

Michele Cornelio, Anna Occhipinti Ambrogi

STRUTTURA E DINAMICA DEI POPOLAMENTI MACROFOULING
IN RELAZIONE AL PERIODO DI INSEDIAMENTO
NEL BACINO CENTRALE DELLA LAGUNA DI VENEZIA

Riassunto. Tra marzo 1993 e luglio 1994 è stata studiata la dinamica degli insediamenti macrobentonici in tre stazioni del bacino centrale della Laguna di Venezia, tramite l'immersione di substrati artificiali. Il confronto tra una serie di 8 pannelli immersi per due mesi e una serie di 6 pannelli immersi per sei mesi ha permesso di mettere in evidenza una comune dinamica di colonizzazione, nonostante la presenza di differenze qualitative e strutturali nelle tre stazioni. La stazione esterna, in prossimità della bocca a mare di Lido, è risultata la più diversificata e la meno zata dal periodo freddo invernale, grazie alle condizioni relativamente più stabili determinate dalla vicinanza del mare, rispetto alle stazioni più interne lagunari. Questa differenza è emersa pure dalla cluster analysis, con una netta separazione fra i campioni semestrali di ciascuna stazione. La stazione più esterna è caratterizzata dalla dominanza degli Anfipodi Tubicoli e delle Macroalghe, la stazione mediana è caratterizzata prevalentemente dai Serpulidi, mentre nella stazione più interna le forme dominanti si susseguono nei pannelli semestrali, con una prevalenza di Balanidi e Attinie. Malgrado queste differenze specifiche osservate in ciascuna stazione, tramite l'uso delle matrici di similarità calcolate con l'indice di Sorensen sui campioni bimestrali e semestrali, è stato possibile discriminare un comune pattern di colonizzazione.

Le specie che predominano sui substrati semestrali sono quelle che si sono insediate soprattutto tra luglio e settembre, che sostituiscono le specie precedentemente insediate e sono capaci di resistere ai rigori invernali. Durante l'autunno e l'inverno la colonizzazione è ridotta e solo in primavera si assiste ad un nuovo aumento dei taxa.

I risultati di questo studio consentono di affermare che nei canali navigabili della laguna veneta la struttura delle comunità fouling è in larga parte determinata dagli insediamenti che avvengono nel periodo tardo primaverile ed estivo; tale indicazione può essere di utilità nell'impostazione di studi di monitoraggio della qualità dell'ambiente.

Summary. Macrofouling assemblages in the Central Basin of the Lagoon of Venice. structure and dynamics in relation to the period of settlement.

Between March 1993 and July 1994 the dynamics of macrobenthos in three stations in the central basin of the Lagoon of Venice were studied by means of artificial substrates. In each station, 6 panels remained immersed for six months and were put into the water with a delay of two months from each other. The objective of the study was to highlight differences in the structure of the final assemblage (after 6 months) dependent on the period of colonisation.

Differences in seasonal settlement during the exposure of the six-month panels were followed by means of series of 8 panels replaced every two months.

Different macrofouling communities were observed in the three stations, characterised by different ecological conditions. The outermost station, close to the sea water inlet of Lido, proved the most rich in terms of species numbers and the least influenced by the cold winter period, due to the relatively more stable conditions compared to the inner stations. Differences were evident from the cluster analysis as well, that showed a clear separation between the six-month panels of each station. In the six-month communities tube-dwelling Amphipoda and macroalgae predominated in the outermost station; the intermediate station is mostly characterised by the presence of Serpulids, while a shift in dominance occurred between Balanids and Actiniarians in the innermost station.

In spite of these spatial differences, a common temporal pattern of colonisation was detected by the similarity matrix calculated by the Sorensen index on bimonthly samples. The species prevailing on six-month substrates are mostly those settled between July and September, that are able to replace those settled previously and to resist the cold season. The colonisation is less intense during the autumn and winter seasons, only in the spring new taxa start to settle again.

In conclusion, the structure of the fouling community in the navigable canals of the Lagoon of Venice is largely determined by the settlement occurring in the summer period: such an indication can be useful for the planned monitoring studies using the fouling communities as indicators of water quality.

INTRODUZIONE

L'utilizzo di pannelli artificiali immersi per lo studio del "fouling", inteso come l'insieme dei popolamenti fito e zoobentonici sessili capaci di insediarsi sui substrati artificiali, costituisce un'efficace tecnica ampiamente collaudata anche in Laguna di Venezia (per un'esauritiva rassegna si rimanda a RELINI, 1995), che permette di seguire la dinamica di colonizzazione, l'evolversi nel tempo delle comunità e l'analisi quantitativa dei popolamenti. Inoltre, l'applicazione in Laguna di Venezia di tali metodiche sperimentali può rivelarsi un valido strumento di valutazione della qualità ambientale, di cui la comunità fouling è l'espressione biologica; ad esempio, OCCHIPINTI et al. (1999), analizzando le differenze strutturali dei popolamenti sviluppatisi in acque a diverso tipo e grado di inquinamento, hanno proposto una classificazione delle comunità caratteristiche delle tipologie ambientali dei canali navigabili della Laguna.

Questa ricerca s'inserisce in un più ampio disegno sperimentale (CEPPI et al., 1999, CORNELLO & MANZONI, 1999) e intende contribuire alla conoscenza dei fenomeni di colonizzazione dei substrati artificiali e di strutturazione della comunità fouling in relazione ai periodi di insediamento in tre stazioni caratterizzate da diverse situazioni ecologiche. Spostandosi dalla stazione di Lido verso la stazione più interna, in funzione della distanza dalla bocca di porto, le caratteristiche spiccatamente marine delle acque si fanno via via meno marcate sino a diventare prettamente lagunari (ALBEROTANZA & ZUCCHETTA, 1989; SFRISO et al., 1994).

Poiché il tipo di successione e la velocità di sviluppo della comunità fouling spesso dipendono dal periodo dell'anno in cui inizia l'immersione dei pannelli (UNDERWOOD & ANDERSON, 1994), scopo di questo lavoro è verificare in che modo le differenze nei tempi di insediamento influenzino il successivo sviluppo delle comunità fouling in diverse stagioni e con diverso periodo di immersione.

MATERIALI E METODI

All'interno del bacino centrale della Laguna Veneta si sono individuate tre stazioni di campionamento (Fig. 1), denominate rispettivamente: E, in Bocca di Porto di Lido, alla confluenza dei canali di S. Nicolò e di Sant'Erasmo; M, nel Canale Fasiol, in prossimità di Sacca Sessola; I, nel Canale di Fusina, in prossimità dell'Isola di S. Giorgio in Alga.

La fase di campionamento è iniziata il 20 marzo 1993 e si è conclusa il 24 luglio 1994. Si sono utilizzati pannelli di fibrocemento di mm 200 x 300 x 4. In ciascuna stazione i pannelli sono stati distinti in due serie chiamate: "serie bimestrale" e "serie semestrale", in relazione alla durata del periodo di immersione (Fig. 2). I pannelli della serie semestrale sono stati immersi a distanza di due mesi uno dall'altro, allo scopo di mettere in luce se eventuali differenze nella struttura finale dei popolamenti potessero essere dovute a differenze di colonizzazione legate ai diversi periodi stagionali di insediamento; quest'ultimi ottenuti dall'analisi di 3 pannelli bimestrali, che ricoprono lo stesso arco di tempo di un pannello semestrale.

I pannelli sono stati collocati, con il lato minore orizzontale, in un telaio d'alluminio anodizzato (di cm 138 x 32) ancorato con due catene d'acciaio inossidabile alle bricole, di modo che il bordo superiore si trovasse a -70 cm dal livello medio del mare.

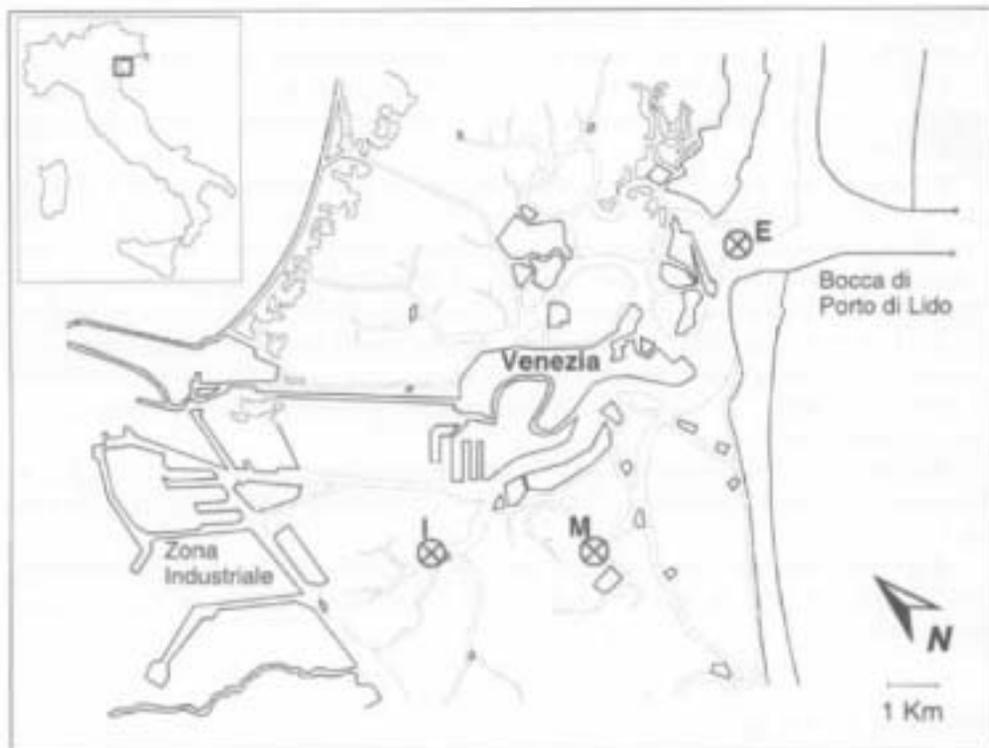


Figura 1: Localizzazione delle stazioni di campionamento nel Bacino centrale della Laguna veneta.

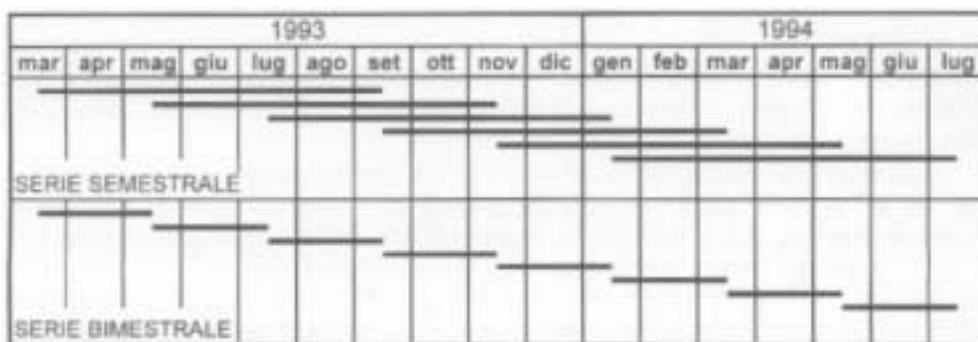


Figura 2: Indicazione dei mesi di immersione dei pannelli semestrali e bimestrali.

I pannelli sono stati conservati in congelatore a -18°C , in seguito gli organismi presenti sono stati determinati, quando possibile, fino al livello di specie. Per valutare la distribuzione e l'entità delle coperture si è sovrapposto ai pannelli un reticolo avente la medesima superficie

(mm 200 x 300) con 600 maglie quadrate identificate da un sistema di coordinate. La presenza di un taxon all'interno di un'area unitaria veniva considerata pari ad un 1 cm² di copertura.

I dati qui riportati si riferiscono unicamente al lato anteriore dei pannelli, poiché sul lato opposto, il contatto diretto con le bricole ha ostacolato la crescita degli organismi e generato zone d'ombra.

Per i campioni della serie semestrale sono stati calcolati i valori percentuali di ricoprimento (sommando le coperture percentuali dei singoli taxa), l'indice di diversità di Shannon (SHANNON & WEAVER, 1949) e l'indice di dominanza di SIMPSON (1949). È stata anche effettuata l'analisi dei cluster, applicando il metodo di Ward (minimum variance clustering, in FABBRIS, 1991) ad una matrice ottenuta con l'indice di similarità di Bray-Curtis (in FIELD et al., 1982). Inoltre, per mettere in evidenza le similarità qualitative tra i pannelli semestrali e i pannelli bimestrali immersi durante lo stesso semestre, si sono calcolati i valori dell'indice di similarità di SØRENSEN (1948) confrontando per ciascuna stazione le serie semestrale e la corrispondente bimestrale.

Per le elaborazioni statistiche e di analisi multivariata si sono utilizzati i pacchetti software PRIMER (Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, GB) e STATISTICA (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA).

Il pannello bimestrale "marzo-maggio'94" della stazione E e quello semestrale "novembre '93 - maggio '94" della stazione M, risultano esclusi dall'analisi, in quanto perduti per cause accidentali.

RISULTATI E DISCUSSIONE

1. Caratterizzazione delle stazioni

Complessivamente sono stati determinati 37 taxa (Tab. 1): di cui 26 comuni ad entrambe le serie, 7 esclusivi della serie semestrale (*Gracilaria verrucosa*, *Halymenia latifolia*, *Rhodomenia ardissoni*, *Halichondria bowerbanki*, *Mycale contarenii*, *Hiatella arctica*, *Pomatoceros triqueter*) e 4 esclusivi di quella bimestrale (*Callithamnion sp.*, *Ventromma halecioides*, *Bugula stolonifera*, *Ciona intestinalis*).

L'esame dei dati di ricoprimento percentuale e degli indici di diversità dei pannelli semestrali (Fig. 3) consente una prima caratterizzazione delle stazioni. La stazione di Lido appare la più diversificata, e la più stabile: ha in media il più alto numero di specie, l'indice di Shannon si attesta a valori sempre superiori a 1,5 e l'indice di dominanza di Simpson si mantiene su valori bassi e piuttosto costanti. Risulta quindi la stazione meno influenzata dalle basse temperature invernali, mentre le altre due stazioni mostrano i più bassi valori dei parametri indicati proprio nei semestri con caratteristiche più marcatamente autunnali e invernali. Ciò è da collegare al fatto che nella stazione E la vicinanza del mare ha assicurato condizioni ambientali relativamente più stabili rispetto alle zone più interne, meno profonde e più direttamente influenzate dal riscaldamento e raffreddamento dell'atmosfera. La stazione M è caratterizzata dalla comunità più povera: probabilmente ha influito la gran quantità di limo, che si è depositata sulle superfici dei pannelli creando condizioni sfavorevoli all'impianto e

Tabella 1: Elenco dei taxa totali rinvenuti nelle stazioni E (Lido), M (Sacca Sessola), I (S. Giorgio in Alga) sui pannelli bimestrali (B) e su quelli semestrali (S). Sono indicate le abbreviazioni dei nomi delle specie utilizzate in ascissa nei grafici delle figg. 6, 7 e 8.

	abbr.	STAZIONI		
		E	M	I
CHROMOPHYTA Diatomeae	Dat Ec si	B B S	B S	B S
<i>Ecotocarpus siliculosus</i> (Dillwyn)				
RHODOPHYTA	<i>Antithamnion</i> sp. <i>Callithamnion</i> sp. <i>Ceramium</i> spp. <i>Gracilaria verrucosa</i> (Hudson) <i>Halymenia latifolia</i> Kützing <i>Polysiphonia</i> spp. <i>Rhodomenia ardissoni</i> Feldmann	<i>Anti</i> <i>Call</i> <i>Cera</i> <i>Gr.ve</i> <i>Ha la.</i> <i>Poly.</i> <i>Rh.ar</i>	B S B S B S B S	B S B S S B
CHLOROPHYTA	<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) <i>Cladophora</i> sp. <i>Enteromorpha</i> spp. <i>Ulva</i> spp.	<i>Brpl</i> <i>Clad.</i> <i>Ente.</i> <i>Ulva</i>	B B S B S B S	S B B S B S B S
PORIFERA	<i>Halichondria bowerbanki</i> (Burton) <i>Mycale contarenii</i> (Martens)	<i>Ha.bo</i> <i>Myco.</i>	S S	S S
CNIDARIA	<i>Aiptasiogeton pellucidus</i> (Hollard) <i>Obelia</i> spp. <i>Tubularia crocea</i> A gassiz <i>Ventromma halecioides</i> (Alder)	<i>Ai.pe</i> <i>Obel.</i> <i>Tu cr</i> <i>Ve ha</i>	B S B B S B S	B S B S B
MOLLUSCA	<i>Hiatella arctica</i> (L.) <i>Mytilus galloprovincialis</i> Lam. <i>Ostrea edulis</i> L.	<i>Hi.ar.</i> <i>My.ga.</i> <i>Ostr.</i>	S B S B S	B S B
ANNELIDA	<i>Hydroides dianthus</i> (Verrill) <i>Hydroides elegans</i> (Haswell) <i>Pomatoceros triqueter</i> (L.) Spirorbidae	<i>Hy.di</i> <i>Hyel</i> <i>Por</i> <i>Spir</i>	B S B S S B S	B S B S B S
ARTHROPODA Amphipoda	<i>Balanus amphitrite</i> (Darwin) <i>Balanus eburneus</i> Gould	<i>Anfi</i> <i>Ba am</i> <i>Ba eb.</i>	B S B S B S	B S B S B S
BRYOZOA	<i>Buskia socialis</i> Hincks <i>Bugula stolonifera</i> Ryland <i>Schizoporella errata</i> (Waters) <i>Scrupocellaria bertholletii</i> (Savigny & Audouin) <i>Tricellaria inopinata</i> d'Hondt & Occhipinti	<i>Bu so.</i> <i>Bugs</i> <i>Sch e.</i> <i>Scr b.</i> <i>Tr.in.</i>	B S B S B S	B S B S
TUNICATA	<i>Ciona intestinalis</i> (L.) <i>Molgula socialis</i> Alder <i>Styela plicata</i> (Lesueur)	<i>Ci.in.</i> <i>Mo so.</i> <i>St.pl.</i>	B S B S	B B S

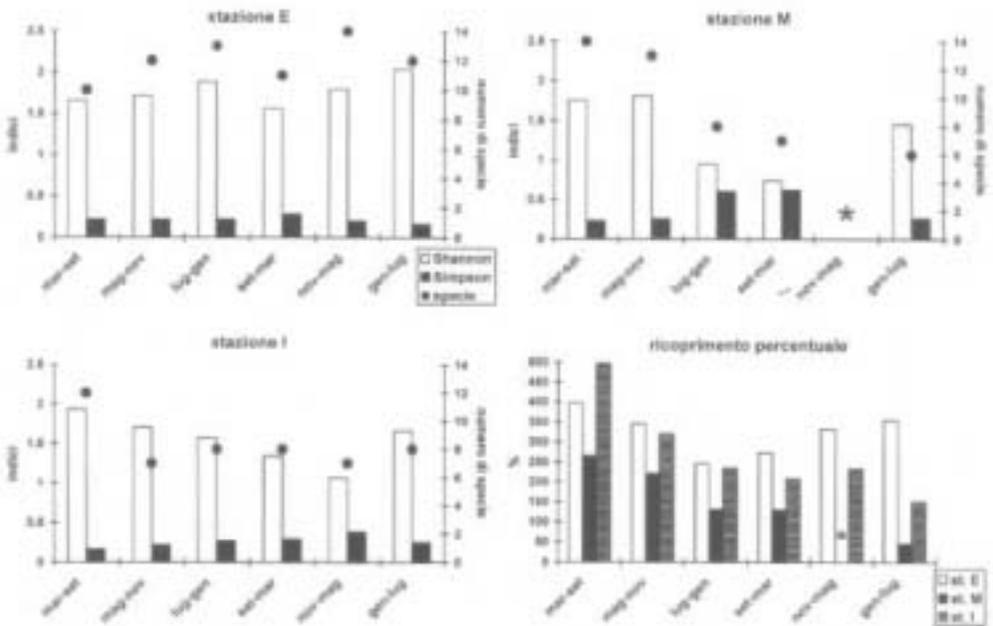


Figura 3: Pannelli semestrali: indice di Shannon, di Simpson, numero di specie, percentuali di ricoprimento nelle tre stazioni. L'asterisco indica la perdita del substrato sperimentale.

allo sviluppo degli organismi colonizzatori. Tale eccesso di sedimentazione è certamente dovuto alla vicinanza con la linea di partiacque e quindi ad un minor ricambio, ma non è da escludere anche la continua risospensione del sedimento causata dall'intensa attività di pesca di molluschi esercitata nella zona (SFRISO & MARCOMINI, 1996).

Una conferma della caratterizzazione ecologica delle stazioni ottenuta dai dati strutturali è desumibile dalla composizione qualitativa riportata in tabella I. Si nota infatti come la stazione di Lido ospiti una comunità composta in parte da organismi ecologicamente più esigenti nei confronti di un'efficace vivificazione, come il Serpulide *Pomatoceros triqueter* ed il Bivalve *Hiatella arctica*; inoltre l'Idroide reofilo *Tubularia crocea* ed il bivalve *Mytilus galloprovincialis* risultano particolarmente abbondanti solo in questa stazione. Al contrario, *Balanus amphitrite* e *Balanus eburneus* caratterizzano decisamente le stazioni M e I, comparendo nella stazione di Lido solo sporadicamente. Altre specie: caratteristiche di ambienti più confinati e mai comparse sui pannelli semestrali della stazione E sono: i Poriferi *Halichondria bowerbanki* e *Mycale contarenii*, gli Idrozoi del genere *Obelia*, il Briozoo *Buskia socialis*, il Serpulide *Hydroides elegans*.

2. Analisi dei cluster

In figura 4 è riportato il dendrogramma della classificazione gerarchica dei pannelli semestrali, che tagliato ad una distanza di legame pari a 120, permette di distinguere tre cluster principali.

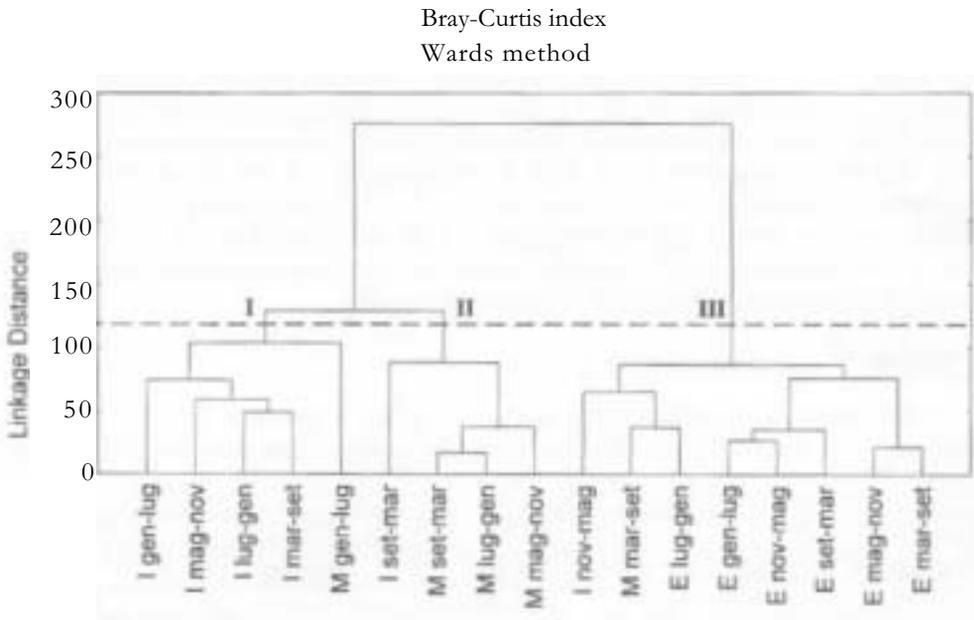


Figura 4: Dendrogramma ottenuto con il metodo di Ward, relativo ai pannelli semestrali nelle tre stazioni di campionamento. E = esterna, M = media, I = interna.

È evidente una chiara separazione dei campioni di Lido (cluster III) da quelli delle stazioni più interne lagunari, corrispondenti prevalentemente alle due stazioni M (cluster II) e I (cluster I); quest'ultime si riuniscono in un unico gruppo al livello immediatamente superiore.

Le specie che maggiormente contribuiscono alla definizione del cluster III sono gli Anfipodi Tubicoli e le Alghe dei generi *Polysiphonia* (soprattutto durante i primi due semestri "estivi"), *Enteromorpha* e *Ulva*. Proprio la massiccia presenza degli Anfipodi Tubicoli è la causa della collocazione di alcuni pannelli delle stazioni M e I nel Cluster III (pannelli "marzo-settembre" della stazione M e "novembre-maggio" della stazione I)

Il cluster II è caratterizzato dalla dominanza di *Hydroides dianthus*, che risulta scarsamente rappresentato solo sul pannello "gennaio-luglio" (accomunato con i pannelli della stazione I in figura 4). Pur essendo una specie a rapido accrescimento, *H. dianthus* è tipicamente estiva e il reclutamento sui pannelli dell'ultimo semestre deve essere avvenuto tardivamente.

Il cluster I è meno definito in termini di specie, in quanto raggruppa pannelli caratterizzati da una continua sostituzione delle specie dominanti. I taxa caratteristici sono: *Ulva*, *Aiptasiogeton pellucidus*, *Balanus amphitrite* e *B. eburneus*.

3. Confronti fra pannelli bimestrali e semestrali

Dopo aver proceduto ad una caratterizzazione delle stazioni basata sulla descrizione delle comunità presenti sui pannelli a più lungo periodo di immersione (semestrali) ci si è posti

l'obiettivo di verificare l'influenza dell'insediamento (che avviene in periodi diversi per le diverse specie) sulla struttura delle suddette comunità.

A questo scopo si sono presi in esame i dati dei pannelli con durata di immersione bimestrale corrispondenti ai periodi coperti dai pannelli semestrali. Prima di confrontare i dati delle tre stazioni si ritiene utile fornire un quadro d'insieme relativo ai periodi di insediamento delle principali specie o gruppi identificati (Fig. 5). Analogamente a quanto noto da altre indagini

(BARBARO & FRANCESCON, 1976; CANDELA et al., 1983, 1985; RELINI et al., 1972) l'insediamento della quasi totalità delle specie animali avviene nel periodo da marzo ad ottobre (con l'eccezione più notevole degli Anfipodi), mentre gran parte del popolamento vegetale è in grado di colonizzare i pannelli anche nel periodo invernale.

3.1. St. E - Bocca di Lido (Fig. 6)

Come già detto, in questa stazione la copertura totale, il numero di specie e la diversità sono molto più stabili nei diversi semestri. Per quanto riguarda i pannelli semestrali, la domi

taxa	St. E						St. M						St. I					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
CHROMOPHYTA	Diatomeae																	
	<i>Ectocarpus siliculosus</i>																	
RHODOPHYTA	<i>Anthamnton sp.</i>																	
	<i>Callithamnion sp.</i>																	
	<i>Ceramium spp.</i>																	
	<i>Polysiphonia spp.</i>																	
CHLOROPHYTA	<i>Brvopsis plumosa</i>																	
	<i>Cladophora sp.</i>																	
	<i>Enteromorpha spp.</i>																	
	<i>Ulva spp.</i>																	
CNIDARIA	<i>Aiptasiogeton pellucidus</i>																	
	<i>Obelia spp.</i>																	
	<i>Tubularia crocea</i>																	
	<i>Ventromma halecioides</i>																	
MOLLUSCA	<i>Mytilus galloprovincialis</i>																	
	<i>Ostrea edulis</i>																	
ANNELIDA	<i>Hydroides dianthus</i>																	
	<i>Hydroides elegans</i>																	
	Spirorbidae																	
ARTHROPODA	<i>Balanus amphitrite</i>																	
	<i>Balanus eburneus</i>																	
BRYOZOA	Amphipoda																	
	<i>Buskia socialis</i>																	
	<i>Bugula stolonifera</i>																	
	<i>Schizoporella errata</i>																	
	<i>Scrupocellaria bertholletii</i>																	
	<i>Tricellaria inopinata</i>																	
TUNICATA	<i>Ciona intestinalis</i>																	
	<i>Molgula socialis</i>																	
	<i>Styela plicata</i>																	

Figura 5: Periodi di insediamento: presenza dei taxa sui pannelli bimestrali. I numeri romani indicano la progressione dei bimestri a partire da marzo 1993; gli asterischi indicano l'assenza del dato.

STAZIONE E (Bocca di Lido)

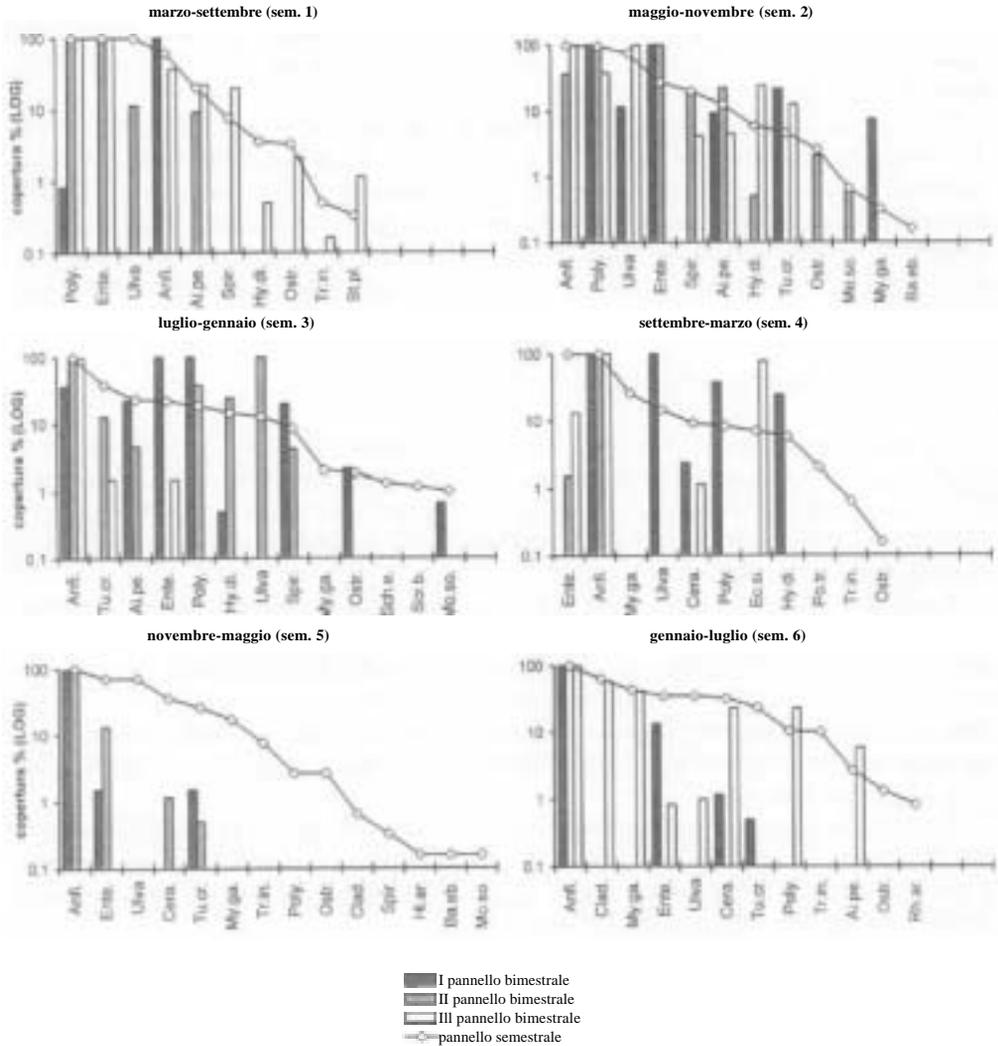


Figura 6: Coperture percentuali in scala logaritmica delle specie rinvenute su ciascun pannello semestrale e nei corrispondenti 3 bimestrali della stazione E (vedi schema in Fig. 2). Per le abbreviazioni dei nomi delle specie in ascissa si veda la tab. I.

nanna dei vari organismi è variabile, ma in generale questi sono presenti abbastanza costantemente, anche se con percentuali diverse: gli Anfidoti sono sempre molto abbondanti, come pure *Ulva* ed *Enteromorpha ad* eccezione dei pannelli semestrali 3 e 6 (luglio-gennaio e gennaio-luglio), *Polysiphonia* è dominante nei primi due pannelli semestrali, *Hydroides*

dianthus e i Serpulidi sono sempre scarsi, mentre i Mitili sono abbondanti solo negli ultimi tre semestri.

La composizione quali-quantitativa del popolamento sui pannelli a più lunga esposizione (semestrali) è dipendente dalla dinamica dell'insediamento desumibile dai tre pannelli bimestrali che corrispondono ad ogni semestre.

Pur essendo andato perduto il settimo pannello bimestrale, si possono fare alcune considerazioni sull'andamento degli insediamenti. Per quanto riguarda le alghe verdi, l'insediamento sui bimensili è molto discontinuo, mentre per *Polysiphonia* i periodi di insediamento sui bimensili coincidono con quelli di dominanza sui semestrali. Anche per gli Anfipodi l'insediamento sui bimensili è abbastanza costante. I Serpulidi s'insediano con difficoltà. *Mytilus galloprovincialis* e *Tricellaria inopinata* sono invece specie colonizzatrici secondarie che mancano sui pannelli bimestrali, preferendo i substrati già colonizzati a quelli vergini.

3.2.St.M - Sacca Sessola (Fig. 7)

I primi due periodi semestrali sono i più ricchi in numero di specie, con i più alti valori di diversità e con il maggior ricoprimento percentuale rispetto ai periodi successivi. Tra il primo e il secondo semestre si assiste ad un cambio di dominanza tra gli Anfipodi Tubicoli e *Hydroides dianthus*. Quest'ultimo risulta poi largamente dominante nei semestri successivi, ad esclusione del semestre gennaio-luglio.

Il meccanismo ipotizzato a partire dalla serie bimestrale per spiegare questa situazione biocenotica può essere il seguente: tra marzo e settembre si insediano gli Anfipodi in grande quantità (copertura del 100%). *Hydroides dianthus* si insedia massicciamente solo nel terzo bimestre (luglio-settembre). Alcuni gruppi algali: *Polysiphonia*, *Enteromorpha*, *Ulva* s'insediano tra maggio e settembre. Dal quarto al sesto bimestre (set-nov, nov-gen e gen-mar) l'insediamento è estremamente scarso (solo Diatomee) e riprende con gli Anfipodi nei bimestri 7 e 8 (mar-mag II, mag-lug II).

Evidentemente nel primo pannello semestrale l'accumulo degli Anfipodi è tale da permettere un limitato successo allo sviluppo di *Hydroides dianthus*, mentre dal secondo semestre in poi, quest'ultimo è in grado, una volta insediato, di accrescersi fino a dominare l'intero pannello, mentre gli Anfipodi regrediscono.

Le Alghe invece, con la parziale eccezione di *Polysiphonia*, non riescono a stabilire popolamenti stabili di una, certa consistenza, nonostante una massiccia colonizzazione dei substrati bimestrali.

Da citare *Aiptasiogeton pellucidus* che mantiene buone percentuali di ricoprimento, a fronte di un insediamento centrato nei bimestri 3 e 4 (estivo-autunnali).

Nell'ultimo pannello semestrale (il penultimo è andato perduto) si registra il più basso numero di specie con scarso ricoprimento e senza una chiara dominanza (condivisa da *Polysiphonia*, *Balanus amphitrite* e Anfipodi Tubicoli).

3.3.St. I -S.Giorgioin Alga (Fig. 8)

Analogamente alla stazione M, i primi due periodi semestrali presentano il più alto valore

STAZIONE M (Sacca Sessola)

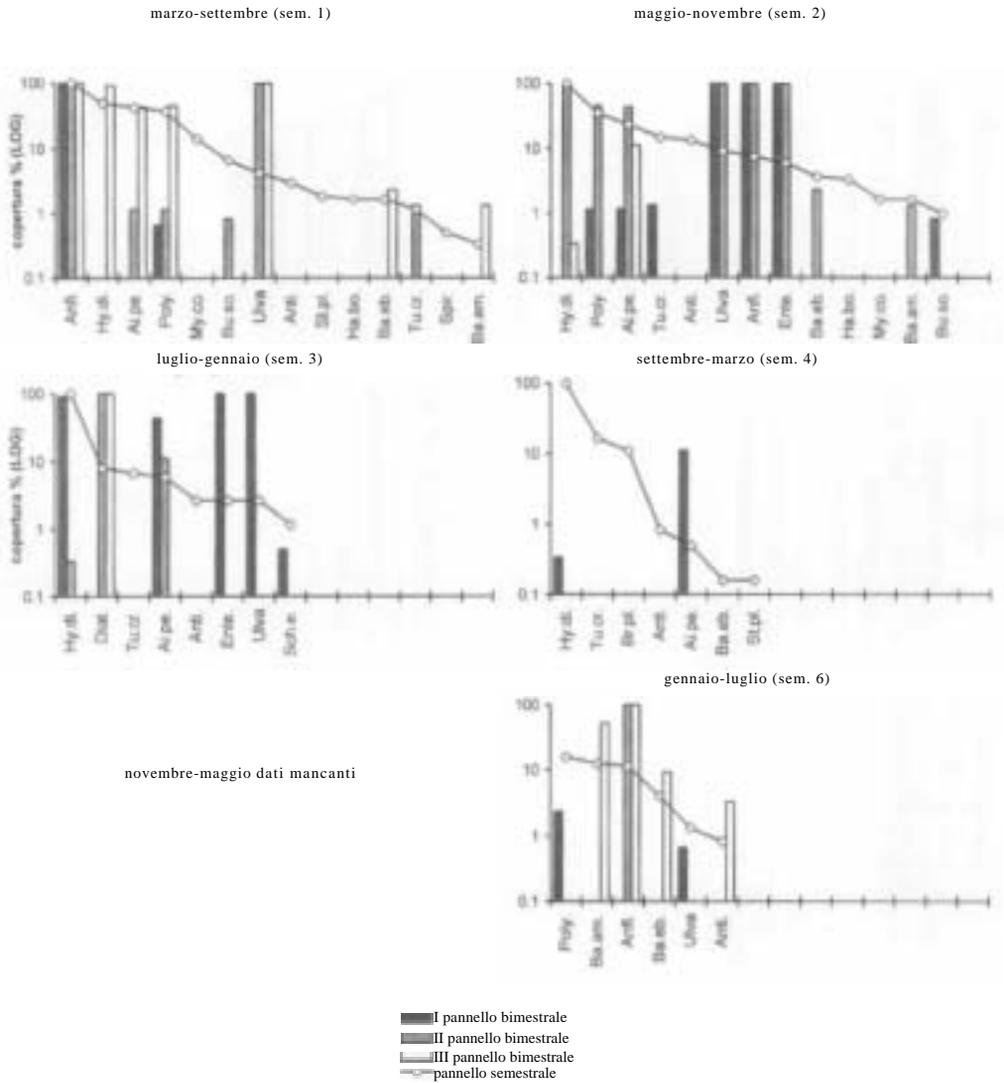


Figura 7: Coperture percentuali in scala logaritmica delle specie rinvenute su ciascun pannello semestrale e nei corrispondenti 3 bimestrali della stazione M (vedi schema in Fig. 2). Per le abbreviazioni dei nomi delle specie in ascissa si veda la tab. 1.

di ricoprimento, ma solo il campione di marzo-settembre è più elevato degli altri per quanto riguarda il numero delle specie e la diversità.

La dominanza è condivisa nel primo pannello semestrale tra Alghe (*Enteromorpha* e *Ulva*), Attinie (*Aiptasiogeton pellucidus*) e Serpulidi (*Hydroides dianthus*). Nel secondo

STAZIONE I (S. Giorgio in Alga)

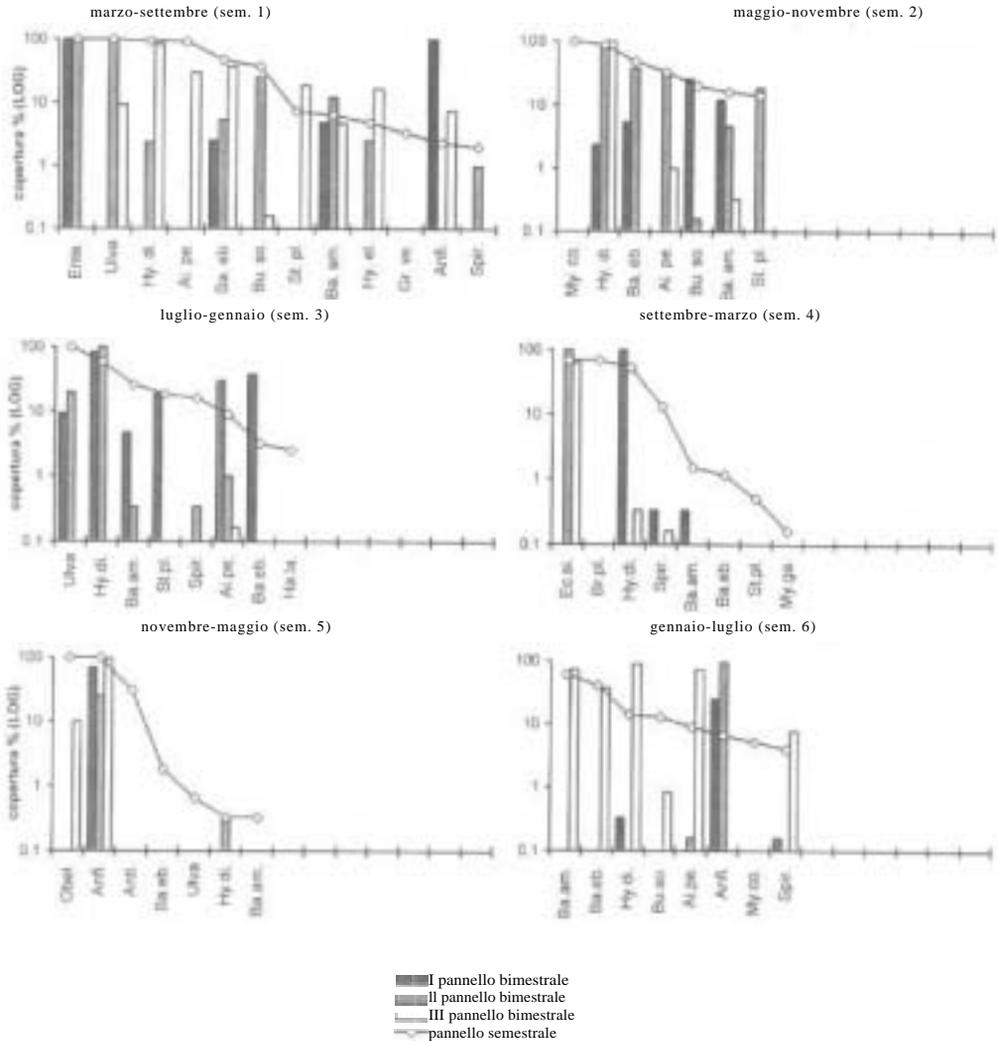


Figura 8: Coperture percentuali in scala logaritmica delle specie rinvenute su ciascun pannello semestrale e nei corrispondenti 3 bimestrali della stazione I (vedi schema in Fig. 2). Per le abbreviazioni dei nomi delle specie in ascissa si veda la tab. I.

Mycale contarenii è dominante su *Hydroides dianthus*. Nei campioni successivi troviamo ora Alghe, ora Idroidi e Anfipodi, ora Balani.

Tale estrema variabilità nella dominanza e nella struttura della comunità può essere interpretata anche alla luce dell'insediamento registrato sui pannelli bimestrali. Le Alghe si inse-

diano nel primo e secondo bimestre (da marzo a luglio), *Hydroides dianthus* e *Aiptasiogeton pellucidus* nel terzo (luglio-settembre); il primo pannello semestrale risulta composto da organismi che si sommano nel tempo e occupano tutto lo spazio disponibile. Va notato che gli Anfipodi, pur presentando una copertura del 100% nel primo bimestrale, e successivamente abbondanze elevate nei bimestri compresi tra novembre e maggio, non hanno un eguale riscontro sui pannelli semestrali, ad eccezione del penultimo semestre, il più povero in specie, mostrando quindi scarse capacità competitive e la necessità di substrati vergini.

La situazione del secondo pannello semestrale mette in risalto il ruolo di colonizzatore secondario dei Poriferi, infatti *Mycale contarenii* non è stata mai trovata sui bimestrali, mentre *Hydroides dianthus* riflette sul semestrale una condizione di continuo insediamento rivelato sui 3 pannelli bimestrali.

Nei semestri successivi si alternano casi di specie dominanti, il cui insediamento è registrato sui pannelli bimensili (*Ectocarpus*, Anfipodi Tubicoli, Balani) ed altri in cui la specie dominante sui semestrali non appare o appare in misura più limitata sui bimensili (*Obelia* e *Bryopsis*); in quest'ultimo caso mettendo in evidenza una preferenza per i substrati in avanzato stato di colonizzazione, piuttosto che per i substrati vergini.

4. Analisi delle matrici di similarità tra pannelli bimestrali e semestrali

In tabella 2 sono riportati i valori dell'indice di somiglianza di Sorensen ottenuti dal confronto dei pannelli semestrali con i rispettivi pannelli bimestrali; ciò permette di individuare le similarità qualitative tra i pannelli semestrali e i bimestrali immersi nello stesso arco di tempo.

In generale si osserva che in tutte le stazioni i primi tre pannelli semestrali (che complessivamente coprono il periodo da marzo a gennaio) mostrano la maggiore somiglianza con il rispettivo pannello bimestrale di luglio-settembre. Nella stazione E questa maggiore somiglianza è decisamente marcata, suggerendo che le specie che si insediano per ultime sul primo semestrale (marzo-settembre) sono anche quelle che predominano, riuscendo a ricoprire gli organismi precedentemente insediati. In generale, le stesse specie continuano a reclutare sino a novembre anche sul secondo semestrale (maggio-novembre), mentre nel terzo semestrale (luglio-gennaio) sono quelle che resistono ai rigori invernali e subiscono meno la competizione con altre specie; essendo questo un periodo di bassa colonizzazione. Nella stazione E le specie che reclutano da luglio a settembre sono quindi quelle che maggiormente determinano la struttura dei primi tre pannelli semestrali.

Nelle stazioni M e 1 si assiste ad una analogia dinamica di colonizzazione dei substrati semestrali, ma qui i valori di somiglianza sono elevati anche con il bimestre maggio-luglio, suggerendo che la colonizzazione avvenga in queste stazioni più interne con un bimestre di anticipo, probabilmente in relazione al più rapido riscaldamento primaverile delle acque lagunari.

Le affinità tra il quarto semestrale, immerso tra settembre e marzo, e i bimestrali compresi nello stesso periodo sono basse in tutte le stazioni e soprattutto con il bimestrale di novembre-gennaio, che risulta essere il più povero in specie in tutte le stazioni.

L'accidentale perdita del pannello semestrale relativo al periodo novembre-maggio della

STAZIONE E (BOCCA DI PORTO DI LIDO)

semestrali	bimestrali							
	mar-mag1	mag-lug1	lug-set	set-nov	nov-gen	gen-mar	mar-mag2	mag-lug2
MAR-SET	27	42	90	63	27	24	*	63
MAG-NOV	36	57	73	67	36	32	*	67
LUG-GEN	33	54	78	54	33	40	*	64
SET-MAR	38	40	57	60	25	44	*	60
NOV-MAG	32	43	58	52	32	38	*	70
GEN-LUG	35	57	55	57	35	42	*	76

STAZIONE M (SACCA SESSOLA)

semestrali	bimestrali							
	mar-mag1	mag-lug1	lug-set	set-nov	nov-gen	gen-mar	mar-mag2	mag-lug2
MAR-SET	25	55	56	24	0	22	35	57
MAG-NOV	27	67	67	25	0	24	38	60
LUG-GEN	0	50	53	55	22	33	36	27
SET-MAR	0	27	33	40	0	0	40	43
NOV-MAG	*	*	*	*	*	*	*	*
GEN-LUG	50	43	59	0	0	40	22	62

STAZIONE I (ISOLA DI S. GIORGIO IN ALGA)

semestrali	bimestrali							
	mar-mag1	mag-lug1	lug-set	set-nov	nov-gen	gen-mar	mar-mag2	mag-lug2
MAR-SET	47	80	82	63	27	38	24	60
MAG-NOV	33	53	71	43	20	18	17	67
LUG-GEN	31	62	67	67	18	33	15	62
SET-MAR	31	50	44	40	18	60	0	50
NOV-MAG	67	53	59	57	20	38	33	40
GEN-LUG	46	62	67	53	36	50	31	76

Tabella 2: Matrici di similarità tra i pannelli bimestrali e i semestrali calcolate con l'indice di Sorensen. Sono incorniciati i valori dei tre bimestri ai quali corrisponde un pannello semestrale; in grassetto i valori di similarità più elevati.

Gli asterischi indicano l'assenza di dati.

stazione M e del 7° bimestrale (marzo-maggio '94) della stazione E, fanno sì che vi sia un set completo di campioni solo nella stazione I; dove si registra una situazione analoga a quella del semestre precedente, cioè si rilevano basse similarità tra il campione semestrale ed i relativi tre bimestrali: su un totale di 8 taxa rinvenuti sui bimestrali solo 3 sono comuni con il semestre.

I pannelli che rimangono immersi nei semestri che comprendono i mesi invernali risultano poveri e scarsamente prevedibili in termini di dominanza delle specie sulla base dei dati di insediamento.

In tutte le stazioni il sesto semestrale del periodo gennaio-luglio risulta molto simile al 8° pannello bimestrale (maggio-luglio '94) e questo indica che sul substrato semestrale predominano le specie ultime arrivate, più competitive e capaci di ricoprire i precedenti insediamenti.

CONCLUSIONI

Il confronto degli indici e la cluster analysis hanno evidenziato come le tre stazioni siano qualitativamente e strutturalmente diverse. La stazione di Lido è la più diversificata e stabile. I taxa principali rimangono gli stessi durante il periodo investigato e modificano le loro coperture in base al proprio habitus ed alla capacità di sfruttamento delle risorse.

La stazione M è risultata la più impoverita e la più influenzata dagli alti tassi di sedimentazione che caratterizzano questa zona, da imputarsi principalmente all'attività abusiva di aratura dei fondali per la raccolta delle vongole. Anche se si sono registrati elevati valori di ricchezza in specie nei primi due semestri, successivamente si è dimostrata la stazione meno diversificata, che maggiormente risente del periodo critico invernale. A partire da queste considerazioni diventa la più prevedibile in termini di esito della colonizzazione: in genere domina *Hydroides dianthus* che recluta nel periodo estivo ed è un buon competitore rispetto alle altre specie presenti.

La stazione più interna è la più variabile come dominanza e la meno spiegabile in termini di esiti della colonizzazione, in quanto i gruppi che si avvicinano sono via via diversi nei vari semestri.

Benché si siano evidenziate tali differenze, è possibile schematizzare un comune pattern di colonizzazione, che può essere così sintetizzato: le specie che predominano sui substrati semestrali sono le specie che si sono insediate soprattutto tra luglio e settembre. Queste sono in grado di sostituirsi alle specie precedentemente insediate tra marzo e maggio e di resistere ai rigori invernali. Durante l'autunno e l'inverno le specie in grado di colonizzare i pannelli sono poche: Anfipodi Tubicoli, Alghe Macrofite e Diatomee. Infine, in primavera si assiste ad un nuovo aumento delle specie.

Nella stazione media ed interna la colonizzazione più intensa, in grado di influenzare la composizione dei substrati semestrali, è anticipata, iniziando già nel bimestre maggio-luglio. Tale anticipo può essere giustificato dal precoce riscaldamento delle acque basse lagunari, che risentono maggiormente dell'innalzamento della temperatura atmosferica rispetto a quelle marine, prevalenti nella stazione esterna.

In conclusione i risultati di questo ciclo di osservazioni permettono di documentare in modo più diretto quanto già ipotizzato in precedenti lavori (BARBARO & FRANCESCON, 1976; CANDELA et al., 1983, 1985; RELINI et al., 1972): l'aspetto dei popolamenti fouling lungo i canali navigabili di Venezia viene determinato in larga misura dalla dinamica di colonizzazione che ha luogo soprattutto nel periodo tardo primaverile ed estivo.

Queste considerazioni vanno tenute presenti per l'impostazione di studi di monitoraggio della qualità ambientale, che possono essere centrati sul periodo di maggiore influenza per la strutturazione delle comunità.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano il dr. Alberto Manzoni per la preziosa collaborazione durante le attività di campagna e di laboratorio ed il dr. Renato Sconfietti per i validi suggerimenti nell'impostazione del disegno sperimentale.

Bibliografia

- ALBEROTANZA L., ZUCCHETTA G. (Eds), 1989 - Caratteristiche delle acque della Laguna di Venezia (Bacino Centrale). *CCID - CNR-ISDGM*, Venezia: 1-106.
- BARBARO A., FRANCESCON A., 1976 - I periodi di insediamento dei principali organismi del fouling nelle acque di Venezia. *Archo Oceanogr. Limnol.* 18: 195-216.
- CANDELA A., SCONFIETTI R., TORELLIA R., 1983 - Ricerche sperimentali sulla dinamica stagionale delle zooecosi intermareali della Laguna di Venezia (parte I). *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Venezia* 33: 23-73.
- CANDELA A., SCONFIETTI R., TORELLI A.R., 1985 - Ricerche sperimentali sulla dinamica stagionale delle zooecosi intermareali della Laguna di Venezia (parte II). *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Venezia* 34: 7-28.
- CEPPI S., OCCHIPINTI AMBROGI A., SCONFIETTI R., 1999 - Comunità bentoniche pioniere e paraclimatiche in Laguna di Venezia: strutture e dinamiche a confronto. In: M. Bon, G. Sburlino, V. Zuccarello (Eds.) *Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri. Boll. Mus. Civ. St. nat. Venezia* 49 (suppl. 1998) : 251259.
- CORNELLO M., MANZONI A. 1999 - Caratterizzazione stagionale degli insediamenti di organismi macrobentici su substrati sperimentali nel bacino centrale della Laguna di Venezia. *Boll. Mus. Civ. St. nat. Venezia* 49: 135-144.
- FABBRIS L., 1991 - Analisi esplorativa di dati multidimensionali. *Cleup editore*, Padova: 1-442.
- FIELD J.G., CLARKE K.R., WARWICK R.M., 1982 - A practical strategy for analyzing multispecies distribution patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 8: 37-52.
- OCCHIPINTI AMBROGI A., BIRKEMEYER T., SACCHI C.F., 1999. Indicatori ambientali in Laguna di Venezia: proposta di una classificazione basata sulle comunità sessili. In: M. Bon, G. Sburlino, V. Zuccarello (Eds.) *Aspetti ecologici e naturalistici dei sistemi lagunari e costieri. Boll. Mus. Civ. St. nat. Venezia*, 49 (suppl. 1998) : 277-283.
- RELINI G., 1980- Insediamento di organismi marini di substrato duro in ambienti portuali mediterranei_ *Mem, Riol. Marina e Oceanogr.*, Suppl. 10: 61-70.
- RELINI G., 1995 - Stato delle conoscenze sul macrofouling della Laguna di Venezia. *S.I.T.E. atti* 16: 119-121.
- RELINI G., BARBARO A., FRANCESCON A., 1972 - Distribuzione degli organismi del fouling in relazione all' inquinamento urbano di Venezia (osservazioni preliminari). *Atti Ist. Veneto Sci. Lett. Arti* (CI. Sci. Mat. Nat.) 130: 433-447.
- SHANNON C. E., WEAVER W., 1949 - The mathematical theory of communication. *University of Illinois*, Urbana: 1-117.
- SFRISO A., B. MARCOMINI B., 1996 - Decline of *Ulva* growth in the Lagoon of Venice. *Bioresource Technology* 58: 299-307.
- SFRISO A., MARCOMINI A., PAVONI B., 1994 - Annual nutrient exchanges between the central lagoon of Venice and the northern Adriatic Sea. *Sci. Total Environ.* 156: 77-92.
- SIMPSON E. H., 1949 - Measurement of diversity. *Nature* 163: 688.
- SORENSEN T., 1948 - A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species contents. *K. Danske Vidensk Selsk.* 5 (4): 1-34.
- UNDERWOOD A.J., ANDERSON M.L., 1994 - Seasonal and temporal aspects of recruitment and succession in an intertidal estuarine fouling assemblage. *J. mar biol. Ass. U.K.* 74: 563-584.

Indirizzi degli Autori:

Michele Cornello - ICRAM STS di Chioggia
 Loc. Brondolo - 30015 Chioggia (VE) Tel. 041 5543938, 041 5547897

Anna Occhipinti Ambrogi - Sezione di Ecologia, Dipartimento di Genetica e Microbiologia, Università di Pavia Via Sant'Epifanio, 14. 27100 Pavia E-mail: Occhipin@unipv.it