

LE MACROALGHE DEI SUBSTRATI DURI DELLE ISOLE DELLA LAGUNA DI VENEZIA

DANIELE CURIEL*, MARIO SCATTOLIN**, SILVIA GENTILIN*, MARA MARZOCCHI*

Key words: Laguna di Venezia, fitobenthos, substrati duri.

Riassunto

La comunità macroalgale dei substrati duri di alcune isole della laguna di Venezia è stata studiata nella primavera e nell'autunno del 2000. Complessivamente nelle due stagioni sono stati rinvenuti 78 taxa algali: 38 Rhodophyta (48.7%), 18 Phaeophyta (23.1%) e 22 Chlorophyta (28.2%). L'esame dei parametri strutturali, quali numero di taxa, ricoprimento specifico e totale, biomassa, rapporti Rhodophyta/Phaeophyta e Rhodophyta/Chlorophyta ha evidenziato una comunità algale in generale scarsamente strutturata, con prevalenza di alghe eurivalenti o appartenenti agli ordini *Rhodymenietalia* e *Ulvetalia*, riconducibili a condizioni ecologiche di eutrofia e torbidità. Lo studio ha inoltre permesso di segnalare una nuova specie algale per le coste italiane originaria di altre aree geografiche, *Lomentaria hakodatensis* Yendo.

Abstract

The macroalgae of hard substrata of the islands of the Venice lagoon.

A study of phytobenthic communities of the Islands of the Lagoon of Venice has been carried out on the hard substrata from +40 cm to -100 cm (midlittoral and sublittoral zones). 78 taxa were found in the two seasons (spring and autumn), 38 Rhodophyta, 18 Phaeophyta e 22 Chlorophyta. The structural indicators show a sparsely structured phytobenthic communities with a prevalence of eurivalent algae or belonging to the *Rhodymenietalia* and *Ulvetalia* orders suggesting eutrophic and turbidity conditions. *Lomentaria hakodatensis* Yendo, new specimen for the algal flora of the Italian coasts, native to other geographical areas, have been found.

Introduzione

Nel corso di questo ultimo decennio sono stati eseguiti vari studi sulle macroalghe dei substrati duri della Laguna di Venezia, che erano stati in precedenza trascurati a favore dei substrati mobili. In particolare sono stati esaminati i substrati duri dei moli foranei, delle aree portuali e del centro storico, (CURIEL *et al.*, 1999, 2001a; MARZOCCHI *et al.*, 2001, in stampa; SFRISO, 1987; SFRISO *et al.*, 2002). Tutte queste ricerche, oltre a portare ad una conoscenza dei popolamenti, hanno evidenziato anche la presenza nella laguna di Venezia di numerose specie algali sino ad allora mai segnalate (CURIEL *et al.*, 1996, 2001b, 2003).

In questo lavoro sono riportati i risultati di campionamenti eseguiti nella primavera ed autunno del 2000 in alcune isole della laguna di Venezia in cui era possibile trovare substrati duri omogenei che permettessero l'utilizzazione di una metodica di campionamento standardizzata. I campionamenti sono stati condotti in comunità nelle quali si possono ipotizzare condizioni di stabile equilibrio biotico.

In questo lavoro viene segnalato inoltre il rinvenimento di *Lomentaria hakodatensis* Yendo, una specie algale nuova per la laguna di Venezia e recente anche per il Mediterraneo.

Area di studio

Le indagini sono state condotte in tredici isole della laguna, di cui dodici situate nella laguna centrale, a nord e a sud di Venezia, e una nella laguna sud (Chioggia) (Fig. 1). Nelle isole di Murano, Burano e Chioggia, essendo di dimensioni maggiori, sono state posizionate due stazioni di rilievo, mentre nelle altre, è stato eseguito un solo campionamento. Complessivamente sono quindi stati indagati sedici siti con una replica in primavera ed una in autunno.

La salinità, in considerazione del costante flusso mareale in cui sono soggette le isole indagate, risulta mediamente elevata con valori compresi tra 28-34 ‰, mentre nell'isola di Carbonera per la vicinanza della foce dell'Osellino, si raggiungono minimi di 21 ‰ (MAGISTRATO ALLE ACQUE, 2000). Come rilevato anche da altri autori (RELINI, 1995; SCONFIETTI, 1998), la salinità non evidenzia grandi variazioni tanto che la Laguna centrale, per la mancanza di importanti affluenti, può essere equiparata oramai ad un ambiente portuale. La temperatura è variata tra 4-5° C in inverno e 26-27° C in estate (MAGISTRATO ALLE ACQUE, 2000). Per strutturare la comunità dei popolamenti bentonici diventano quindi fattori importanti la vicinanza a centri urbani o industriali, il ricambio idrico e la torbidità dell'acqua.

*Dipartimento di Biologia, Università di Padova, Via Trieste 75, 35121 Padova, Italia.

**Comune di Venezia, Assessorato all'Ecologia, S. Marco 4136, 30100 Venezia, Italia.

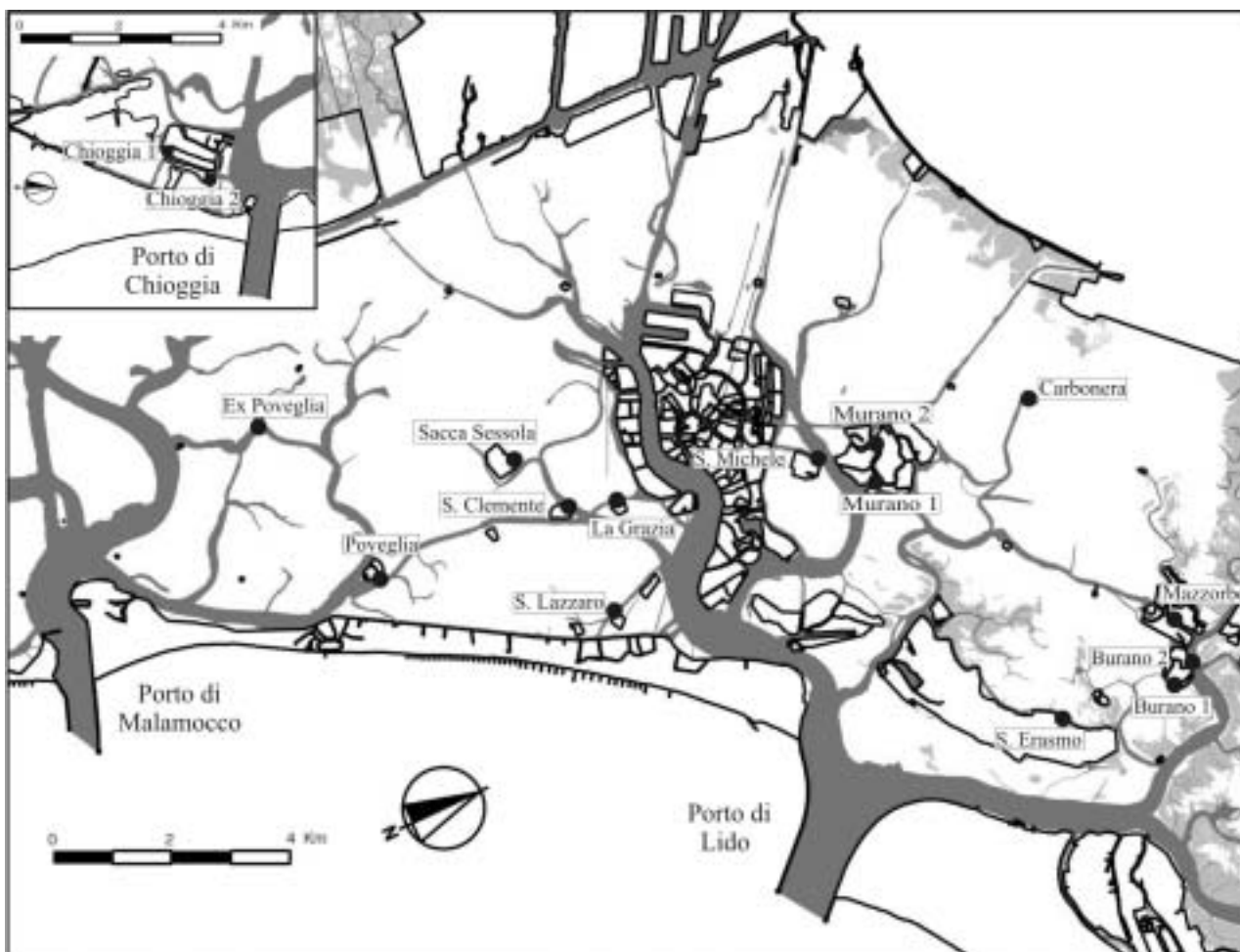


Fig. 1 - Area di studio con le 16 stazioni di campionamento.

Materiali e metodi

I campionamenti sono stati effettuati sui substrati duri con superfici verticali e la tipologia del substrato è variata dal laterizio, alla pietra d'Istria o a manufatti in cemento. Sulla sponda verticale che delimita l'isola dall'adiacente canale, è stata raschiata una superficie della larghezza di 20 cm tra la quota di +40 cm e -100 cm sul livello medio mare (fornito dal Centro Maree di Venezia) per una superficie complessiva di 2800 cm² (20 x 140 cm) interessando principalmente i piani mesolitiorale e infralitorale. Le macroalghe sono state conservate in acqua di mare e formaldeide (4%) per la successiva determinazione al microscopio ottico.

In ogni stazione sono stati rilevati il numero di taxa, il ricoprimento specifico e totale, il rapporto R/P (n° taxa Rhodophyta / n° taxa Phaeophyta), il rapporto R/C (n° taxa Rhodophyta/n° taxa Chlorophyta), la biomassa totale (g peso secco/m²) e l'indice di Shannon secondo la formula modificata da BOUDOURESQUE (1971). I rapporti R/P ed R/C sono qui utilizzati come indicatori ambientali secondo quanto proposto da CORMACI *et al.* (1985), SFRISO *et al.* (2002) e MARZOCCHI *et al.* (in stampa).

Per raggruppare le stazioni è stata utilizzata la cluster analysis, considerando sia la presenza/assenza dei

taxa sia il loro ricoprimento. Questi ultimi dati sono anche stati trasformati per ridurre il peso delle specie con ricoprimento elevato (CLARKE & WARWICK, 1994). L'identificazione dei taxa più significativi dei raggruppamenti tra le stazioni è stata ottenuta con la procedura SIMPER del programma PRIMER (CLARKE & WARWICK, 1994).

Nel lavoro viene fatta una valutazione dell'ambiente lagunare oltre che attraverso le caratteristiche floristiche dei popolamenti, anche con l'analisi dei parametri strutturali della comunità algale, degli indici biologici e dell'analisi statistica degli stessi.

Nella tabella 1 sono riportati i valori dei parametri strutturali rilevati mentre nella tabella 2 viene riportato l'elenco floristico con la completa nomenclatura dei taxa e i relativi valori di ricoprimento secondo la scala di Braun-Blanquet.

Risultati e discussione

Nelle due stagioni di campionamento sono stati identificati 78 taxa algali costituiti da 67 specie, 1 sottospecie, 4 varietà e 6 taxa a livello di genere per un totale di 39 Rhodophyta, (50.0%), 18 Phaeophyta (23.1%) e 21 Chlorophyta (26.9%). Il maggior numero di taxa è stato rilevato in primavera (65), mentre in autunno scende (59)

Tab. 1 - Parametri strutturali della comunità algale (P=Primavera, A=Autunno). Per il rapporto R/P è riportata anche la percentuale delle stazioni dove è determinabile.

	N. taxa				Ricoprimento %			Indice Diversità			R/P			R/C			Biomassa (g p.s./m ²)		
	P	A	Media	Totale	P	A	Media	P	A	Media	P	A	Media	P	A	Media	P	A	Media
MURANO 1	28	24	26	38	109,3	63,6	86,4	2,1	1,4	1,8	3,0	---	---	1,9	1,7	1,8	115,4	90,2	102,8
MURANO 2	23	25	24	35	63,1	58,4	60,8	2,2	1,6	1,9	1,3	15,0	8,1	2,0	1,7	1,8	107,6	64,3	85,9
S. MICHELE	18	23	20,5	32	104,9	68,2	86,5	1,8	1,2	1,5	4,0	15,0	9,5	4,0	2,1	3,1	219,6	82,2	150,9
EX POVEGLIA	16	16	16	24	22,9	33,7	28,3	1,3	0,8	1,1	9,0	---	---	1,5	2,2	1,9	21,3	31,0	26,1
S SESSOLA	10	17	13,5	20	23,0	32,7	27,8	1,1	1,0	1,0	---	---	---	0,4	0,9	0,7	44,3	44,1	44,2
LA GRAZIA	20	15	17,5	30	45,6	52,3	48,9	1,9	1,0	1,4	4,0	---	---	0,8	0,9	0,8	82,0	97,2	89,6
MAZZORBO	14	20	17	24	36,8	67,2	52,0	1,7	1,5	1,6	3,0	---	---	1,0	1,0	1,0	43,1	65,6	54,3
S. CLEMENTE	36	37	36,5	52	75,8	132,3	104,0	2,0	1,9	1,9	2,0	7,0	4,5	2,0	1,6	1,8	197,8	107,5	152,7
CARBONERA	12	16	14	21	23,3	1,9	12,6	1,2	1,3	1,3	---	8,0	---	1,4	1,1	1,3	2,9	53,1	28,0
BURANO 1	21	20	20,5	29	39,7	13,1	26,4	1,9	1,4	1,7	3,3	---	---	1,3	1,0	1,1	20,6	70,4	45,5
BURANO 2	20	22	21	31	50,7	30,7	40,7	1,7	1,2	1,4	10,0	---	---	1,1	1,2	1,2	34,1	38,5	36,3
POVEGLIA	22	23	22,5	30	32,9	29,0	30,9	2,2	1,7	1,9	15,0	6,0	10,5	2,5	1,3	1,9	30,2	28,0	29,1
S. ERASMO	22	23	22,5	30	11,6	13,9	12,7	1,7	1,0	1,4	1,8	9,0	5,4	0,6	0,7	0,7	43,8	16,5	30,1
S. LAZZARO	26	23	24,5	30	67,8	44,4	56,1	1,9	1,3	1,6	2,4	---	---	1,3	1,3	1,3	104,3	66,1	85,2
CHIOGGIA 1	26	26	26	36	94,1	71,8	82,9	2,3	1,8	2,1	1,8	6,0	3,9	1,2	1,0	1,1	168,2	141,1	154,6
CHIOGGIA 2	24	26	25	36	49,7	5,6	27,7	1,7	1,6	1,6	4,7	13,0	8,8	2,0	1,1	1,5	10,3	51,1	30,7
Media	21,1	22,3	21,7	31,1	53,2	44,9	49,0	1,8	1,3	1,6	4,7	9,9	7,2	1,6	1,3	1,4	77,8	65,4	71,6
											(94%)	(50%)	(44%)						

Tab. 2 – Elenco floristico con valori di ricoprimento secondo la scala di Braun-Blanquet.

	MURANO 1	MURANO 2	S. MICHELE	EX POVEGLIA	S. SESSOLA	LA GRAZIA	MAZZORBO	S. CLEMENTE	CARBONERA	BURANO 1	BURANO 2	POVEGLIA	S. ERASSMO	S. LAZZARO	CHIOGGIA 1	CHIOGGIA 2
Rhodophyta																
<i>Aglaothamnion tenuissimum</i> Feldmann-Mazyer var. <i>tenuissimum</i>	+	+	+	+			+	+	+	+	+					+
<i>Anotrichium furcellatum</i> (J. Agardh) Balbock								+								
<i>Antithamnion cruciatum</i> (C. Agardh) Nägeli	+	1	+		1	1	2	+	+	1	+	+	+	+	+	1
<i>Antithamnion pectinatum</i> (Montagne) Brauner ex. Athanasiadis et Tittley	1	+	1	+	+	+		1	+	+	+	+		+		1
<i>Audouinella darterii</i> (Dillwyn) Woelkerling		+				+		+		+						+
<i>Audouinella microscopica</i> (Nägeli ex Kützing) Woelkerling			+	+	+			+							+	
<i>Audouinella saviana</i> (Meneghini) Woelkerling			+					+			+					
<i>Audouinella secundata</i> (Lyngbye) P.S. Dixon (cf. <i>A. virgatula</i>)	+	+	+					+			+					
<i>Audouinella</i> sp. 1		+	+		+	+		+		+	+	+		+		+
<i>Audouinella</i> sp. 2	+	+						+		+	+	+		+		+
<i>Bangia atropurpurea</i> (Roth) C. Agardh	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Callithamnion corymbosum</i> (J.E. Smith) Lyngbye																+
<i>Ceramium ciliatum</i> (J. Ellis) Dacluzen												+				
<i>Ceramium diaphanum</i> (Lighthoof) Roth	+			+		+	+	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Ceramium virgatum</i> Roth	1		+			+		+	+						+	+
<i>Chondria capillaris</i> (Huds.) M.J. Wynne							+	+	+	+		+	+		+	+
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Agardh										+		+	+		+	+
<i>Darya hutchinsiae</i> Harvey								+								+
<i>Erythrocladia irregularis</i> Rosenvinge	+	+	+	+			+	+			+	+		+	+	+
<i>Gelidium pusillum</i> (Stackhouse) Le Jolis	1	+	+	+	1	1	+	+	+		+	+	+	+	2	+
<i>Gracilariaopsis laevisima</i> (S.G. Gmelin) Steentoft et al.	2		1	+			+	1	+		+	+		1	+	
<i>Grateloupsia doryphora</i> (Montagne) M. Howe			2									1				
<i>Grateloupsia filicina</i> (J.V. Lamouroux) C. Agardh															+	
<i>Gymnogongrus griffithiae</i> (Turner) Martius	+	+	+					1			+	+		1	+	
<i>Hydroclitium farinosum</i> (J.V. Lamouroux) Penrose et Y.M. Chamberlain								+								
<i>Lithothamnium pustulatum</i> (J.V. Lamouroux) Foslie	1	1	+	+	+	+	+	2		+	+	1	+	1	+	+
<i>Lomentaria holosclerata</i> Yendo															+	+
<i>Melobesia membranacea</i> (Esper) J.V. Lamouroux														+		
<i>Nitophyllum punctatum</i> (Stackhouse) Greville								+								+
<i>Polysiphonia densata</i> (Dillwyn) Greville	1	+	+	+				1	+	+	+	+	+		+	
<i>Polysiphonia elongata</i> (Hubson) Sprengel	+															
<i>Polysiphonia narrowii</i> Harvey	+	+	2					+		+	2				1	1
<i>Polysiphonia mottii</i> Lauret	1	1	1	+		+	+	1	+	+	+	+	+	+	1	+
<i>Polysiphonia scapulorum</i> Harvey	+		+	+			+	+	+		+					+
<i>Porphyra leucosticta</i> Thuret	2	2	+	+		1	1	+		+		+	+	+		
<i>Radicilingua thysanorhizans</i> (Holmes) Papenfuss												+	+			
<i>Rhodophyllis divaricata</i> (Stackhouse) Papenfuss						3										+
<i>Rhodymenia arduanae</i> Feldmann	3	2	3	2	2	2	2	3	+	1	+	1	+	2		+
<i>Styloswewa atridii</i> (Zanardini) K. M. Drew	+				+	+					+					

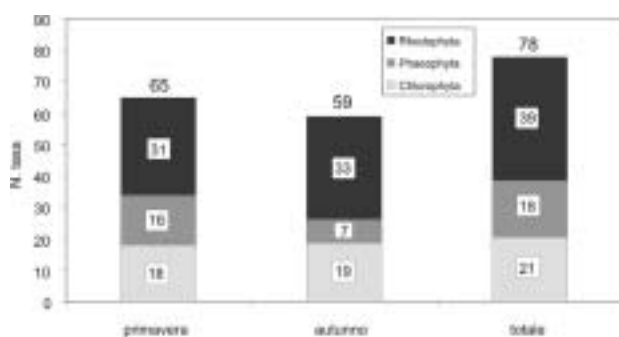


Fig. 2 – Numero di taxa rinvenuti nel corso della ricerca.

a causa della riduzione delle Phaeophyta (Fig. 2). Nella stagione autunnale non si rinvenivano infatti le specie appartenenti al genere *Asperococcus*, *Hicksia*, *Punctaria* e *Scytosiphon* e le specie *Desmarestia viridis* e *Undaria pinnatifida*. Permangono invece in questa stagione *Fucus virsoides*, *Sargassum muticum* e le specie del genere *Dictyota*.

Dei 78 taxa rilevati tra la primavera e l'autunno, 19 sono presenti solamente in primavera e 13 solo in autunno, mentre 47 risultano comuni ad ambedue le stagioni (Fig. 3). La componente algale che presenta la maggiore variazione è quella delle Phaeophyta, che predilige i mesi invernali-primaverili, rispetto alle Chlorophyta e alle Rhodophyta che sono più o meno stabili.

Il numero di taxa per rilievo (Tab. 1) è variato da minimi di 10 e 17, rispettivamente in primavera e in autunno, nell'isola di Sacca Sessola, a 36-37 taxa, nell'isola di S. Clemente. A conferma di una minore biodiversità, valori bassi del numero di taxa sia totale che medio, si rilevano anche nelle isole Ex Poveglia, Mazzorbo e Carbonera.

L'esame dei syntaxa evidenzia in generale una predominanza in ambedue le stagioni delle specie eurivalenti e diverse (specie di cui non è nota la syntaxa) (Fig. 4). L'ordine *Ulvetalia* (Molinier, 1958) è ampiamente rappresentato nelle stazioni, sia come presenza che come ricoprimento, da *Ulva laetevirens*, *Enteromorpha intestinalis* ed *Enteromorpha prolifera*. Le specie vicarianti di *U. laetevirens* rilevate in altre località (RIZZI-LONGO &

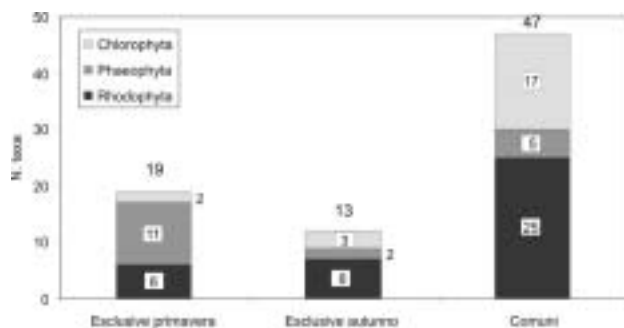


Fig. 3 - Confronto tra il numero di specie esclusive e quelle comuni alle le due stagioni.

GIACCONE, 1974; CECERE *et al.*, 1991) e anche in laguna di Venezia in aree prettamente cittadine (MARZOCCHI *et al.*, in stampa), sono qui poco rilevanti sia come presenza che come ricoprimento, e limitate alla sola *Ulva rotundata*. L'ordine *Rhodymenietalia* si segnala nelle stazioni soprattutto per l'elevata presenza e ricoprimento di *Rhodymenia ardissoni* che risulta la specie dominante nel mesolitorale inferiore e infralitorale. L'ordine *Cystoseiretalia* è scarsamente rappresentato e strutturato, non essendo mai stata rilevata nessuna specie caratteristica. La sola specie ampiamente diffusa di questo ordine è *Gelidium pusillum* che colonizza prevalentemente il mesolitorale superiore.

Il ricoprimento algale (Tab. 1) evidenzia una notevole differenziazione tra le stazioni, si passa infatti da ricoprimenti prossimi al 100% o anche superiore (Murano 1, S. Michele, Chioggia 1 e S. Clemente) a ricoprimenti del 10-30% (isole di Ex Poveglia, Sacca Sessola, Burano 1, S. Erasmo). Il ricoprimento medio per stazione risulta minore in autunno (44,9%) rispetto a quello della primavera (53,2%) in quanto in alcune stazioni (Chioggia 2, S. Erasmo, Carbonera e Burano 1) i valori rilevati in autunno erano bassi (1,9%-13,9%). Nelle stazioni con ricoprimento elevato le specie dominanti sono *Ulva laetevirens* e *Rhodymenia ardissoni* e in parte anche *Enteromorpha intestinalis*, a cui si associano, a Chioggia 1 *Fucus virsoides* e *Sargassum muticum*, a S. Clemente il genere *Dictyota* e *Lithophyllum pustulatum* e S. Michele *Polysiphonia morrowii*. Come per il numero di taxa, nelle stazioni Ex Poveglia, Sacca Sessola, S. Erasmo e Carbonera, i bassi valori del ricoprimento confermano l'esistenza di fattori di disturbo che limitano lo sviluppo della comunità algale.

L'indice di diversità (Tab. 1) ha valori generalmente più elevati in primavera rispetto all'autunno. Considerando le medie tra le due stagioni, l'indice risulta basso nelle isole Ex Poveglia, Sacca Sessola e Carbonera mentre a S. Erasmo il valore è basso solamente in autunno. I valori medi dell'indice di diversità della maggior parte delle stazioni sono simili a quelli rilevati in aree centrali della laguna dove i parametri abiotici (idrodinamismo, torbidità, salinità) risultano intermedi tra quelli che si rilevano in aree fronte mare o verso la terraferma.

In diverse isole e a volte anche in entrambe le stagioni (Sacca Sessola), non è stato possibile calcolare il rapporto R/P (tab. 1), considerato come indicatore ambientale. Nei siti in cui è stato invece possibile determinare tale rapporto, i valori medi tra le due stagioni sono generalmente al di fuori dell'intervallo indicato come ottimale per ambienti bilanciati del Mediterraneo (2,5-4,5; CORMACI & FURNARI, 1991). L'elevato numero di stazioni in cui non è determinabile il rapporto R/P dimostra come in molti siti le caratteristiche delle acque non siano idonee allo sviluppo delle Phaeophyta. Ciò può essere dovuto in parte al fatto che si tratta di rilievi effettuati in un ambiente lagunare, ma potrebbe essere importante anche la mancanza di dati sui popolamenti estivi ed invernali, i quali potrebbero rendere più equilibrati i risultati ottenuti, visto che alle nostre latitudini spesso i popolamenti algali sono soggetti

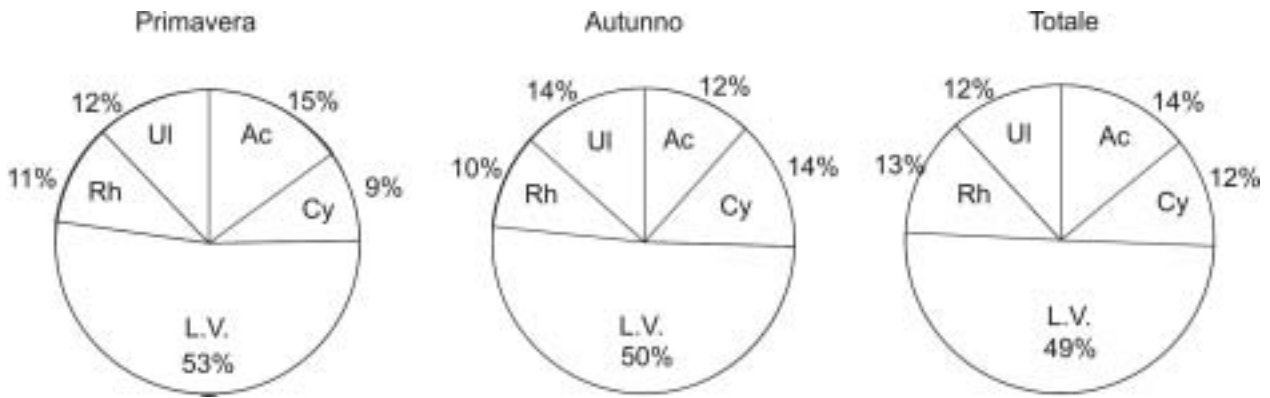


Fig. 4 - Diagrammi circolari della sintaxa fotosociologica (Ac=Acrochaetietalia, Cy=Cystoseiretalia, UI=Ulvetalia, Rh=Rhodymenietalia, L.V.=larga valenza e diverse.

a notevoli cambiamenti stagionali.

In ambiente lagunare, si è visto che il rapporto Rhodophyta/Chlorophyta (Tab. 1) può essere validamente utilizzato come indice di qualità, al posto del rapporto R/P, essendo le Chlorophyta assenti sui substrati duri solamente in situazioni ambientali estreme (MARZOCCHI *et al.*, in stampa; SFRISO *et al.*, 2002). Sulla base delle esperienze condotte in laguna di Venezia, si è visto che valori di R/C superiori a 1,5 sono da ritenere indicativi di una buona situazione ambientale, valori inferiori ad 1 indicativi di un forte squilibrio, e valori intermedi tra 1 e

1,5 devono essere considerati come soglia di attenzione. Nelle isole esaminate, il rapporto è stato calcolato in tutti i rilievi e i valori medi tra le due stagioni ci indicano che in ben quattro isole (Sacca Sessola, La Grazia, Mazzorbo e S. Erasmo) rileviamo valori inferiori alla soglia critica di 1.

La biomassa espressa in g p.s./m² (Tab. 1) è variata da valori minimi di 3-21 g nelle stazioni in cui il popolamento algale è poco sviluppato (Carbonera, S. Erasmo ed Ex Poveglia) a massimi di 100-200 g quando sono prevalenti *Rhodymenia ardissoni* (S. Michele, Murano 1 e S.

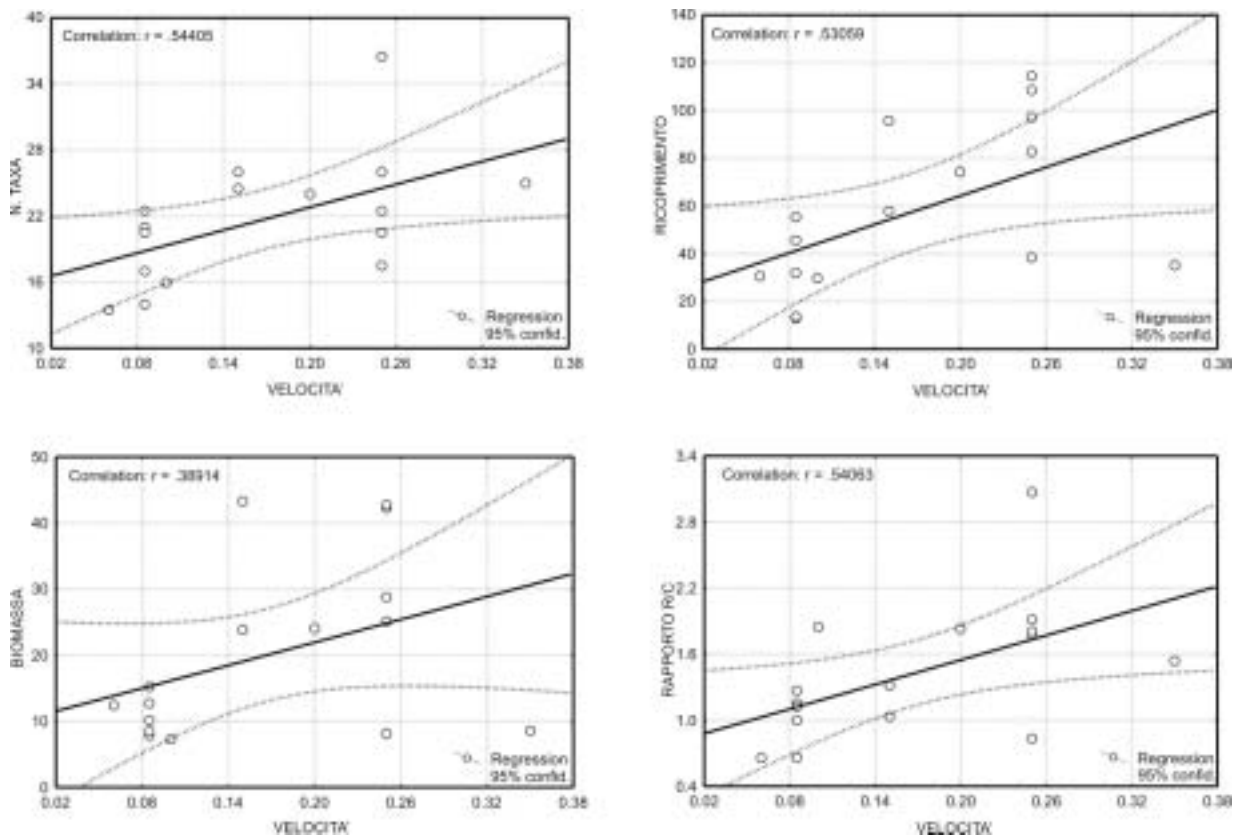


Fig. 5 - Grafici di correlazione tra alcuni parametri strutturali algali e la velocità della corrente (m/s).

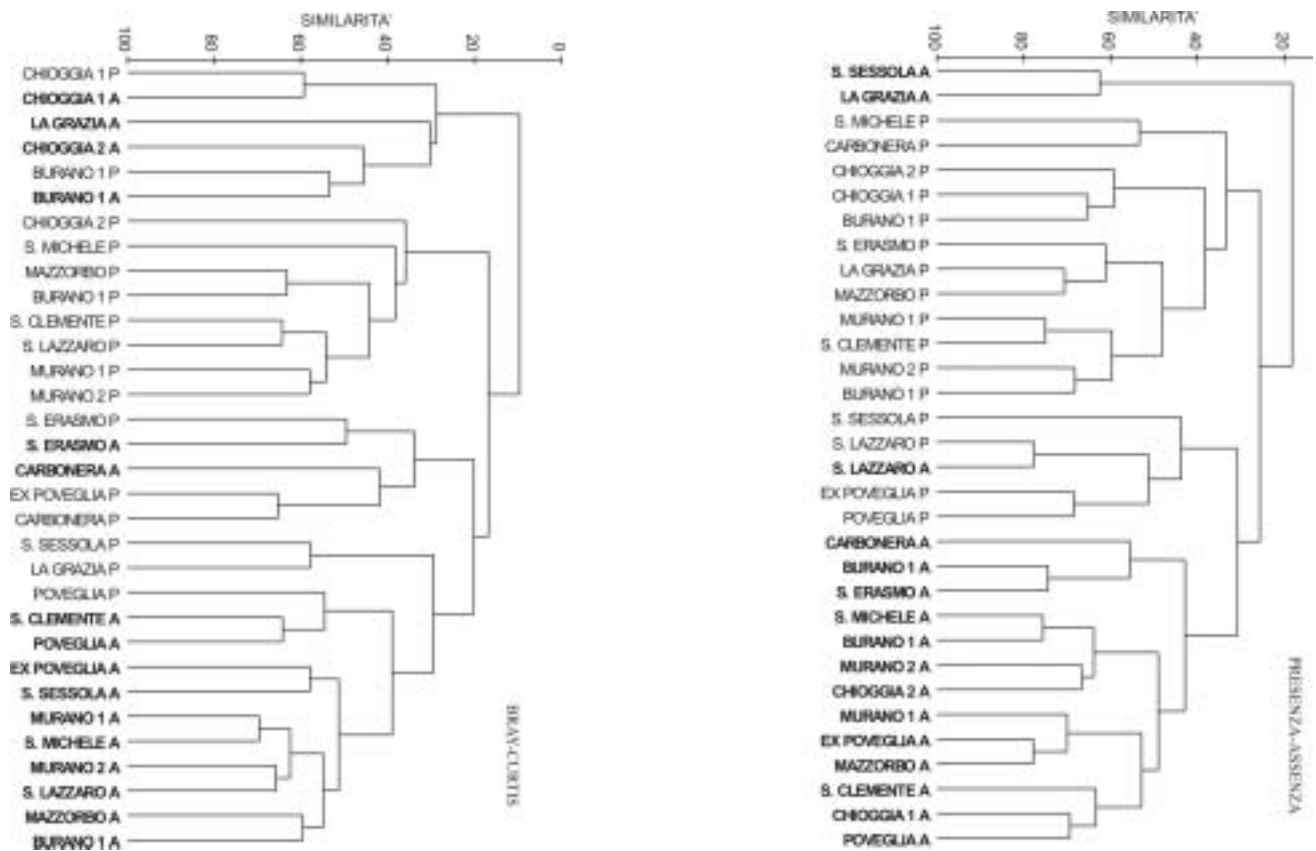


Fig. 6 - Dendrogrammi di similarità (P=Primavera, A=Autunno)

Clemente) o *Fucus virsoides* o *Gelidium pusillum* (Chioggia 1).

E stata calcolata la correlazione tra alcuni dei parametri strutturali commentati sino ad ora e la velocità della corrente. La velocità della corrente, come si nota dalla figura 5, risulta significativamente correlata con il numero di taxa, il ricoprimento e il rapporto R/C ($p < 0,05$) mentre non lo è con la biomassa ($p > 0,05$). Altri parametri come ad esempio la torbidità, non sono disponibili per tutte le nostre stazioni e quindi non sono stati testati. La velocità della corrente ha però la capacità di integrare in sé anche altri parametri abiotici. Ricordiamo infatti che in generale dove maggiore è la corrente, maggiore è il ricambio idrico, minori sono i tempi di residenza delle acque e dei relativi nutrienti disciolti e minore risulta anche la torbidità. Anche la salinità non è stata testata perché essa, soprattutto nella laguna centrale, non è più un fattore guida prevalente, come rilevato anche da altri autori, risultando oramai relativamente uniforme (RELINI, 1995).

La cluster analysis applicata ai 32 rilievi eseguiti in primavera e autunno denota una tendenza a raggruppare le stazioni per stagioni, sia utilizzando i dati di presenza/assenza, sia i valori di ricoprimento dei taxa (Fig. 6). Questa tendenza a separare i campionamenti in base alla stagionalità è in accordo con la riduzione delle Phaeophyta nei mesi primaverili.

Utilizzando i valori di ricoprimento medi delle due stagioni (Fig. 7), la cluster analysis raggruppa le 16 stazioni

senza mostrare un netto gradiente di ripartizione spaziale. Questo appare ragionevole in quanto lo studio non prende in esame stazioni disposte lungo un asse idrico o un transetto ideale, ma isole sparse per la maggior parte nella laguna centrale, dove le condizioni morfologiche e idrodinamiche risultano varie e mutevoli sia su grande che su piccola scala spaziale. L'assenza di un netto gradiente, e quindi di evidenti progressive differenze tra i vari rilievi, fa sì che le stazioni si raggruppino in modo leggermente diverso a seconda del tipo di trasformazione che si applica ai dati di ricoprimento algale. Con nessuna o una ridotta trasformazione dei valori di ricoprimento specifico (radice quadrata) (Fig. 7a,b), lasciando cioè molta importanza alle specie dominanti, si ha un raggruppamento principale di stazioni poste a Nord e a Sud di Venezia caratterizzate per una forte dominanza di *Ulva laetevirens* e *Rhododymenia ardissonaei*. Di queste due specie si ricorda che *Ulva laetevirens* è caratteristica dell'ordine *Ulvetalia* Molinier 1958, che comprende specie nitrofile, mentre *Rhododymenia ardissonaei* che appartiene all'associazione *Rhododymenietum ardissonaei* Pignatti 1962 e raggruppa specie sciafile, è considerata specie ad ampia distribuzione batimetria. Trattandosi di rilievi relativamente superficiali (mesolitorale e infralitorale superiore), la torbidità dell'acqua è data soprattutto dal particolato sospeso che deriva da attività antropiche e dalla risospensione dei sedimenti. L'abbondanza nelle stazioni attorno a Venezia di queste due specie è tale, che da sole rappresentano più del 70% della similarità di questo raggruppamento.

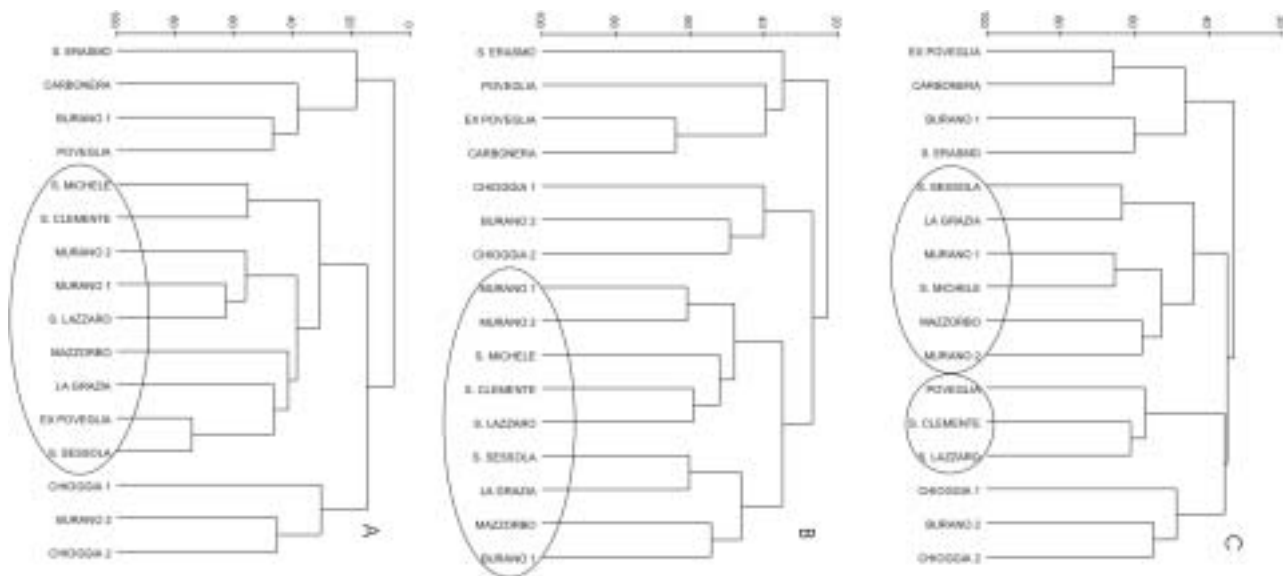


Fig. 7 - Dendrogrammi di similarità tra le stazioni utilizzando l'indice di similarità di Bray-Curits a diversi livelli di trasformazione dei dati: a) nessuna trasformazione, b) radice quadrata, c) doppia radice quadrata.

Eseguendo invece una più marcata trasformazione dei dati (doppia radice quadrata, Fig. 7c) vengono ad assumere valore anche specie meno abbondanti, ma spesso più discriminanti. Con questa trasformazione il raggruppamento di stazioni sopra descritto alla similarità del 40%, si suddivide in due sottogruppi, uno costituito dalle stazioni attorno a Venezia e uno da quelle situate verso il litorale di Lido (Poveglia, S. Lazzaro e S. Clemente). In questo secondo gruppo, oltre alle specie sopra citate, si aggiungono per importanza anche *Dictyota dichotoma* var. *dichotoma* e *D. dichotoma* var. *intricata*, *Gymnogongrus griffithsiae* e *Blidingia minima* che sono indicatrici di una maggiore vivacità idrodinamica (GIACCONE & DI MARTINO, 2000).

Il sottogruppo delle stazioni poste attorno a Venezia, per tipologia di popolamento algale, sembrano più influenzate dall'idrodinamismo locale e quindi dalle attività antropiche. Le specie caratteristiche sono infatti *Ulva laetevirens*, *Enteromorpha intestinalis*, e *Bryopsis plumosa* tra le Chlorophyta e *Rhodomenia ardissoni*, *Lithophyllum pustulatum* e *Gelidium pusillum* tra le Rhodophyta

Un altro gruppo di stazioni che si accomuna con regolarità nei cluster è quello che comprende le due stazioni di Chioggia e la stazione di Burano 2. In queste stazioni il ricambio idrico sembrerebbe maggiore in quanto, oltre ad *Ulva laetevirens*, *Enteromorpha intestinalis*, *Enteromorpha flexuosa*, *Chaetomorpha linum*, *Cladophora* spp., *Bryopsis plumosa*, che per altro sono quasi sempre presenti nelle stazioni lagunari, c'è una significativa presenza delle rodoficee *Polysiphonia morrowii*, *Polysiphonia mottei*, *Gelidium pusillum* e *Ceramium diaphanum*. L'influenza urbana è però ancora marcata in quanto se non si esegue una trasformazione sui dati di ricoprimento algale, cioè non riducendo l'importanza delle

specie dominanti, si osserva che la similarità di questo gruppo di stazioni è data solamente da quattro specie: *U. laetevirens*, *P. morrowii*, *E. intestinalis* e *B. plumosa* di cui *Ulva* da sola descrive più del 50% della similarità del gruppo.

Un ultimo raggruppamento è dato da tre stazioni che risultano spesso accomunate tra loro nei vari cluster (Carbonera, S. Erasmo e Burano 1) a cui si aggiungono, a seconda del tipo di trasformazione che si applica ai dati di ricoprimento, le isole Ex Poveglia o Poveglia. In questo gruppo di stazioni, ad eccezione di *Fucus virsoides* per la l'isola di S. Erasmo, non vi sono specie particolari che determinino la differenza rispetto ai raggruppamenti visti in precedenza. La differenza viene data invece dal valore del ricoprimento totale (10-30%), oltre che da quello anche specifico di queste stazioni, che risulta molto basso anche per specie come *Ulva laetevirens* e *Rhodomenia ardissoni*, di solito molto abbondanti. Questi bassi valori di ricoprimento sono molto probabilmente dovuti alla costante torbidità dell'acqua di queste zone che sono in vicinanza di bassifondi.

Conclusioni

Il fitobenthos delle isole della laguna evidenzia similitudini con altri studi condotti sui substrati duri lagunari (CURIEL *et al.*, 2001; MARZOCCHI *et al.*, 2001, in stampa; SFRISO *et al.*, 2002). Tra la primavera e l'autunno, si nota una diversità nelle comunità algale dovuta non tanto ad un cambiamento strutturale quanto ad una diminuzione delle Phaeophyta in autunno, riscontrabile sia nella diversità floristica che nelle specie esclusive rilevate nelle due stagioni.

La comunità algale in generale appare scarsamente strutturata, con la predominanza di taxa a larga valenza ecologica (50%) o di taxa appartenenti all'ordine

Rhodymenietalia e *Ulvetalia*, che nel complesso rappresentano circa il 75% delle alghe rinvenute. I valori degli indici di diversità risultano relativamente bassi (media generale 1,6) e l'impossibilità di determinare il rapporto R/P soprattutto in autunno (è calcolabile solo nel 44% delle stazioni) conferma la presenza di fattori che limitano lo sviluppo della comunità algale sul substrato duro.

Il rapporto R/C risulta un utile indicatore ambientale in alternativa al rapporto R/P, soprattutto negli ambienti lagunari caratterizzati da eutrofia o torbidità. Infatti in prossimità di attività urbane, in mancanza di un adeguato ricambio idrico o di apporti vivificanti, o per la presenza di bassifondi fangosi che accentuano la torbidità, si nota una diminuzione delle Rhodophyta e un incremento delle Chlorophyta, che determina una riduzione del rapporto R/C.

Lo studio ha inoltre confermato la complessità e l'estrema variabilità di risposte ecologiche che il sistema lagunare è in grado di esprimere. Fattori abiotici, quali la trofia dovuta alle attività urbane, la vicinanza di bassifondi che con eventi meteorologici accentuano la torbidità, la presenza o l'assenza di una rete funzionale di canali che favorisce gli apporti idrici e riduce i tempi di residenza dell'acqua, possono determinare comunità algali anche estremamente diverse in isole vicine. Interessante appare il fatto che i principali parametri strutturali della comunità algale quali numero di taxa, ricoprimento e rapporto R/P, siano significativamente correlati con la velocità della corrente, che integra in sé anche informazioni sullo stato trofico, la torbidità e il ricambio idrico. Questa relazione tra le macroalghe e l'idrodinamismo è già stata messa in evidenza negli ambienti lagunari o estuariali per i popolamenti algali dei substrati mobili (MARTINS *et al.*, 2001), mentre richiederebbe un maggiore approfondimento per i substrati duri.

Lo studio ha inoltre permesso il rinvenimento per la prima volta nella laguna di Venezia di *Lomentaria hakodatensis* Yendo (Rhodophyta, Lomentariaceae), di cui era nota sino la presenza nel Mediterraneo solo nelle coste francesi (VERLAQUE & RIOUALL, 1989). Si tratta di un' alga originaria dei mari orientali (Cina, Giappone, Corea) e delle coste pacifiche del nord America (LEE, 1978; HAWKES & SCAGEL, 1986). Il suo rinvenimento a Chioggia, è in accordo con ritrovamenti già avvenuti di alghe provenienti da altre aree geografiche. Nelle coste europee atlantiche e mediterranee, la cui economia è basata sull'attività della pesca e sull'allevamento dei molluschi, come nel caso di Chioggia, l'importazione di prodotti ittici appare al momento il più importante vettore per l'introduzione di specie provenienti da aree geografiche anche lontane.

Bibliografia

- BOUDOURESQUE C. F. (1971) - Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Téthys*, **3**(1): 79-104.
- CECERE E., CORMACI M., FURNARI G., TURSÌ A., CACIORGNA O. (1991) - Fouling communities in Mar Piccolo in Taranto (Ionian Sea - Southern Italy): vegetal population in eulittoral level and sublittoral zone. *Boll. Acc. Gioena Sci. Nat.*, **24**: 21-38.
- CLARKE K.R., WARWICK R.M. (1994) - *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Natural Environment Research Council, UK, 144 pp.
- CORMACI M., FURNARI G., GIACCONE G., COLONNA M., MANNINO A.M. (1985) - Metodo sinecologico per la valutazione degli apporti inquinanti nella rada di Augusta (Siracusa). *Boll. Acc. Gioena Sci. Nat.*, **18**: 829-850.
- CORMACI M., FURNARI G. (1991) - Phytobenthic communities as monitor of the environmental conditions of the Brindisi coast-line. *Oebalia*, *XVII, Suppl.*, **1**: 177-198.
- CURIEL D., BELLEMO G., MARZOCCHI M. (1996) - New records of marine algae in the lagoon of Venice. *Giorn. Bot. Ital.*, **130**(1): 352.
- CURIEL D., BELLEMO G., MARZOCCHI M., IURI M., SCATTOLIN M. (1999) - Benthic marine algae of the inlets of the lagoon of Venice (Northern Adriatic Sea - Italy) concerning environmental conditions. *Acta Adriatica*, **40**(1): 111-121.
- CURIEL D., BELLEMO G., SCATTOLIN M., MARZOCCHI M. (2001a) - Le macroalghe dei substrati duri della laguna di Venezia: analisi di un gradiente ecologico tra il mare e la terraferma. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, **51**: 11-30.
- CURIEL D., BELLEMO G., LA ROCCA B., SCATTOLIN M., MARZOCCHI M. (2001b) - Note su specie algali nuove per la Laguna di Venezia. *Lav. Soc. Ven. Sc. Nat.*, **26**: 101-102.
- CURIEL D., BELLEMO G., SCATTOLIN M., LA ROCCA B., MARZOCCHI M. (2003) - Ritrovamento in laguna di Venezia di specie algali nuove per l'Adriatico e rare per il Mediterraneo. *Informatore Botanico Italiano*, **35**(1): 7-11.
- GIACCONE G., DI MARTINO V. (2000) - Appunti di biologia delle alghe. Corso integrato con Botanica Marina (corologia, fitosociologia, gestione delle risorse, V.I.A.). Università di Catania 2000.
- HAWKES M.W., SCAGEL R.F. (1986) - The marine algae of British Columbia and northern Washington: division Rhodophyta (red algae), class Rhodophyceae, order Palmariales. *Can. J. Bot.*, **64**: 1148-1173.
- LEE I. K. (1978) - Studies on Rhodymeniales from Hokkaido. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser.*, **5**(11): 1-194.
- MAGISTRATO ALLE ACQUE. (2000) - Nuovi interventi per la salvaguardia di Venezia. Attività di monitoraggio ambientale della Laguna di Venezia. Esecutivo primo stralcio triennale 2000-2003, MELa 1. Consorzio Venezia Nuova.
- MARTINS I., PARDAL M.A., LIBELLO A.I., FLINDT M.R., MARQUES C.J. (2001) - Hydrodynamics as a major factor controlling the occurrence of green macroalgal blooms in a eutrophic estuary: a case study on the influence of precipitation and river management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **52**: 165-177.
- MARZOCCHI M., BELLEMO G., MIOTTI C., CURIEL D., SCATTOLIN M. (2001) - Le macroalghe dei substrati duri del Canal Grande (Centro Storico di Venezia): prime considerazioni. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, **52**: 25-39.
- MARZOCCHI M., CURIEL D., SCATTOLIN M. (in stampa) - Variazioni del fitobenthos di substrato duro della Laguna di Venezia tra il mare e la terraferma. *Boll. Mus. civ. St. nat. Venezia*.

- RELINI G. (1995) – Studio delle conoscenze del macrofouling della Laguna di Venezia. *S.it.E. Atti*, **16**: 119-121.
- RIZZI-LONGO L., GIACCONE G. (1974) – Le Ulvales e la vegetazione nitrofila del mediterraneo. *Quad. Lab. Tecnol. Pesca*, **2**, **1**: 1-62.
- SCONFIETTI R. (1998) - Ambienti di transizione nord-adriatici: originalità e banalità ecologiche nei popolamenti d'estuario. XIII Convegno Gruppo di Ecologia di Base "G. Gadio". Venezia, 25-27 maggio 1996. *Boll. Mus. civ. St. Nat. Venezia*, **48**(supplemento): 245-249.
- SFRISO A. (1987) - Flora and vertical distribution of macroalgae in the lagoon of Venice: comparison with previous studies. *Giorn. Bot. Ital.*, **121**: 69-85.
- SFRISO A., LA ROCCA B., GODINI E. (2002) – Inventario di taxa macroalgali in tre aree della laguna di Venezia a differente livello di trofia. *Lav. Soc. Ven. Sc. Nat.*, **27**: 85-99.
- VERLAQUE M., RIOUALL R. (1989) - Introduction de *Polysiphonia nigrescens* et d'*Antithamnion nipponicum* (Rhodophyta, Ceramiales) sur le litoral méditerranéen français. *Cryptogamie, Algol.*, **10**: 313-323.