibile ricorrere all'ipotesi (ROBBA e OSTINELLI, 1975, 1976) relativa ad una azione di crostacei decapodi.

In ultima analisi le caratteristiche della associazione faunistica, con esemplari sparsi e con bivalvi spesso a valve unite, in genere di dimensioni piuttosto piccole, e le caratteristiche sedimentologiche permettono di riferire l'ambiente di sedimentazione ad una zona circalittorale piuttosto tranquilla e profonda; la serie evolve, verso l'alto, a condizioni di minore profondità e di maggiore apporto detritico.

Protula firma SEGUENZA

Il materiale della cava Marco Simone è riferibile alla specie di SEGUENZA sulla base degli scarsi caratteri diagnostici ben evidenziati da ROVERETO (1898), e cioè un andamento rettilineo o debolmente flessuoso dei tubi, una certa « rugosità » esterna della parete e soprattutto il rilevante spessore (1-2 mm) di quest'ultima. Buona parte dei tubi rinvenuti in realtà hanno una parete meno spessa di 1 mm; ciò è attribuibile tuttavia sia alla presenza di molte porzioni giovanili, sia alla frequente « esfoliazione » della parte esterna della parete dei tubi, che rimane aderente all'argilla essendo favorita dalla presenza, all'interno della parete stessa, dei corpi della *Protulophyla gestroi.* Il diametro medio dei tubi oscilla tra 4 e 7 mm, risultando sempre inferiore a quello (8 mm) indicato da ROVERETO (1898); la lunghezza maggiore è di 5-8 cm. Va comunque rilevato che la distinzione specifica dei Serpulidi fossili, basata esclusivamente sulle caratteristiche morfologiche dei tubi calcarei, è per lo più difficoltosa e artificiosa, come ha già notato lo stesso ROVERETO (1898). Del resto difficoltà esistono anche nella distinzione delle Protule attuali, come quelle tra le due specie viventi nel Mediterraneo, *Protula tubularia* (MONTAGU) e *Protula intestinum* (LAMARCK) messe in evidenza nel Catalogo OCDE (1967) e da BIANCHI (1979). Quest'ultimo autore nota come l'intero genere *Protula* necessiti di una revisione, essendo ad es. non giustificata la sua distinzione con il gen. *Apotamus,* basata solo sull'assenza o no di un opercolo. In accordo con ZIBROWIUS (1973), BIANCHI (1980) ritiene addirittura impossibile una distinzione, sulla base delle conoscenze disponibili, tra le specie attuali di *Protula.* Vale la pena di

rilevare infine come le caratteristiche morfologiche degli esemplari della cava Marco Simone non si discostino affatto da quelle del tubo degli esemplari viventi di *Protula tubularia* (MONTAGU), soprattutto nella sua porzione adulta, quale risulta dalla descrizione e dalla fig. 46 del Catalogo OCDE (1967); secondo ROVERETO (1898) tuttavia *P. tubularia* si distingue per la presenza di quattro costicine longitudinali, poco visibili.

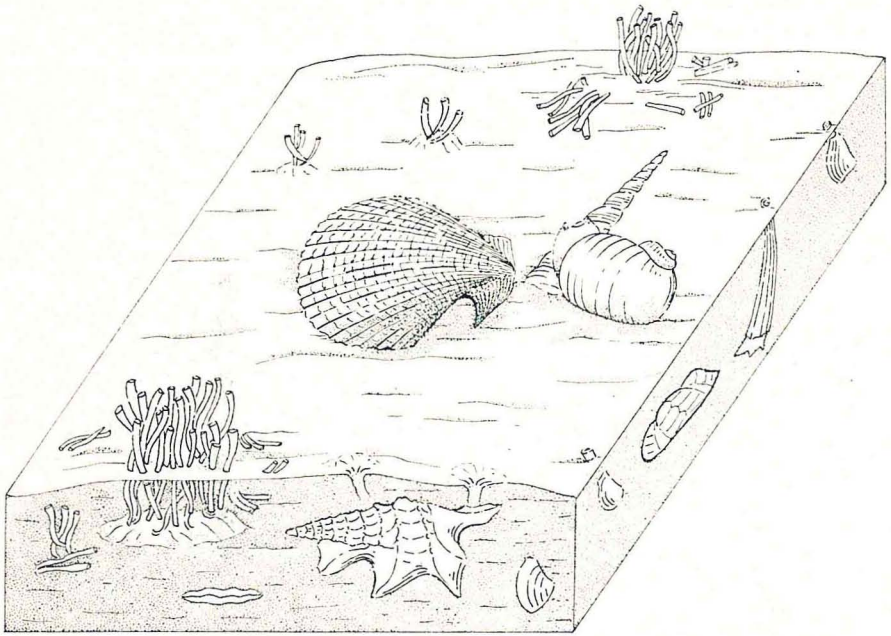


Fig. 2 - Ricostruzione schematica del fondale a *Protula firma*; sono rappresentati *Aporrhais, Brissopsis, Dentalium, Clamys, Natica, Archimediella, Nucula, Corbula.*

Nella successione argillosa della cava Marco Simone i tubi di *P. firma* si rinvengono talora isolati, per lo più non in posizione fisiologica, cioè con l'asse lungo parallelo al piano di sedimentazione; essi sono frequentemente rotti e comunque privi della porzione iniziale. Altre volte invece sono presenti delle aggregazioni di numerosissimi individui a costituire, più raramente, dei « cespi » ad andamento verticale il cui diametro, crescente verso l'alto, raggiunge i 20 cm, e, più frequentemente, dei fitti intrecci di tubi a disposizione varia, formanti delle « chiazze » di diametro fino a

50-70 cm; qui gruppi di tubi sono disposti orizzontalmente o poco inclinati, variamente orientati e accostati, altri gruppi invece hanno un andamento prevalentemente verticale o poco inclinato. Le pur fitte aggregazioni lasciano larghi spazi vuoti nel loro interno, occupati dal sedimento; tubi isolati sono più frequenti nell'intorno delle « chiazze », che non altrove. I singoli tubi delle aggregazioni sono sempre assai debolmente o affatto incrostati l'un l'altro, per lo più presentandosi solo fortemente accostati e spesso per breve tratto. Essi mostrano frequentemente di appartenere a generazioni successive; infatti, tra due tubi accostati uno solo presenta spesso

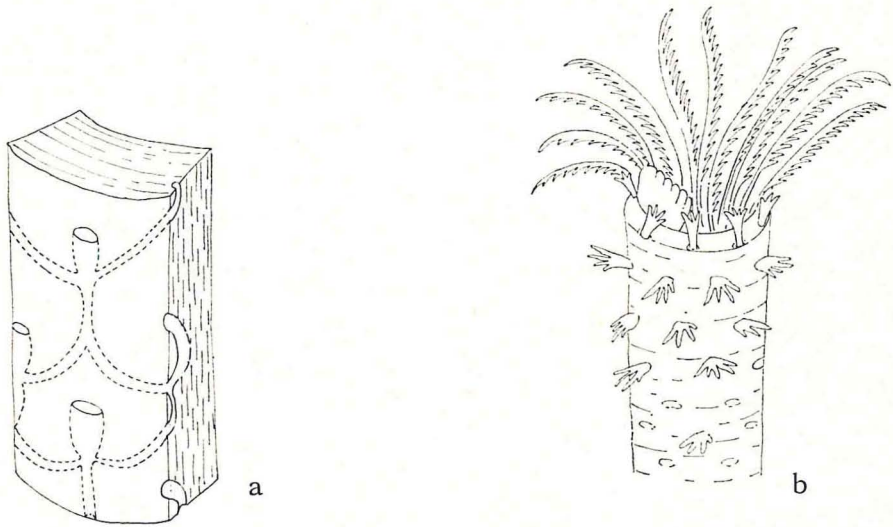


Fig. 3 - a) Ricostruzione dell'associazione *Protula firma / Protulophyla gestroi,* ispirata a SCRUTTON (1975); b) rappresentazione schematica dell'andamento della colonia idroide in una porzione di parete di *P. firma.*

(Tav. I, fig. 5) una parte modellata sull'altro, con una scanalatura sul lato accostato. Lo sviluppo verticale degli aggregati a *P. firma* non è valutabile, poiché essi sono stati osservati solo su superfici orizzontali; l'escavazione di una « chiazza » a tubi ne ha mostrato tuttavia la presenza su uno spessore di 20-25 cm.

I Serpulidi, pur non essendo degli organismi coloniali *s. strictu,* mostrano frequentemente delle aggregazioni massive, fino alla costruzione di estese strutture incrostanti e di impalcature positive elevate sul substrato anche per più di 1-2 m, note come « reefs a

Serpulidi » (GAERTNER, 1958; PERES, 1961; BOSENCE, 1973, 1979; MASTRANGELO e PASSERI, 1976) e conosciute fin dal Paleozoico (LEEDER, 1973; BEUS, 1980, ecc.). TEN HOVE (1979) ha tuttavia messo in evidenza come le aggregazioni dei Serpulidi vadano messe in relazione a particolari favorevoli condizioni ambientali, piuttosto che ad un habitat proprio; infatti tutte le 20 specie di Serpulidi attuali (su ca 200 viventi) di cui si conosce la capacità di formare aggregazioni, si rinvengono frequentemente anche come individui isolati. TEN HOVE (1979) produce una larga rassegna dei diversi motivi dominanti nella formazione di larghi aggregati, che vanno dalla riproduzione asessuata di *Filograna* allo sviluppo di Serpulidi eurieci in condizioni ambientali limite, favorito dalla riduzione della competizione per lo spazio vitale, fino al carattere più o meno gregario delle larve e alla relativamente scarsa durata dello stadio larvale. E' utile ricordare come SENTZ-BRACONNOT (1968) abbia mostrato l'esistenza di un potere di attrazione delle larve cospecifiche da parte di aggregati di una certa densità. Comunque la formazione di reefs a Serpulidi è prioritariamente, se non esclusivamente, legata alla disponibilità di un substrato duro; BOSENCE (1979, p. 311, fig. 8) mostra chiaramente come il « grado di ricoprimento » del substrato da parte di reefs a *Serpula vermicularis* (LINNÈ) nella laguna salmastra di Ardbear Lough (Irlanda), sia fortemente influenzato dalla distribuzione dei fondali duri. Tuttavia un certo potere di colonizzazione di fondi molli può essere connesso alla dispersione di « rami » morti caduti, costituenti nuove superfici di insediamento delle larve; ciò anche se sperimentalmente (STRAUGHAN, 1972, in TEN HOVE, 1979) sembrerebbe addirittura esservi una repulsa delle larve da parte dei tubi danneggiati.

Sui fondali a sedimentazione argillosa tranquilla della cava Marco Simone la disponibilità di substrati duri affioranti non doveva essere rilevante; infatti i resti fossili sono per lo più radi e sparsi nella massa argillosa e una parte di essi appartengono ad organismi fossatori, probabilmente rimasti inglobati nel sedimento anche *postmortem*; inoltre il discreto apporto detritico doveva ricoprire abbastanza velocemente gli oggetti presenti nell'interfaccia. In tale situazione i tubi stessi di quegli individui che, avuta l'opportunità di fissarsi su un guscio affiorante, si ergevano dal sedimento, dovevano necessariamente costituire sede di fissazione delle larve, sulle quali forse esercitavano anche un potere di attrazione; la dispersione delle larve inoltre, in un ambiente a bassa

energia, poteva essere relativamente limitata. *Protula tubularia,* attualmente vivente nel Mediterraneo, mentre in acque poco profonde e nella zona intertidale colonizza con individui isolati rocce e conchiglie, in acque profonde, su fondali sabbiosi e fangosi, forma delle larghe aggregazioni (Cat. OCDSE, 1967). La natura tipicamente solitaria di *Protula,* con crescita libera della porzione adulta, probabilmente rende conto dello scarso potere incrostante dei tubi tra loro, nelle aggregazioni della cava Marco Simone. Le diverse generazioni si accrescono accostate sui tubi più antichi, rimanendone modellate, ma sempre poco saldate; in tale modo le costruzioni in formazione, tendenti a sopraelevarsi dal fondale, risultano gracili e soggette a rotture anche per la semplice azione della gravità. I tubi caduti servivano probabilmente da sede di nuovi insediamenti, dando inizio alla formazione di una nuova struttura a tubi subparalleli. Cadute e crescite successive possono rendere conto delle caratteristiche delle strutture intricate rinvenute. L'assenza nel pur discretamente ricco materiale esaminato di porzioni iniziali incrostate su un substrato può forse indicare una colonizzazione iniziale anche su piccoli o piccolissimi oggetti e una crescita dei tubi accostati favorita da una loro parziale immersione nel fango. Tuttavia PERES e PICARD (1964) indicano la presenza di *Protula tubularia,* che essi considerano come specie tipicamente circalittorale, come buon indice di (p. 78): « Présence d'un substrat solide au voisinage (ou émergeant) d'un sédiment a dominance vaseuse ».

BOSENCE (1973; 1979) ha mostrato l'esistenza di numerosi predatori di *Serpula vermicularis* nella laguna di Ardbear Lough, rappresentati da pesci (Labridi), Asteroidi, *Buccinum undatum,* Echinidi. Il ritrovamento di tubi frammentari e, più raramente, di tubi con fratture rinsaldate (Tav. I, fig. 5), può indicare l'esistenza di predatori di *P. firma,* responsabili anche in buona parte della dispersione di tubi e frammenti di tubi isolati nell'intorno degli aggregati.

I tubi di *P. firma* si rinvengono spesso privi di tracce di organismi perforanti; ciò però è in gran parte dovuto al processo di esfoliazione della porzione esterna della parete, nella quale sono concentrate molte perforazioni. Vari tubi tuttavia mostrano perforazioni (Tav. II, figg. 7, 9) del tutto simili a quelle descritte per *Dentalium rectum.* « Microborings » ad andamento rettilineo sono talora presenti sulle superfici interne dei tubi, ad indicare un at-

tacco *postmortem,* nel periodo di permanenza nell'interfaccia, prima del seppellimento.

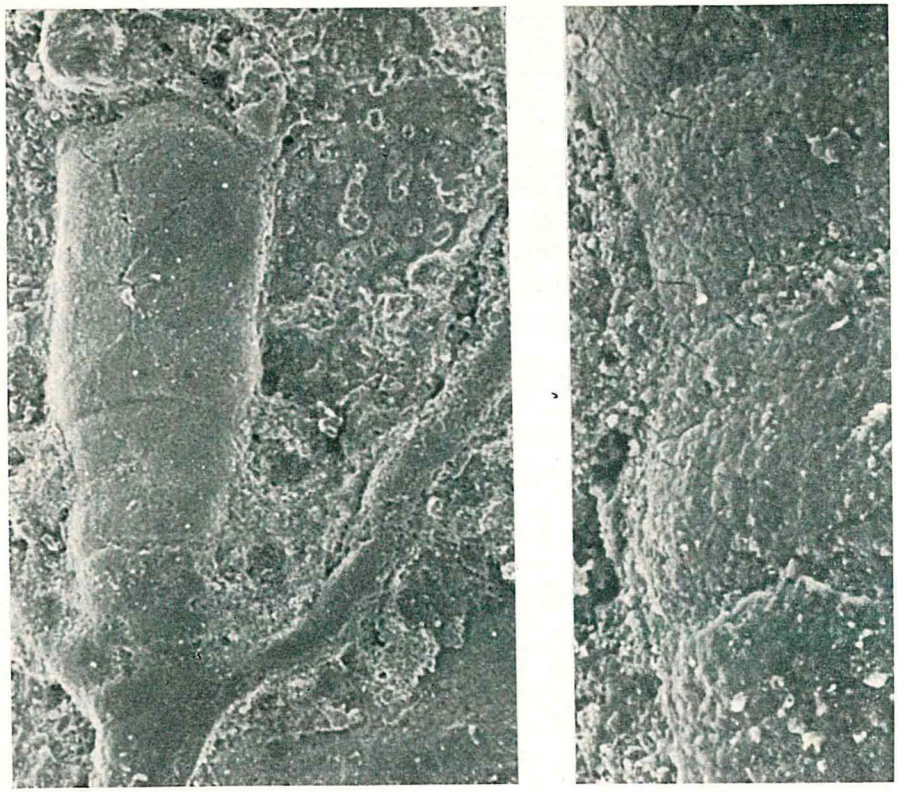
Va infine notato come nelle zone degli aggregati di *P. firma* si ritrovano esemplari, assai mal conservati, di Echinidi irregolari riferibili a *Brissopsis,* più frequenti che non nel restante sedimento; ciò trova una qualche analogia con quanto indicato per *Brissopsis lyrifera* FORBES, una specie presente nel Pliocene laziale (CHECCHIA-RISPOLI, 1923), da GUILLE (1971), che la ritrova nel Mediterraneo catalano abituale accompagnatrice delle comunità circalittorali, ma più frequente nei fondi argillosi mescolati con sabbia grossolana e ciottolami.

Protulophya gestroi ROVERETO

La grande maggioranza degli individui di *Protula firma* rinvenuti mostra una infestazione da parte di questo organismo, assai bene rilevabile per il colore nero, nero-marrone della sua rete elegante, disegnata sul bianco crema delle superfici calcaree (Tav. I, figg. 1-3).

Protulophyla gestroi è costituita da un sistema di stoloni formanti una rete a maglie poligonali, per lo più rombiche, sui cui vertici sono generalmente collocati i corpi individuali della colonia. Spesso la rete avviluppa completamente il tubo (Tav. I, figg. 1-3), altre volte ha un andamento irregolare o una distribuzione limitata. La posizione dei corpi individuali è per lo più ai vertici delle maglie a costituire il prolungamento verso l'alto di due stoloni che si congiungono; dalla base del corpo individuale partono altri due stoloni divergenti a costituire la base della maglia successiva. Questo tipo di organizzazione, prevalente, non è esclusivo; spesso gli individui si sviluppano come terminazione di stoloni singoli, germinati talora ripetutamente da uno stolone generatore, altre volte la posizione degli individui è lungo uno dei lati della maglia. I singoli individui appaiono come corpi subovoidali o leggermente svasati, allungati, strettamente addossati alla parete, alcuni ben rigonfi; molti di essi mostrano una caratteristica forma subrettangolare della porzione terminale, distinta dal resto del corpo per mezzo di una marcata strozzatura (Tav. III, figg. 1, 2; fig. 4).

L'essere la rete stolonare di *P. gestroi* a vista sui tubi di *P. firma* esaminati da ROVERETO e da NEVIANI, li ha indotti a considerare la nuova orma come esclusivamente incrostante, sia pure dotata



a b

Fig. 4 - a) foto al SEM di un idrante che mostra la strozzatura terminale e le fasce impresse sul suo corpo; × 100. b) particolare; × 400.

di un forte potere corrosivo, anche se l'attribuzione ai briozoi era basata soprattutto sul confronto con il briozoo ritenuto perforante *Hypoporella*; al contrario WALTER (1965), che probabilmente non aveva preso visione del lavoro di ROVERETO, ritrovando esemplari completamente inglobati nelle pareti di serpulidi, collegati all'esterno mediante aperture ovoidali, è stato indotto a rilevarne il carattere perforante, assimilando la sua specie (*Immergentia ? lissajousi*) a briozoi forse simili alle Paludicellidi, per la supposta assenza di stoloni tra gli individui.

Spesso l'attribuzione di resti problematici a Briozoi o Idrozoi è piuttosto incerta. Ad esempio CARETTO (1966) ha riconosciuto dei Briozoi Cheilostomati nelle incrostazioni superficiali di Gasteropodi pliocenici, a lungo interpretate come Idrozoi della famiglia

delle Hydractinidae. Per *P. gestroi* già ROVERETO (1902) accenna ad un possibile confronto con Idrozoi coloniali; d'altra parte anche WALTER (1965) nota come *J. ? lissajousi* differisca (p. 1965): « des autres Bryozoaires perforants jurassiques par la grande taille des zoecies ». BASSLER (1953) infine non riconosce *P. gestroi* come briozoo. Più recentemente SCRUTTON (1975) propone una netta attribuzione a Idrozoi coloniali epibionti, basandosi soprattutto sulle analogie con la forma attuale *Proboscidactyla flavicirrata* BRANDT, epibionte sui tubi agglutinati del Polichete sabellide *Potamilla myriopsis*. Secondo l'autore *P. gestroi* non aveva capacità perforanti, ma veniva gradualmente e regolarmente inglobato nel tubo calcareo durante la crescita del polichete ospite; la vita della colonia si doveva svolgere prevalentemente nella parte sommitale del tubo, legata alla utilizzazione di particelle alimentari dalle branchie e dai palpi del polichete. L'inglobamento non era tuttavia totale, ma la porzione tentacolata dei singoli individui, inibendo la deposizione in atto del $CaCO_3$, permaneva in contatto con l'ambiente esterno.

La crescita regolare della rete stolonare è confrontabile, come nota SCRUTTON (1975), con quella di *Tubularia* su un supporto regolare *in vitro*, osservata da MACKIE (1966); va anche tenuto conto della capacità di anastomosi interstolonare osservata da KATO *et al.* (1967).

Il materiale della cava Marco Simone sembra supportare, anche se in maniera non decisiva, l'ipotesi di SCRUTTON. Infatti numerosi corpi di « idranti » ben conservati come modelli mineralizzati (idrossido di ferro secondo ROVERETO, 1902), mostrano sulla loro superficie delle impronte costituite da fasce subparallele tra loro e con le linee di accrescimento del tubo calcareo (fig. 4; Tav. III, fig. 2); tali fasce possono essere agevolmente interpretate come la testimonianza della progressiva « biomurazione » da parte del polichete in crescita. Inoltre, la diversa ampiezza, profondità e larghezza delle fasce sullo stesso individuo, oltre che tra individuo e individuo, permettono di dedurre un sia pur lievemente diversificata resistenza alla costrizione messa in atto nel processo di biomurazione. Il diverso grado di resistenza del corpo potrebbe indicare la appartenenza di *P. gestroi* agli Idrozoi atecati (Athecata), dato che la presenza di una teca chitinosa rigida intorno all'idrante avrebbe dovuto presumibilmente produrre una resistenza più uniforme. La maggiore frequenza delle fasce, tuttavia di altezza variabile, nella porzione di innesco del corpo dell'idrante

nella rete stolonare potrebbe anche indicare una originaria annulazione, che è assai frequente negli Idrozoi attuali, i quali ne ricavano una maggiore flessibilità e orientabilità verso i flussi apportatori di particelle alimentari; tale annulazione sembra essere più sviluppata in acque poco mosse, osservandosi addirittura una variabilità intracoloniale attribuibile alle diverse intensità dei flussi idrici nelle varie parti della colonia stessa.

Il fenomeno della biomurazione, evidenziato dalle tracce delle strie di accrescimento sugli idranti, doveva avvenire *in vivo*, dato che sui tubi integri sono presenti aperture in corrispondenza di ciascun idrante; questo, inizialmente in posizione verticale e libero sulla porzione sommitale del tubo, venendo gradualmente inglobato dalla crescita di quest'ultimo, era costretto a piegare la sua porzione tentacolata di ca 90°, riuscendo contemporaneamente ad inibire la deposizione del $CaCO_3$ e favorendo la formazione di una apertura da cui fuoriuscire lateralmente. La fig. 4 di Tav. III mostra un raro esemplare che conserva una buona parte del corpo piegata a 90° in corrispondenza dell'apertura. La costante regolarità della presenza delle aperture sui tubi integri mostrata dagli esemplari studiati da SCRUTTON (1975) e da WALTER (1965) e nel materiale in esame, nel quale anche se solo poche aperture si sono conservate (Tav. I, figg. 4, 6), la maggior parte degli individui mostrano la strozzatura alla base della porzione del corpo che fuoriusciva dalla apertura stessa (Tav. II, figg. 1, 2; fig. 4), presuppone, in questa ipotesi, una regolarità del processo di biomurazione *in vivo* a dir poco sorprendente. Le uniche disposizioni irregolari di individui sono infatti solo quelle figurate da ROVERETO (1902) su esemplari di *P. firma* purtroppo andati perduti (MASTRORILLO, 1970; SCRUTTON, 1975); essi mostrano la traccia anche dei tentacoli, dovendosi quindi considerare come un esempio di biomurazione *post mortem* o di una occasionale incapacità a impedire la completa calcificazione del tubo da parte del polichete. Va ricordato comunque che una biomurazione regolare e continua è conosciuta anche nel briozoo *Hypoporella expansa* EHLERS, epibionte della superficie interna di tubi calcarei di policheti; i singoli zooidi reagiscono alla loro murazione « grattando via » la porzione di carbonato deposta in corrispondenza della loro apertura. L'ipotesi della biomurazione *in vivo* comporta infine una certa corrispondenza tra i ritmi di crescita dei due organismi.

D'altronde le esperienze di MACKIE (1966) hanno dimostrato

che la formazione di nuovi idranti non è un fenomeno ciclico, a sostituzione di idranti divenuti senescenti, ma anzi che: « ...given favourable water conditions hydrants probably live indefinitely »; la crescita della colonia poteva qundi seguire il passo di quella del tubo calcareo, probabilmente adattandosi ai suoi ritmi.

La « biomurazione » di organismi, prevalentemente idrozoi e briozoi, quale meccanismo che permette la preservazione allo stato di modelli o impronte di organismi privi di parti mineralizzate, è stato ben descritto ed esemplificato da VJALOV (1961) e VOIGT (1966, 1972, 1973, 1979, 1980). Tuttavia esso differisce sostanzialmente dal caso di *P. gestroi* per essere una biomurazione occasionale di organismi vivi o morti da parte di altri organismi a guscio o scheletro calcareo incrostanti in sovrapposizione.

SCRUTTON (1975) ritiene, con qualche dubbio, che la natura del rapporto tra *P. gestroi* e i serpulidi sia di tipo simbiontico piuttosto che semplicemente commensalistico. Il vantaggio per l'idrozoo è evidente in termini di disponibilità di substrato e di particelle alimentari, quello per il serpulide potrebbe essere ricercato in un qualche contributo alla difesa da predatori, per mezzo dei nematocisti dell'idrozoo. L'uso difensivo di questi ultimi è reso verosimile sia per l'analogia con il rapporto tra l'attuale *Hydractinia echinata* ed i paguri, sia per l'esistenza di predatori di serpulidi (BOSENCE, 1979) che estraggono il polichete dal proprio tubo (es. asteroidi). Inoltre una strettissima relazione è stata dimostrata anche sperimentalmente (MACKIE, 1966) tra *Proboscidactyla flavicirrata* e i sabellidi su cui è epibionte; i polipi infatti si contraggono simultaneamente al ritiro della corona tentacolare del verme e l'intera colonia degenera se rimossa dal suo sostegno (HIRAI, 1960, in SCRUTTON, 1975) anche se mantenuta in condizioni ottimali.

L'associazione probabilmente simbiontica Serpulidi/*Protulophyla gestroi* è documentata dal Giurese al Pliocene. Essa testimonia della antichità della acquisizione della capacità di insediamento selettivo (selective settlement) delle planule di idrozoi, oggi largamente conosciuta (ad es. l'insediamento selettivo delle planule di *Hydractinia echinata* sui gusci di molluschi abrasi e/o in movimento e quello di *Teissieria milleporoides* BOUILLON, epibionte sull'opercolo del polichete *Spirobranchus tetraceros*.

Il lungo intervallo di distribuzione di *P. gestroi* (Giurese-Pliocene) pone il problema della sua reale essenza di specie persistente o di un gruppo polispecifico entro il quale, a tutt'oggi, non si è in

grado di operare discriminazioni. A tale proposito si presenta in appendice una breve analisi biometrica condotta sugli idranti di tre colonie di diversa posizione nella serie studiata; essa conferma l'appartenenza ad un unico universo per i caratteri misurati delle forme indagate e costituisce una base di riferimento per un possibile confronto con materiale di diversa provenienza ed età. I dati numerici di SCRUTTON (H = 0,76-1,20 mm; L = 0,24-0,40 mm), basati sull'intero stock di materiale a sua disposizione, comprendono ampiamente quelli degli esemplari laziali, mentre i dati di WALTER, 1965 (H = 1,4-1,6; L = 0,4-0,6) sono nettamente distinti anche se forse soltanto per una diversità nella misura.

L'assenza infine di *P. gestroi* come forma attuale può essere dovuta semplicemente ad un difetto di documentazione, mentre sembra poco probabile l'ipotesi affacciata da SCRUTTON (1975), secondo cui *P. gestroi* potrebbe essere legata alla attuale *Proboscidactyla.* Infatti da un lato il modello figurato da ROVERETO (1902) mostra individui forniti di numerosi tentacoli contro i due di *P. flavicirrata,* dall'altro quest'ultima è solo epibionte di policheti a tubo agglutinato.

Brevi conclusioni

L'associazione *Protula firma/Protulophyla gestroi* nel Pliocene della cava Marco Simone si è sviluppata su fondali circalittorali a sedimentazione costante e tranquilla, in isolate e rade aree di densa colonizzazione. Le aggregazioni di *P. firma* non riescono a formare strutture resistenti come quelle prodotte dalla aggregazione di altri serpulidi, probabilmente a causa della scarsa o nulla capacità incrostante dei singoli tubi tra loro, oltre che della assenza di substrati duri affioranti. Quest'ultima tuttavia ha favorito la formazione degli aggregati stessi, imponendo la scelta dei tubi calcarei degli individui adulti come sede di insediamento delle larve. *P. gestroi* è stata recentemente riconosciuta come un idrozoo epibionte, commensale o simbionte di serpulidi (SCRUTTON, 1975). Le osservazioni sul materiale laziale sembrano confermare tale attribuzione e permettono anzi di ipotizzarne la natura atecata, per le tracce, impresse sui modelli degli idranti, delle strie di accrescimento del tubo del polichete. L'associazione *P. firma/P. gestroi* rappresenta così un esempio di biomurazione *in vivo.*

Appendice biometrica

Su tre colonie (A, B e C), costituite da almeno 25 esemplari completi, sono state effettuate le misure dell'altezza massima (H) e della larghezza massima (L) di ciascun individuo; è stato anche calcolato il rapporto H/L. Dai dati relativi a ciascuna colonia sono stati ricavati il campo di variazione (CV), il valore della media (M), l'errore standard (S), l'errore standard della media (S_M) e l'indice di variabilità (v); tali valori sono riportati in Tab. 1. Gli stessi parametri sono stati calcolati per l'intero complesso di 107 individui costituenti le tre colonie e riportati nella stessa Tab. 1, come rappresentativi di una sola popolazione T.

TAB. 1 - Risultati delle misure effettuate su individui appartenenti ad alcune colonie di *Protulophyla gestroi* ROVERETO.

		CV	M	S	SM	V
T N=107	H	462 - 851	663,87	80,23	7,75	12,08
	L	203 - 323	275,54	26,46	2,55	9,60
	H/L	1,80 - 3,58	2,41	0,32	0,03	13,27
A N=42	H	462 - 851	659,59	88,85	13,71	13,47
	L	203 - 323	268,85	29,20	4,50	10,86
	H/L	1,85 - 3,36	2,46	0,34	0,05	13,82
B N=40	H	546 - 851	671,10	72,73	11,50	10,83
	L	203 - 323	284,12	25,08	3,96	8,82
	H/L	1,93 - 3,22	2,36	0,30	0,04	12,71
C N=25	H	481 - 795	659,52	79,68	15,93	12,08
	L	222 - 323	273,08	24,80	4,96	9,08
	H/L	1,80 - 3,58	2,42	0,36	0,07	14,87

Dalla tabella si vede che i campi di variazione presentano analoghe estensioni, mentre tra i valori medi non risultano differenze che possano essere statisticamente significative. Per la popolazione T si ha una distribuzione dei dati molto prossima all'andamento normale, come si può vedere dagli istogrammi di fig. 5. Tra H ed L esiste una buona correlazione (fig. 6), con un coefficiente di correlazione $r = 0{,}29$ il quale, confrontato con i valori riportati in SIMPSON *et al.* (1960, tab. V, pag. 426) o in FISHER (1948, tav. Va, pag. 194), si rivela significativo ad un livello di probabilità del 99%.

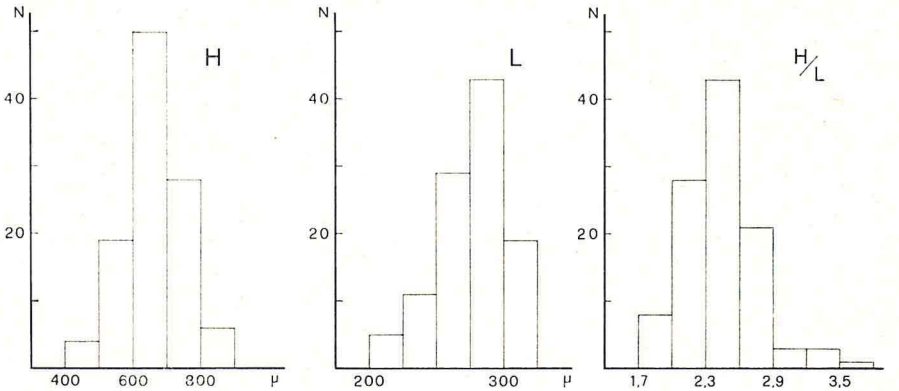


Fig. 5 - Istogrammi relativi alle distribuzioni delle misure effettuate su individui di *Protulophyla gestroi* ROVERETO (popolazione T).

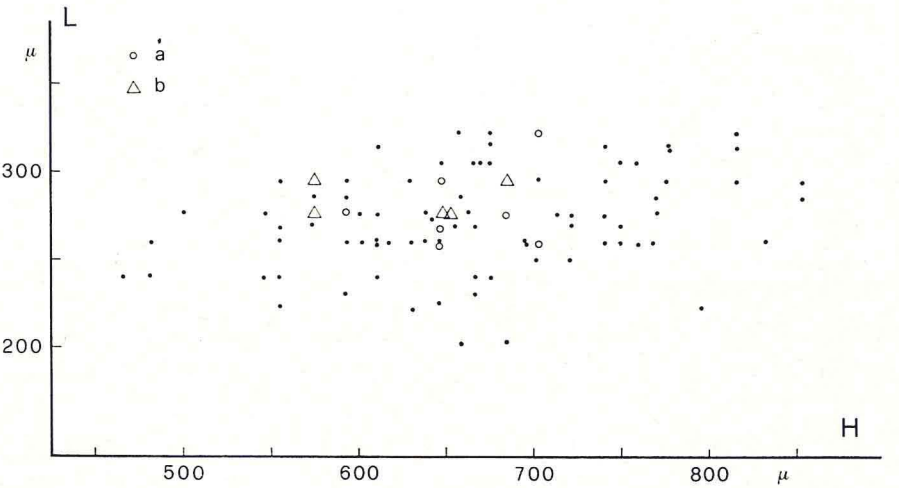


Fig. 6 - Relazione tra i valori di H e L determinati sugli individui di *Protulophyla gestroi*. a = 2 esemplari, b = 3 esemplari.

Ringraziamenti - Gli Autori ringraziano il dr. C. Romei per l'esecuzione dei disegni delle figure 2 e 3 e il sig. L. Spinozzi per l'esecuzione di alcune fotografie.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ARIAS C., BIGAZZI G., BONADONNA F. P., CONTI M. A., IACCARINO S., RADICATI DI BROZOLO F., RIO D. (1977) - Chronostratigraphy of Marco Simone Quarry (Central Italy). *Boll. Soc. Geol. It.*, **95**, 1657-1679, 7 ff., 1 tab.

BASSLER R. S. (1953) - Bryozoa. In « Treatise on Invertebrate Paleontology (MOORE R. C., Ed.). G, xiv + 253 pp., text-figs.

BEUS S. S. (1980) - Devonian serpulid bioherms in Arizona. *J. Paleont.*, **54** (5), 1125-1128, 2 ff. n.t.

BIANCHI C. N. (1979) - Serpuloidea (Anellida, Polychaeta) delle acque italiane: elenco delle specie e chiavi per la determinazione. *Ann. Mus. Civ. St. Nat., Genova,* **82**, 266-293, 1 f.

BIANCHI C. N. (1980) - Serpulidae della scogliera artificiale di Varazze (Savona). *Atti Soc. ital. Sci. Nat. Museo Civ. Stor. Nat. Milano,* **121** (1-2), 83-93, 5 ff. n.t.

BISHOP G. A. (1975) - Traces of predation. In « Trace Fossils » (R. W. FREY Ed.), 261-281, 9 ff., Springer Verlag.

BLANC-VERNET L. (1969) - Contribution à l'étude des Foraminifères de Méditerranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoûme,* **48** (64), 1-281, 30 ff., 17 tt.

BOEKSCHOTEN G. J. (1966) - Shell borings of sessile epibiontic organisms as palaecological guide (with examples from Dutch coast). *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.,* **2** (4), 333-379, 16 ff., 3 tt.

BOSENCE D. W. J. (1973) - Recent serpulid reefs, Connemara, Eire. *Nature,* **242**, 40-41.

BOSENCE D. W. J. (1979) - The Factors Seading to Aggregation and Reef Formation in *Serpula vermicularis* L. in: « Biology and Systematics of colonial organisms » (Larwood G. & Rosen B.R. eds.). *Systematica Association Special Volume,* **11**, 299-318, 8 ff., 2 tabb., 1 t.

BOUILLON J. (1974) - Description de *Teissiera milleporoides,* nouveau genre et nouvelle espèces de Zancleidae des Seychelles (Hydrozoaires; athécates-anthoméduses), avec une révision des hydroides « *Pteronematoidea* ». *Cah. Biol. Mar.,* **15**, 113-154, 14 ff., 5 tabb., 6 tt.

BRIEN P. (1960) - Classe des Bryozoaires. In « Traité de Zoologie » (Grassé P.P., ed.). **5** (2), 1053-1335, ff. n.t. 876-1223.

CARBONI M. G. (1975) - Biostratigrafia di alcuni affioramenti pliocenici del versante tirrenico dell'Italia centrale. *Geologica Rom.,* **14**, 63-85, 12 ff., 5 tabb., 4 tt.

CARETTO P. (1966) - Nuova classificazione di alcuni briozoi pliocenici, precedentemente determinati quali briozoi del genere *Hydractinia* Van Beneden. *Mem. Soc. Ital. Sc. Nat. Mus. Civ. St. Nat. Milano,* **15** (1), 88 pp., 27 ff., 9 tt.

Catalogue des principales salissures marines, 3: Serpules tubicoles (a cura di NELSON-SMITH A.) (1967). *Publications de l'O.C.D.E.,* 79 pp., 87 ff.

CHECCHIA-RISPOLI G. (1923) - Gli Echinidi del Pliocene di Anzio. *Mem. Carta geol. d'Italia,* **9** (1), 7-29, 4 ff., 5 tt.

CRISP M. (1977) - The development of the serpulid *Pomotoleios kraussi* (Anellida, Polychaeta). *J. Zool. Soc. London,* **183**, 147-160.

DE STEFANI C. (1907) - I terreni e le acque cloro-sodiche della salute di Livorno. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, **23**, 88-124.

DI GERONIMO I. (1972) - Contributo alla conoscenza della malacofauna batiale al largo di Siracusa. *Conchiglie*, **8** (1-2).

DI GERONIMO I. (1974) - Molluschi bentonici in sedimenti recenti batiali e abissali dello Jonio. *Conchiglie*, **10** (7-8), 133-172, 1 f., 5 tt.

FAGERSTROM J. A. (1964) - Fossil communities in Paleoecology: their recognition and significance. *Bull. Geol. Soc. Am.*, **75**, 1197-1216, 5 ff.

FISHER R. A. (1948) - Metodi statistici ad uso dei ricercatori. Ed. UTET, 1-326, 12 ff., 74 tabb.

GAERTNER H. R., von (1958) - Vorkommen von Serpelriffen nördlich des Polarkreises an der norwegischen Küste. *Geol. Rundsch.*, **47**, 72-73.

GHISOTTI F. (1979) - Chiavi di determinazione degli Scaphopoda del Bacino Mediterraneo. *Boll. Malacologico*, **15** (9-10), 289-294.

GOLUBIC J., PERKINS R. D., LUKAS K. J. (1975) - Boring microorganisms and microborings in carbonate substrates. In « Trace Fossils » (R.W. Frey ed.), 229-259, 10 ff., Springer-Verlag.

GUILLE A. (1970) - Bionomie benthique du plateau continental de la côte française catalane. II. Le communautés de la macrofaune. *Vie Milieu*, **21** (1 B), 149-280, 18 ff., 10 tabb.

GUILLE A. (1971) - Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalane française. *Vie Milieu*, **22** (3), s.B, 469-527, 21 ff.

HANSON J. (1848) - Formation and breakdown of serpulid tubes. *Nature*, **161**, 610-611.

KATO M., HIRAI E., KARINUMA (1967) - Experiments on the coaction among hydrozoan species in the colony formation. *Sci. Rep. Tôhoku Univ.*, s. 4, **33**, 359-373.

LEEDER M. R. (1973) - Lower Carboniferous serpulid patch reefs, bioherms and biostromes. *Nature*, **242**, 41-42.

MACKIE G. O. (1966) - Growth of the hidroid *Tubularia* in culture. In Rees W.J. (ed.) « The Cnidaria and their evolution ». *Symp. Zool. Soc. London*, **16**, 397-412, 2 ff.

MACKIE G. O. (1973) - Coordinated Behavior in Hydrozoan Colonies. In « Animal Colonies - Development and function through time » (R.S. Boardman, R.H. Cheetham, W.A. Oliver, Jr., eds.), 95-106.

MALATESTA A. (1974) - Malacofauna pliocenica umbra. *Mem. Carta geol. d'Italia*, **13**, 498 pp., 32 tt.

MARASTI R., RAFFI S. (1976) - Malacofauna del Pliocene di Maiatico. *Boll. Soc. Paleont. Ital.*, **15** (2), 189-214, 4 ff., 2 tt.

MONCHARMONT ZEI M. (1956) - Foraminiferi di un campione di fondo prelevato alla Ammontatura nel Golfo di Napoli. *Boll. Soc. Nat. Napoli*, **65**, 3-11, 1 t.

MONCHARMONT ZEI M. (1962) - I foraminiferi del Banco delle Vedove (Golfo di Napoli). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **32**, 442-482, 1 f., 5 tabb., 3 tt.

MONCHARMONT ZEI M. (1964) - Studio ecologico sui foraminiferi del Golfo di Pozzuoli (Napoli). *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **34** (1), 160-184, 8 ff., 2 tabb.

NEVIANI A. (1902) - Sulla *Terebipora manzonii* Rov. e sulla *Protulophyla gestroi* Rov. *Boll. Soc. Geol. It.*, **21**, 42-49, 3 ff.

PERES J. M. (1961) - Oceanographie biologique et Biologie marine. Tome Premier. La vie benthique. Presses Univ. France.

PERES J. M., PICARD J. (1964) - Nouveau manuel de bionomie bentique de la Mer Mediterranée. *Recl. Trav. St. Mar. Endoûme*, **31** (47), 1-138, 9 ff.

PETERSEN K. W. (1979) - Development of coloniality in Hydrozoa. In « Biology and Systematics of Colonial Organisms » (G. Larwood, B.R. Rosen eds.). *Systematics Association, Special Vol.*, **11**, 105-138, 12 ff.

PURDY E. G. (1964) - Sediments as substrates. In « Approaches to Paleoecology (J. Imbrie, N. Newell eds.), 238-271, 16 ff., John Wiley & Sons.

REYSS D. (1971) - Les canyons sous-marins de la mer Catalane. Le rech du Cap et le rech Lacaze Duthiers. III. Les peuplements de macrofaune benthique. *Vie Milieu*, **22** (3 B), 529-616, 11 ff., 21 tabb.

ROBBA E., OSTINELLI F. (1975) - Studi paleoecologici sul Pliocene ligure. I. Testimonianze di predazione sui Molluschi pliocenici di Albenga. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **8** (3), 309-372, 10 ff., 8 tt.

ROBBA E., OSTINELLI F. (1976) - Studi paleoecologici sul Pliocene ligure. II. Le tracce degli organismi epibionti sui Molluschi pliocenici di Albenga. *Riv. Ital. Paleont. Strat.*, **82** (3), 501-578, tt. 66-76.

ROVERETO G. (1898) - Serpilidae del Terziario e del Quaternario in Italia. *Palaeont. Ital.*, **4**, 47-91, tt. 6-7.

ROVERETO G. (1902) - Briozoi, anellidi e spugne perforanti nel Neogene ligure. *Palaeont. Ital.*, **7** (1901), 219-224, 5 ff., 28 tt.

SCRUTTON C. T. (1975) - Hydroid-serpulid symbiosis in the Mesozoic and Tertiary. *Palaeontology*, **18** (2), 255-274, 5 ff., tt. 39-42.

SENTZ-BRACONNOT E. (1968) - Données écologiques et biologiques sur la fixation des serpulidae dans la Rade de Villefranche-sur-Mer. *Vie Milieu*, **19** B (Oceanogr.), 109-132, 6 ff., 6 tabb.

SIMPSON G. G., ROE A., LEWONTIN R. C. (1960) - Quantitative Zoology. Ed. Harcourt, Brace & World, Inc. Revised Edit., 1-440, 64 ff., 5 tabb.

SOWERBY J. (1829) - The mineral conchology of Great Britain. **6**, VII+230 pp., tt. 504-609.

TEITELBAUM M. (1966) - Behaviour and settling mechanism of planulae of *Hydractinia echinata. Biol. Bull. mar. biol. Lab. Woods Hole*, **131**, 410-414.

TEN HOVE H. A. (1979) - Different causes of mass occurrence in Serpulids. In: « Biology and Systematics of colonial organisms » (Larwood G., Rosen B.R. eds.). *Systematics Association Special Volume*, **11**, 281-298, 1 tab. Academic Press.

THORSON G. (1957) - Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). In: « Treatise on Marine Ecology and Paleoecology ». Vol. I Ecology (Hedgpeth J.W. ed.). *Mem. Geol. Soc. Am.*, **67** (1), 461-534.

UCHIDA T., OKUDA S. (1941) - The hydroid *Lar* and the meduse *Proboscidachyla. J. Fac. Sci.*, Okkaido, Univ., s. **6** (3-4), 431-440, 11 ff. n.t.

VJALOV O. S. (1961) - Phenomena of vital immuration in nature (in russo con riassunto in inglese). *Dopowidi Akad. Nauk. Ukrains Kos. R.S.R.*, **11**, 1510-1512.

VOIGT E. (1979) - The preservation of slightly or non-calcified fossil Bryozoa (Ctenostomata and Cheilostomata) by bioimmuration. *Systematics Association Special Volume*, « Advances in Bryozoology » (G.P. Larwood, M.B. Abbott eds.), **13**, 541-564, 1 f., 9 tt., Academic Press.

VOIGT E. (1980) - *Arachnidium longicauda* n.sp. (Bryozoa Ctenostomata) aus der Maastrichter Tuffkreide (Ob. Kreide, Maastrichtium). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 738-746, 4 ff.

WALTER B. (1965) - Un bryozoaire perforant de l'Oxfordien. *C.R. Séanc. Soc. Géol. Fr.*, 236-287, 1 f.

WALTON W. R. (1964) - Recent Foraminiferal Ecology and Paleoecology. In: « Approa-

ches to Paleoecology » (J. Imbrie, N. Newell eds.), 151-237, 31 ff., John Wiley & Sons.

WRIGLEY A. (1951) - Some Eocene serpulids. *Proc. Geol. Ass. London*, **62**, 177-202, 66 ff. n.t.

ZIBROWIUS H. (1973) - Revision of some Serpulidae (Annellida Polychaeta) from abyssal depths in the Atlantic and Pacific, collected by the « Challenger » and « Prince of Monaco » expeditions. *Bull. Br. Mus. (Nat. Hist.), Zool.*, **24** (9), 427-439.

(*ms. pres. il 28 maggio 1981; ult. bozze il 4 gennaio 1982*)

TAVOLE

TAVOLA I

Figg. 1-3 - *Protulophyla gestroi* ROVERETO su tubi di *Protula firma* SEGUENZA. Si noti la regolarità dello sviluppo della rete stolonare.

Fig. 4-6 - Porzioni di tubi di *P. firma* che conservano alcune aperture nella parete (frecce).

Fig. 5 - Alcuni tubi di *P. firma* mostranti modellamenti della parete ad andamento per lo più longitudinale; il primo tubo a sinistra mostra una frattura rinsaldata. Fig. 1, x 6; fig. 2, x 8; fig. 3, x 4; fig. 4, x 8; fig. 5, x 1,5; fig. 6, x 9.

TAV. I

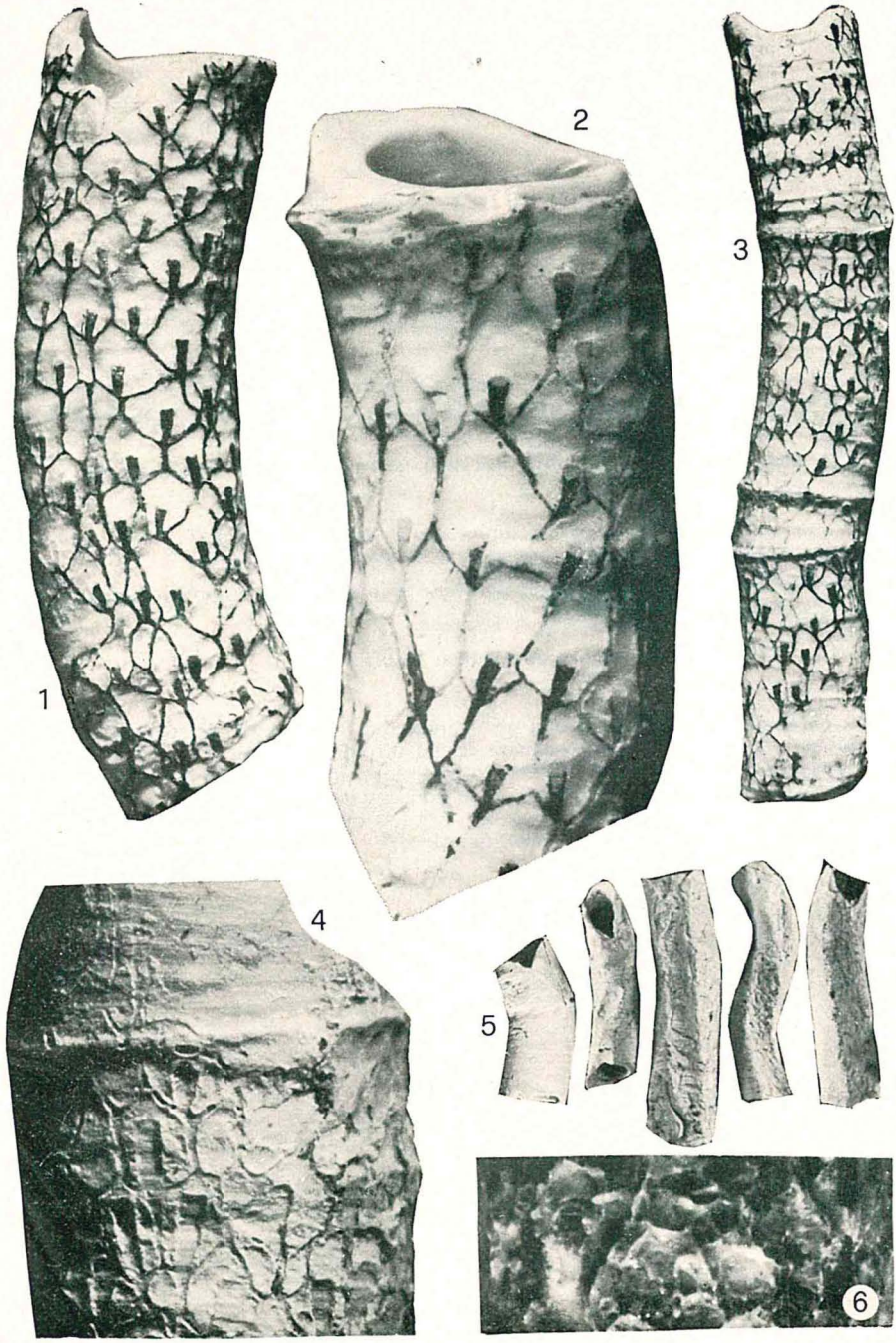


TAVOLA II

Figg. 1, 3 - Tubi di *P. firma* con un riempimento di solfuro di ferro più o meno ossidato; in fig. 1 il modello sporge dal tubo, incompleto; in fig. 3 la parete interna del tubo appare corrosa.

Fig. 2 - Frammento ligneo con una infestazione di teredini (estremità destra).

Fig. 4 - « burrow » ad U.

Figg. 5, 8 - Tubi di *P. firma* con riempimento di materiale ossidato; la fig. 8 mostra una piccola porzione di un aggregato di *P. firma*.

Fig. 6 - Modello mineralizzato di un polichete epibionte su un tubo di *P. firma*.

Figg. 7, 9 - « boring » nella parete di *P. firma*.

Fig. 7 - « microborings » fungini od algali e *Tripanites*.

Fig. 9 - Particolare della fig. 7.

Figg. 10, 11 - Sezione trasversale di una porzione di tubo di *P. firma*; in fig. 10 la sezione attraversa la cavità occupata da un idrante di *P. gestroi*; la porzione corticale del tubo mostra un andamento irregolare; in fig. 11 sono presenti le sezioni di due stoloni, inglobate dalle lamine concentriche del tubo.
Fig. 1, x 4; fig. 2, x 2/; fig. 3, x 5; fig. 4, x 1,1; fig. 5, x 2,5; fig. 6, x 4; fig. 7, x 5; fig. 8, x 1; fig. 9, x 14; fig. 10, x 80; fig. 11, x 80.

TAV. II

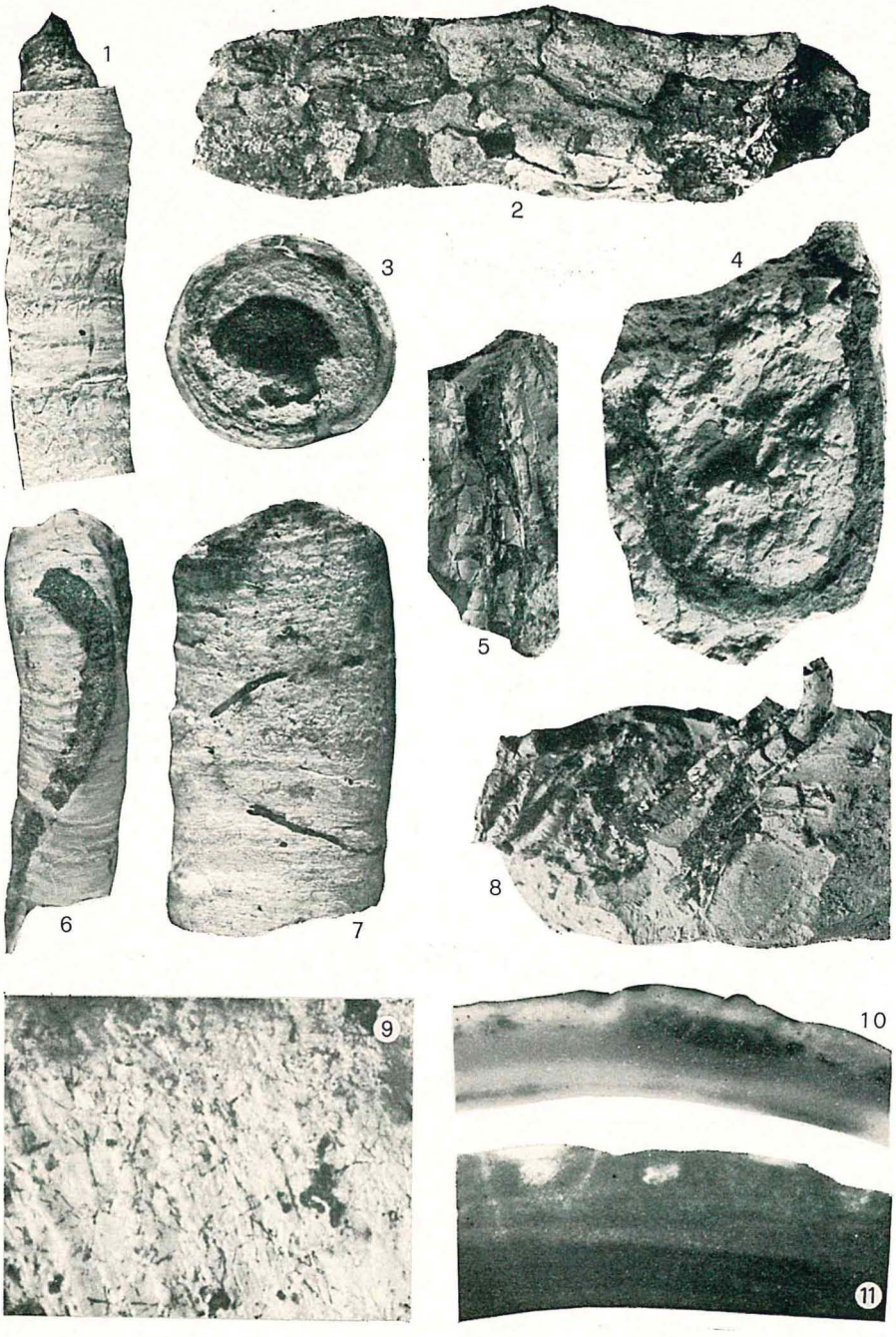


TAVOLA III

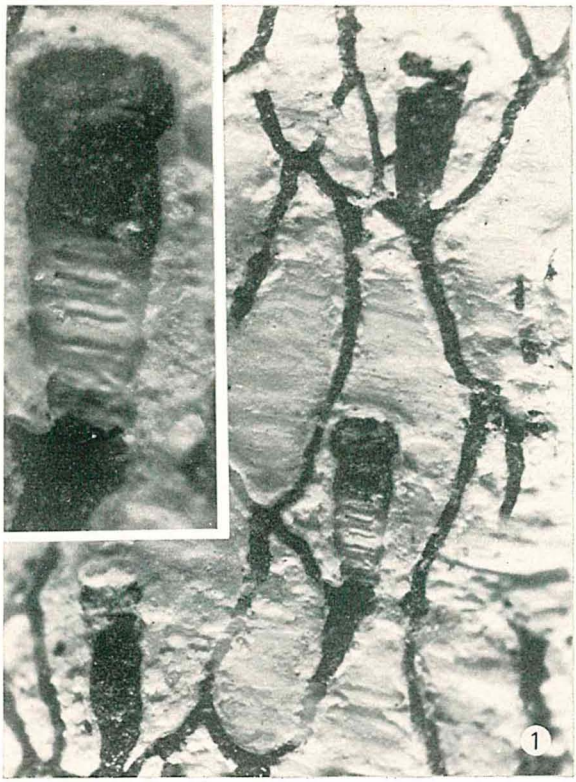
Protulophyla gestroi ROVERETO, particolari degli idranti e della rete stolonare.

Fig. 1 - Molto evidente nei tre individui (si vede anche il particolare del riquadro in alto a sinistra) la distinzione della parte superiore del corpo; nell'individuo ingrandito sono messe in vista le strie di accrescimento del tubo calcareo.

Fig. 2 - I quattro idranti mostrano evidente la piegatura a 90° del corpo nella porzione corrispondente all'apertura; nel secondo esemplare, partendo dal basso, sono riconoscibili impronte a fasce subparallele.

Fig. 3 - Impronta di due idranti sul tubo calcareo; si osservano le strie di accrescimento a fasce subparallele.

Fig. 4 - Idrante che conserva un ampio tratto della porzione del corpo piegata a 90°.

Fig. 5 - Idrante con evidenti costrizioni; sono riconoscibili il bordo calcareo che lo circonda e la diramazione basale degli stoloni.
Fig. 1-a, x 75; fig. 1-b, x 30; fig. 2, x 30; fig. 3, x 30; fig. 4, x 30; fig. 5, x 75.

TAV. III