



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

Quaderno Metodologico  
sull'elemento biologico MACROALGHE  
e sul calcolo dello stato ecologico secondo la  
metodologia CARLIT

---

**Autori:**

Luisa Mangialajo  
Gianfranco Sartoni  
Franco Giovanardi

**Con la collaborazione di:**

Nadia Abdelahad  
Enric Ballesteros  
Rosella Bertolotto  
Riccardo Cattaneo-Vietti  
Giulia Ceccherelli  
Maria Cristina Buia  
Fabio Bulleri  
Gianna Casazza  
Mariachiara Chiantore  
Federico Gaino  
Ivan Guala  
Pierre-Alain Mannoni  
Luigi Piazzì  
Federica Ragazzola  
Donatella Serio  
Thierry Thibaut  
Xavier Torres  
Francesco Sante Rende  
Paola Gennaro  
Marina Amori

Roma, Agosto 2008

# IL METODO CARLIT

## Introduzione

Le comunità superficiali di substrato roccioso dominate da macroalghe rispondono ai cambiamenti delle condizioni ambientali in tempi relativamente brevi e per questo motivo sono particolarmente adatte al monitoraggio dello stato ecologico (SE) delle acque costiere.

Le perturbazioni antropiche di diverso genere (es. urbanizzazione della costa, eutrofizzazione) provocano cambiamenti nelle comunità delle scogliere superficiali. Le macroalghe brune strutturanti (Fucales) tendono a scomparire, mentre le specie tolleranti allo stress (es. feltri di Corallinales articolate) diventano dominanti in situazioni di moderato disturbo. In caso di disturbo di grande intensità e durata si affermano principalmente specie opportuniste (es. Ulvales, cianobatteri).

Molti studi hanno descritto questa tendenza in diverse aree, evidenziando come tali processi possano essere considerati comuni e paragonabili a scala mediterranea, seguendo una dinamica generale (es: Arevalò et al., 2007; Pinedo et al., 2007; Mangialajo et al., 2008).

Il metodo CARLIT (Ballesteros et al., 2007), che sfrutta lo sviluppo lineare delle comunità bentoniche superficiali (generalmente dominate da macroalghe) tramite la cartografia supportata da GIS, si basa su queste osservazioni di carattere generale.

Il calcolo del Rapporto di Qualità Ecologica tramite il metodo CARLIT non permette, come per gli altri indici di SE attualmente proposti nell'ambito della Direttiva Quadro in Materia di Acque (WFD 2000/60/EU), di mettere in evidenza relazioni di causa-effetto tra uno SE non sufficiente e gli eventuali impatti umani presenti in un'area. Ciononostante è ritenuto uno strumento utile per un primo *screening* su vaste aree (grazie alla semplicità d'applicazione ed ai costi limitati) per mettere in evidenza possibili zone a rischio o dove studi più approfonditi si rendono necessari.

Il metodo CARLIT è applicato lungo le coste catalane dal 1999 (Ballesteros et al., 2007) ed in Liguria dal 2004 (vedi applicazione ligure); ad oggi è applicato lungo la maggior parte delle coste Mediterranee spagnole e francesi.

## Considerazioni preliminari

Il metodo CARLIT (cartography of littoral and upper-sublittoral benthic communities o, in breve, cartografia litorale) è un metodo cartografico che sfrutta lo sviluppo lineare dei popolamenti superficiali in ambiente microtidale. I dati raccolti sono inseriti all'interno di Sistemi d'Informazione Geografica (GIS), considerati utili strumenti d'aiuto alla decisione nella gestione della fascia costiera, in quanto permettono di valutare l'evoluzione spazio-temporale dei popolamenti e sono in grado di integrare dati di diversa provenienza.

Il CARLIT è stato ideato per un'applicazione lungo coste prevalentemente rocciose: perché l'area di indagine possa essere considerata idonea all'applicazione del metodo, essa deve essere costituita principalmente da scogliere, non necessariamente continue. Le zone rocciose devono essere costituite almeno per l'80 % da substrati naturali. In futuro è previsto di mettere a punto un'estensione del CARLIT alle zone altamente modificate, ma a questo scopo sono necessari studi specifici.

La costa rocciosa dell'area d'indagine deve essere mappata nella sua totalità, a meno che, date le sue dimensioni, la mappatura non risulti realisticamente applicabile. In tal caso si dovranno individuare, nell'area d'indagine, dei siti casuali disposti in modo che i risultati possano essere considerati rappresentativi dell'intera area d'indagine.

Per una maggior uniformità nella raccolta dei dati a livello nazionale, la base cartografica è stata scelta come la linea di costa creata da foto aeree ad una scala 1:5000.

Il CARLIT, basato sul campionamento visuale delle comunità algali superficiali, deve essere applicato in primavera, periodo di massimo sviluppo delle specie cospicue. La finestra temporale considerata favorevole è, in generale, quella compresa tra i mesi di aprile e giugno.

Il CARLIT consiste nel passaggio tramite un'imbarcazione pneumatica, il più vicino possibile alla costa in modo da poter osservare ed annotare le comunità macroalgali. Si predilige un campionamento non distruttivo, soprattutto nell'ambito di un monitoraggio su grande scala, in quanto alcune specie (es. *Cystoseira*), perenni e caratterizzate da un ciclo di vita lungo, potrebbero essere localmente minacciate da un campionamento intensivo.

Infatti il CARLIT, essendo basato sul campionamento visuale, non prevede la raccolta sistematica di campioni. Ciononostante si consiglia di raccogliere campioni in maniera puntuale, in caso di dubbio nell'identificazione delle specie ed almeno un campione per categoria/area di indagine. I campioni possono essere facilmente conservati come essiccati (un metodo di conservazione che occupa poco spazio e non prevede l'utilizzo di sostanze fissative).

Il materiale necessario è quindi:

- supporto cartografico
- imbarcazione pneumatica
- materiale da snorkeling (muta intera, pinne, maschera, boccaglio) per prelevare i campioni
- materiale da campionamento alghe (coltello, barattoli/sacchetti)

## **Tabella delle categorie e valori di sensibilità**

Il metodo CARLIT si basa sulla tendenza generale riscontrata nella risposta delle comunità superficiali dominate da macroalghe al disturbo antropico: i dati presenti in letteratura, confermati e completati da studi specifici e dal giudizio di esperti, sono stati tradotti in valori di sensibilità associati alle comunità caratteristiche delle scogliere superficiali.

Una prima tabella delle categorie è stata proposta da Ballesteros et al. (2007) per l'applicazione catalana. In vista dell'applicazione alla scala nazionale italiana, e dell'estensione del CARLIT al Mar Ionio ed al Sud Adriatico, tale tabella è stata completata sulla base delle realtà presenti nelle regioni italiane coinvolte, grazie all'apporto degli esperti operanti nelle varie regioni. La tabella aggiornata, comprendente i valori di sensibilità associati ad ogni categoria, è riportata in Tabella 1.

Per il riconoscimento delle specie dominanti delle comunità elencate in tabella, si rimanda alla prima/seconda parte di questo quaderno.

## **Raccolta dati**

Il primo passo è quello di procurarsi il supporto cartografico. Tale supporto deve essere una fotografia aerea, georeferenziata o no, ad una scala tale che l'unità minima di campionamento (50 m di linea di costa disegnata ad una scala 1:5000) sia facilmente identificabile sulla carta. È importante che la foto aerea sia ad alta risoluzione, possibilmente a colori, in modo che siano ben visibili i punti riferimento utili (alberi, case, configurazioni particolari della costa) al corretto posizionamento sulla carta.

In funzione del mezzo nautico che si utilizzerà, potrebbe rivelarsi utile di rendere impermeabile il supporto cartografico (plastificazione, contenitori stagni).

La raccolta dei dati viene effettuata seguendo la costa da una piccola imbarcazione, ad una distanza di circa 3-4 m. Si annotano le comunità dominanti sul supporto cartografico (fotografie aeree), insieme alle caratteristiche geomorfologiche della costa studiata (Tab. 2).

Le unità di campionamento sono settori omogenei, sia per quel che riguarda la comunità che le caratteristiche geomorfologiche, di linea di costa. I dati possono essere raccolti, in funzione del software cartografico disponibile, in due modi (cartografia in continuo e cartografia per settori) e di conseguenza le unità di campionamento (settori) possono avere lunghezza variabile o fissa.

a) *Cartografia in continuo*: il supporto cartografico è costituito da una fotografia aerea, non necessariamente georeferenziata. Le discontinuità tra comunità e/o tra le caratteristiche geomorfologiche segnano i limiti dei settori, che sono quindi di lunghezza variabile. Non viene considerata la variabilità spaziale a scala inferiore ai 50 m (pertanto ogni singolo settore sarà di lunghezza maggiore o uguale a 50 m). Tale tipo di cartografia è particolarmente rapido e permette di coprire aree molto vaste.

b) *Cartografia per settori*: il supporto cartografico è costituito da una fotografia aerea georeferenziata a cui è sovrapposta la linea di costa suddivisa *a priori* in settori di lunghezza fissa (si consiglia di prediligere settori della lunghezza di 50 m). Per ogni settore vengono annotati la comunità e le caratteristiche geomorfologiche dominanti. Questo tipo di cartografia, più laborioso al momento del campionamento, risulta più agevole in sede di inserimento e di trattamento dei dati.

## Comunità

Sulla base della tabella delle categorie, per ogni settore si annota la comunità dominante nella zona superficiale. Ad eccezione delle concrezioni a marciapiede (trottoir) di Corallinales (e vermeti), non vengono prese in considerazione le comunità tipiche del mesolitorale.

Essendo la maggior parte delle specie appartenenti al genere *Cystoseira* sensibili a diversi tipi di impatto antropico (Thibaut et al., 2005), la loro presenza è sintomo di elevata qualità ecologica. Per questo motivo la presenza di popolamenti a *Cystoseira* è generalmente associata ai valori di sensibilità massimi (fa eccezione *C. compressa*, specie considerata più tollerante, Thibaut et al., 2005; Mangialajo et al., 2008).

Le cinture a *Cystoseira amentacea* e *C. mediterranea*, tipiche della frangia infralittorale nelle zone esposte al moto ondoso, possono essere più o meno dense e continue, anche in funzione dell'entità di un eventuale disturbo antropico.

Sono stati identificati cinque stati delle cinture a *C. amentacea* e *C. mediterranea* a cui sono associati diversi valori di sensibilità: il valore massimo è associato unicamente ai popolamenti densi e continui (*Cystoseira* 5) mentre quello minimo alla presenza di pochi talli isolati (*Cystoseira* 1). In quest'ultimo caso si annota anche la comunità dominante (tra: Dictyotales/Stypocaulacee, *Corallina*, Corallinales incrostanti, Mitili, *Pterocladia*/*Schizymenia*/*Ulva*, *Ulva* e/o *Cladophora*, Cianobatteri e/o *Derbesia tenuissima*). Il valore di sensibilità risultante sarà il valore medio tra *Cystoseira* 1 e quello della comunità dominante.

Per quel che riguarda le fanerogame, è importante tener presente che tali popolamenti devono essere considerati solo quando presenti in formazioni affioranti nello strato d'acqua più superficiale e comunque in zone prevalentemente rocciose).

## Caratteristiche geomorfologiche

Le caratteristiche geomorfologiche della linea di costa possono influire sulla distribuzione dei popolamenti macroalgali. Ad esempio, falesie alte con zona di battigia strapiombante ed esposte a nord saranno sottoposte ad un'illuminazione inferiore rispetto alle scogliere basse, orizzontali ed esposte a sud. È quindi necessario tener conto della variabilità della costa. Ballesteros et al. (2007), hanno considerato, per le zone studiate, 6 caratteristiche geomorfologiche: morfologia, costituzione pendenza, orientazione, tipo ed esposizione al moto ondoso. Di queste, in seguito ad analisi multivariata, due sono state considerate le più influenti (morfologia e tipo di substrato) e, sulla base delle loro combinazioni, sono state definite 6 situazioni geomorfologiche rilevanti.

Per l'applicazione a scala nazionale è necessario rielaborare le caratteristiche geomorfologiche e definire le situazioni geomorfologiche rilevanti e, in un primo tempo, saranno annotate tutte le caratteristiche riportate in Tabella 2.

La cartografia verrà quindi effettuata inserendo discontinuità nei settori per ogni caratteristica geomorfologica, tenendo conto che la variabilità ad una scala minore di 50 m non viene considerata e che l'orientazione geografica e l'esposizione al moto ondoso possono essere calcolati a posteriori tramite GIS.

## Quantificazione dello stato ecologico (SE)

Il metodo CARLIT permette di quantificare lo SE tramite semplici calcoli.

In un primo momento viene quantificato il valore di qualità ecologica (Ecological Quality Value,  $EQV_{calc}$ ) in ogni area di indagine per ogni categoria geomorfologica rilevante.

L' $EQV_{calc}$  corrisponde alla media pesata dei valori di sensibilità delle comunità riscontrate, in funzione della lunghezza della costa (calcolata tramite GIS nel caso della cartografia in continuo) o del numero di settori (cartografia per settori).

I valori di qualità ecologica calcolati secondo la stessa procedura nei siti di riferimento<sup>1</sup>, per ogni categoria geomorfologica rilevante ( $EQV_{rif}$ ), permettono di calcolare il Rapporto di Qualità Ecologica (Ecological Quality Ratio, EQR):

$$EQR = \frac{\sum \frac{EQV_{calc} * l_i}{EQV_{rif}}}{\sum l_i} ,$$

dove  $l_i$  rappresenta la lunghezza della linea di costa interessata dalla categoria geomorfologica rilevante  $i$  ed è espressa in m (cartografia in continuo) o in numero di settori (cartografia per settori). L'EQR è quindi un valore adimensionale compreso tra 0 e 1 e permette di classificare le aree di indagine secondo lo SE (5 classi, da elevato a pessimo).

I limiti delle classi di SE proposti da Ballesteros et al. (2007) sono riportati in Tabella 3.

---

<sup>1</sup> Allo stato attuale, la rete di siti di riferimento nazionale per il calcolo dell'EQR non è ancora stata stabilita e non esistono valori ufficiali di riferimento.

## Caso studio: applicazione ligure e convalida dei risultati

La prima applicazione sperimentale del metodo CARLIT in Italia è stata realizzata in Liguria nel 2004 e 2005 (Mangialajo et al., 2007). Lo studio preliminare è stato effettuato lungo un gradiente di urbanizzazione della costa, scelto in base al numero di abitanti ed alla distanza da un grande centro abitato (Genova), e nelle Aree Marine Protette istituite od in via di istituzione (Fig. 2).

La convalida dello SE è stata effettuata comparando i risultati ottenuti con le caratteristiche della colonna d'acqua (clorofilla-a, nutrienti, percentuale di saturazione dell'ossigeno, salinità e trasparenza dell'acqua) e con il TRIX (Trophic index, la combinazione lineare dei logaritmi delle variabili sopra citate, ad eccezione della trasparenza dell'acqua, Vollenweider et al., 1998; Giovanardi and Vollenweider, 2004). Come misura della pressione urbana ed agricola è stato applicato l'Indice di Qualità Batteriologica (IQB), basato sulla frequenza di coliformi e streptococchi fecali (Melley et al., 2004). Sono stati utilizzati, per la convalida, dati provenienti dal monitoraggio ministeriale ([www.minambiente.it](http://www.minambiente.it)), dal monitoraggio regionale ([www.arpal.org](http://www.arpal.org)) e da dati non pubblicati in precedenza.

Nell'impossibilità di effettuare la cartografia in continuo lungo tutta la costa rocciosa, la quantificazione dello SE è stata effettuata secondo un disegno sperimentale gerarchico, che prende in considerazione la variabilità spaziale a media scala (tre siti per ogni tratto di costa studiato) e diverse repliche delle unità di campionamento (settori di costa rocciosa di lunghezza fissa, nella fattispecie di 20m), secondo il seguente schema:

- tratti di costa, distanti decine di km, corrispondenti al fattore urbanizzazione (fisso, ortogonale, n=3) o Area Marina Protetta (AMP, fisso, ortogonale, n=4)
- siti, distanti centinaia di metri (fattore random, gerarchizzato nel fattore urbanizzazione/AMP, n=3);
- anni (fattore random, ortogonale, n=2);
- settori (unità di campionamento, n=10)

Per il calcolo dell'EQR sono stati utilizzati, in mancanza di altri dati, gli stessi valori proposti da Ballesteros et al. (2007).

I risultati di questa prima applicazione sperimentale hanno permesso di mettere in evidenza un buon accordo tra i tre indici presi in considerazione: i tratti di costa lungo il gradiente urbano si trovano in tre diverse classi di qualità sia per quel che riguarda l'EQR che per quel che riguarda il TRIX e l'IQB (Fig. 3). La convalida dei risultati riguardanti le Aree Marine Protette, invece, ha messo in evidenza una situazione particolare alle Cinque Terre. Lo SE in questa zona risulta moderato (benché i valori siano molto vicini al limite tra buono e moderato) ma gli insediamenti umani sono irrilevanti (come provato dall'indice IQB, l'inquinamento batteriologico è trascurabile). Ciononostante la colonna d'acqua presenta caratteristiche di produttività paragonabili al sito intermedio del gradiente urbano e valori di TRIX significativamente maggiori rispetto a quelli di Portofino.

Nel 2006 e 2007, in collaborazione con ARPAL, è stata realizzata la prima applicazione a scala regionale del metodo CARLIT. Il numero di tratti di costa studiati è stato portato a 12, come illustrato in Fig. 5: nel ponente i tratti sono più distanziati per la dominanza, in questa area, di coste sabbiose o fortemente artificiali, non idonee, quindi, all'applicazione del CARLIT.

Nei 12 tratti di costa è stato applicato lo stesso protocollo dell'applicazione sperimentale (aumentando il numero di unità di campionamento/sito/tratto di costa a 15) ed il campionamento è stato ripetuto, negli stessi tratti di costa, nel 2006 e 2007. Per tener conto dell'eterogeneità spaziale e temporale e della variabilità legata all'operatore, il campionamento non è stato effettuato negli stessi siti/settori, i tratti di costa non sono stati studiati nello stesso ordine da un anno all'altro e, in ogni tratto di costa, si è fatto in modo che l'operatore non fosse lo stesso da un anno all'altro.

La valutazione dello SE, come previsto dalla WFD, non permette di separare le perturbazioni di origine antropica da quelle naturali: entrambi i tipi di perturbazioni provocano, in linea generale, gli

stessi effetti sulle comunità macroalgali di substrato roccioso. Lo scopo del monitoraggio non è infatti quello di trovare delle relazioni di causa-effetto tra lo SE e gli impatti umani, ma semplicemente di mettere in evidenza le zone in cui i valori calcolati si discostano dai valori attesi, in cui è necessario effettuare studi più approfonditi.

Lo SE in Liguria può essere considerato globalmente buono, con valori, rispettivamente, di  $0.65 \pm 0.05$  (media  $\pm$  errore standard) nel 2006 e  $0.66 \pm 0.04$  nel 2007. Lo SE di ogni tratto di costa studiato è riportato in Fig. 6. La parte occidentale dell'arco ligure è caratterizzata da un elevato SE (MOR, GAL, SPO). Vicino a Genova lo SE è moderato in entrambi gli anni (VES, QUA). I tre siti lungo il gradiente urbano considerati nell'applicazione sperimentale (QUA, BOG, POR, Mangialajo *et al.* 2007) appartengono alla stessa classe di SE dal 2004. Nel levante ligure, lo SE è decrescente. Tre tratti di costa presentano valori molto vicini al limite tra le classi SE buono e SE moderato (ZOA, MAN, MES), mentre i due siti più orientali presentano uno SE moderato (PAL) e scarso (MAR).

Da una prima analisi di questi risultati potrebbe quindi apparire che il ponente ligure si trova in uno stato di conservazione migliore rispetto al ponente. Ciononostante, a causa della scarsità di coste rocciose naturali, nel ponente sono state prese in considerazione solo zone regolamentate e naturalmente isolate. In questa zona altri approcci potranno essere maggiormente informativi sullo stato di conservazione di queste zone.

Nella zona di Genova l'elevata densità di abitanti è verosimilmente la maggior causa dello SE moderato registrato a QUA (Mangialajo *et al.*, 2007), mentre a VES altri impatti potrebbero agire in maniera cumulata (es.: alte concentrazioni in metalli pesanti ed idrocarburi policiclici aromatici nei sedimenti superficiali, probabilmente legati alle attività portuali, Cosma, 1979; Bertolotto *et al.*, 2003; 2005) con potenziali effetti sinergici od antagonisti.

Nel levante ligure la pressione antropica è variabile: ZOA e PAL sono zone densamente popolate, mentre MAN, MES e MAR presentano una pressione antropica diretta minore. A MAR lo SE scarso è verosimilmente imputabile agli apporti del vicino fiume Magra, mentre a MAN e MES sono necessari studi ad hoc per isolare i potenziali impatti umani e verificare la presenza di disturbo antropico. Due possibili cause di disturbo, da investigare maggiormente, sono l'influenza degli apporti terrigeni (del fiume Magra ed eventualmente anche del fiume Arno) e l'influenza dell'impianto di mitilicoltura di La Spezia (che rappresenta una sorgente di origine antropica di grandi quantità di larve di questi bivalvi fortemente competitivi per lo spazio).

La variabilità interannuale nel calcolo dello SE è accettabile ai fini del monitoraggio: i siti studiati lungo il gradiente urbano (QUA, PON, POR) appartengono alla stessa classe dalla prima applicazione (2004). Tale risultato, in accordo con la mancanza di cambiamenti sostanziali nell'utilizzo e nella gestione del territorio, mette in evidenza come il CARLIT, anche applicato una sola volta all'anno, sia un metodo conservativo.

Ciononostante un tratto di costa (MES) è risultato appartenere a due classi diverse nei due anni di studio (SE moderato nel 2006 e buono nel 2007), benché restando su valori molto vicini ai limiti rispettivamente superiore ed inferiore delle due classi. Ciò può essere dovuto ad un effettivo miglioramento della qualità dell'acqua, alla variabilità naturale ma anche all'inevitabile errore legato al campionamento. Tale differenza, benché possa sembrare trascurabile sulla base dei valori calcolati, è in realtà cruciale proprio nel caso del limite tra classe buona e moderata (sono previste sanzioni per i corpi idrici che, dal 2015, non abbiano raggiunto uno SE buono). Lo studio di intervalli di confidenza o protocolli di verifica basati su altri comparti (es.: altri elementi biologici, acqua, sedimenti) è necessario per risolvere situazioni ambigue. Nel caso uno SE moderato sia confermato da intervalli di confidenza/protocolli di verifica, studi più approfonditi, capaci di isolare gli impatti umani dalla variabilità naturale, devono essere pianificati caso per caso.



## **Bibliografia**

- Arèvalo R., Pinedo S., Ballesteros E., 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 104-113.
- Ballesteros E., Torras X., Pinedo S, García M., Mangialajo L., Torres de M., 2007. A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 172-180.
- Bertolotto R.M., Ghioni F., Frignani M., Alvarado-Aguilar D., Bellucci L.G., Cuneo C., Picca M.R., Gollo E., 2003 Polycyclic aromatic hydrocarbons in surficial coastal sediments of the Ligurian Sea. *Marine Pollution Bulletin* 46: 903-917.
- Cosma B., Drago M., Piccazzo M., Scarponi G., Tucci S., 1979. Heavy metals in Ligurian Sea sediments: distribution of Cr, Cu, Ni, and Mn in superficial sediments. *Marine Chemistry* 8: 125–142.
- Giovanardi F., Vollenweider R.A., 2004. Trophic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas. *Journal of Limnology* 63: 199–218.
- Mangialajo L., Chiantore M., Cattaneo-Vietti R., 2008. Loss of fucoid algae along a gradient of urbanisation and relationships with the structure of benthic assemblages. *Marine Ecology-Progress Series*, 358: 63–74
- Mangialajo L., Ruggieri N., Asnaghi V., Chiantore M. C., Povero P., Cattaneo-Vietti R., 2007. Ecological status in the Ligurian Sea: The effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 30-41.
- Melley A., Gomei M., Cannicci S., Sbrilli G., Nocciolini S., 2004. Gli indicatori biologici nella tutela delle acque costiere toscane. *Biologia Marina Mediterranea* 11: 32–56.
- Pinedo S., Garcia M., Satta M. P., Torres de M., Ballesteros E., 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 126-135.
- Vollenweider R.A., Giovanardi F., Montanari G., Rinaldi A., 1998. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW Adriatic Sea: proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. *Environmetrics* 9: 329–357.

Tabella 1. Valori di sensibilità associati alle comunità caratteristiche delle scogliere superficiali.

	Categoria	Descrizione	Valore di sensibilità
	Trottoir	Concrezioni a marciapiede ("trottoir") di <i>Lithophyllum byssoides</i> ( <i>L. trochanter</i> e <i>Dendropoma</i> <sup>*</sup> )	20
Con popolamenti a <i>Cystoseira</i>	<i>Cystoseira brachycarpa/crinita/elegans</i>	Popolamenti a <i>C. brachycarpa/crinita/elegans</i>	20
	<i>Cystoseira</i> in zone riparate	Popolamenti a <i>Cystoseira barbata/foeniculacea/humilis/spinosa</i>	20
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 5	Cinture continue a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	20
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 4	Cinture quasi continue a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	19
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 3	Popolamenti abbondanti a <i>C. amentacea/mediterranea</i>	15
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 2	Popolamenti scarsi a of <i>C. amentacea/mediterranea</i>	12
	<i>Cystoseira compressa</i>	Popolamenti a <i>C. compressa</i>	12
	<i>Cystoseira amentacea/mediterranea</i> 1	Rare piante isolate di <i>C. amentacea/mediterranea</i> **	10
Senza popolamenti a <i>Cystoseira</i>	<i>Dictyotales/Stypocaulaceae</i>	Popolamenti a <i>Padina/Dictyota/Dictyopteris/Taonia/Stypocaulon</i>	10
	<i>Corallina</i>	Popolamenti a <i>Corallina elongata</i>	8
	Corallinales incrostanti	Popolamenti a <i>Lithophyllum incrustans</i> , <i>Neogoniolithon brassica-florida</i> e altre Corallinales incrostanti	6
	Mitili	Popolamenti a <i>Mytilus galloprovincialis</i> (Mitilaie)	6
	<i>Pterocladia/Ulva/Schizymenia</i>	Popolamenti misti a <i>Pterocladia/Ulva/Schizymenia</i>	6
	<i>Ulva/Cladophora</i>	Popolamenti a <i>Ulva</i> e/o <i>Cladophora</i>	3
	Cianobatteri/Derbesia	Popolamenti dominate da Cyanobacteria e/o <i>Derbesia tenuissima</i>	1
Fanerogam	<i>Posidonia</i> - récif	Formazioni affioranti di <i>Posidonia oceanica</i> ("récif")	20
	<i>Cymodocea nodosa</i>	Praterie superficiali di <i>Cymodocea nodosa</i>	20
	<i>Nanozostera noltii</i>	Praterie superficiali di <i>Nanozostera noltii</i>	20

\* Formazioni organogene tipiche della Sicilia e di altre regioni del Sud Italia.

\*\* In caso di presenza di rare piante isolate di *C. amentacea/mediterranea*, si annota anche la comunità dominante (valore di sensibilità risultante: valore medio).

Tabella 2. Caratteristiche geomorfologiche che verranno utilizzate per definire le categorie geomorfologiche rilevanti.

1- Morfologia della costa	Codice
a. Blocchi metrici	BM
b. Falesia bassa	FB
c. Falesia alta	FA
2- Inclinazione della frangia infralitorale	Codice
a. Orizzontale (0-30°)	O
b. Sub-verticale (30-60°)	SV
c. Verticale(60-90°)	V
d. Strapiombante	St
3- Orientazione della costa	Codice
a. Nord	N
b. Nord-Est	NE
c. Est	E
d. Sud-Est	SE
e. Sud	S
f. Sud-Ovest	SO
g. Ovest	O
h. Nord-Ovest	NO
4- Grado di esposizione all'idrodinamismo	Codice
a. Esposto	E
b. Calmo	C
5- Tipo naturale artificiale	Codice
a. Naturale	N
b. Artificiale	A

Tabella 3. Limiti delle classi di SE proposti da Ballesteros et al., 2007.

EQR	SE
> 0,75-1	Elevato
> 0,60-0,74	Buono
> 0,40-0,59	Sufficiente
> 0,25-0,39	Scarso
0-0,24	Cattivo

Fig. 2. Tratti di costa studiati (gradiente urbano e AMP) nell'ambito dell'applicazione sperimentale effettuata in Liguria nel 2004 e 2005.

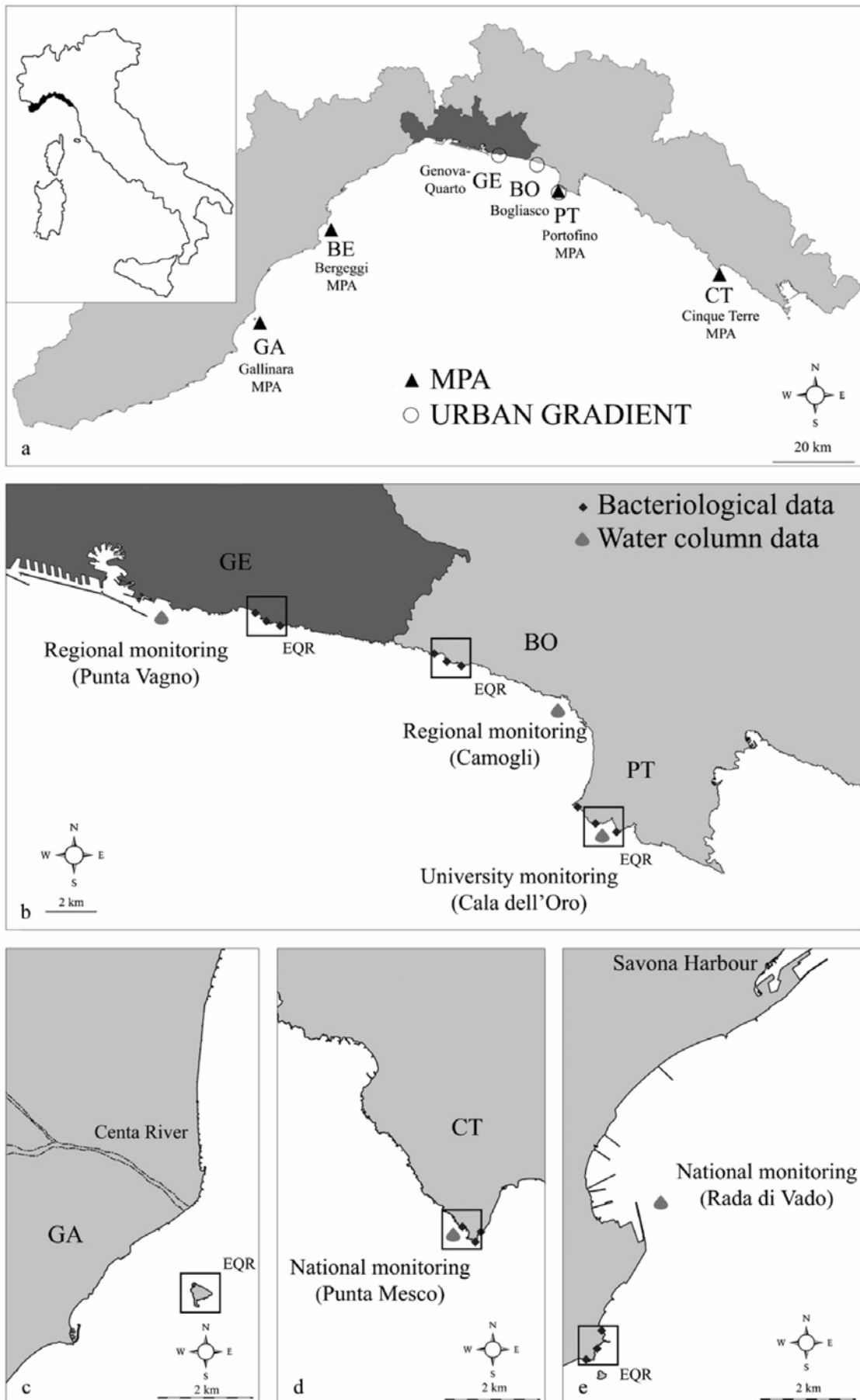


Fig. 3. Paragone dei risultati di EQR (in alto), Trix (al centro) ed IQB (in basso) lungo il gradiente urbano considerato nei pressi di Genova. Barre d'errore: errore standard.

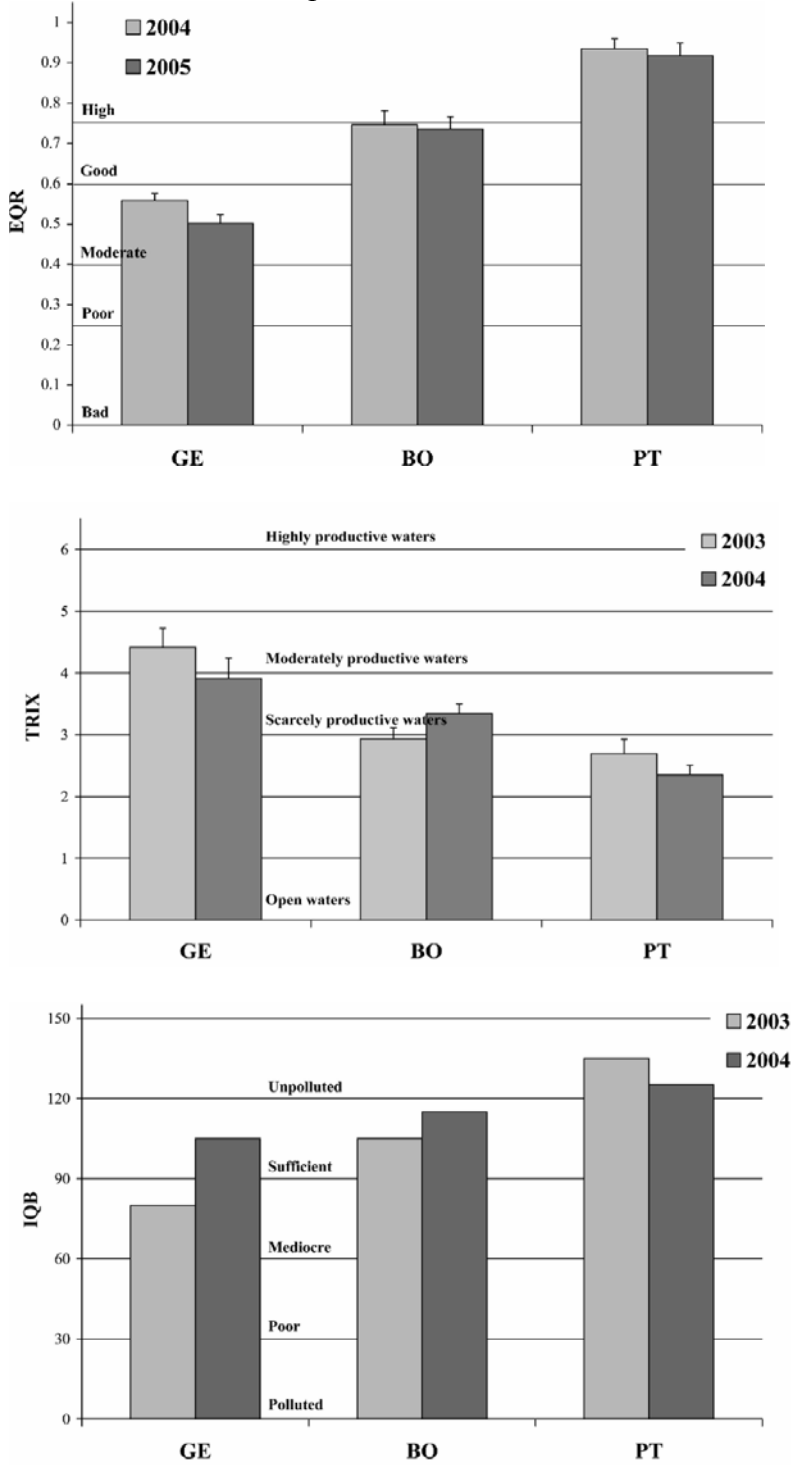


Fig. 4. Paragone dei risultati di EQR (in alto), Trix (al centro) ed IQB (in basso) nelle AMP liguri. Barre d'errore: errore standard.

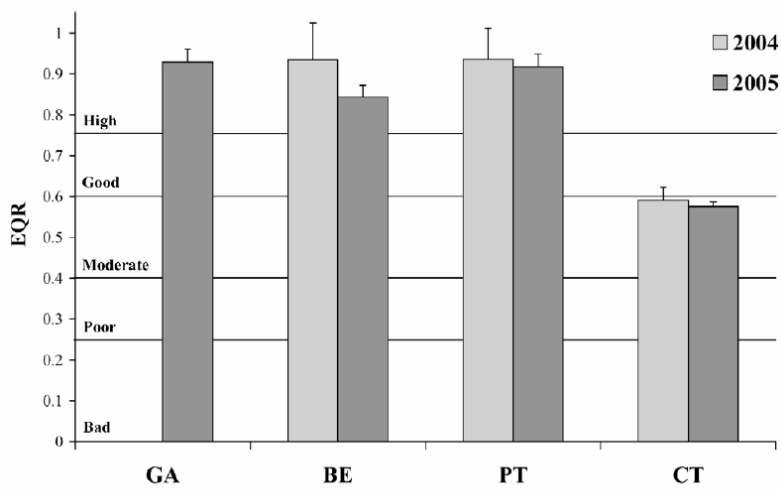


Fig. 6. EQR values in Ligurian Marine Protected Areas (+SE).

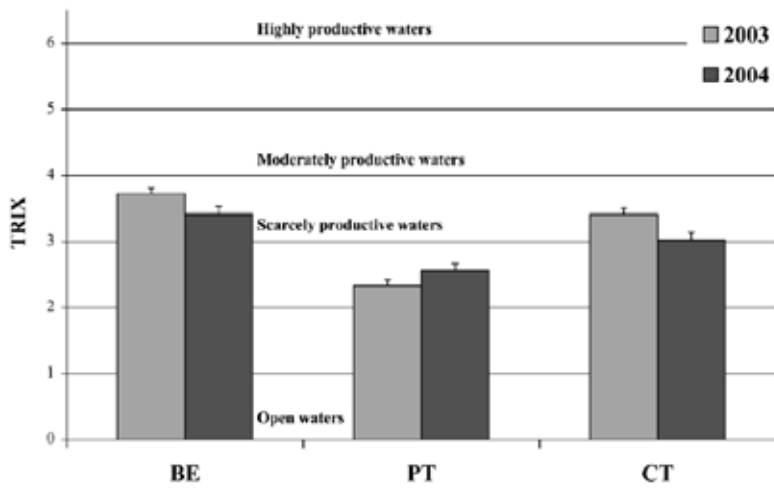


Fig. 7. TRIX values in Ligurian Marine Protected Areas (+SE).

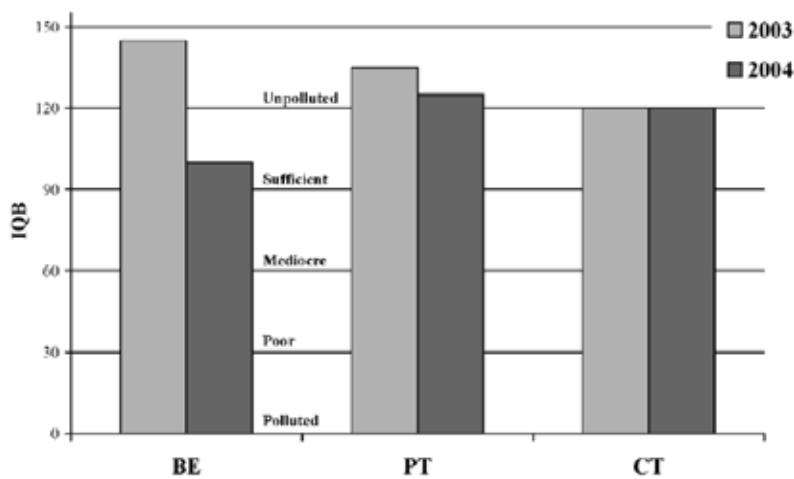


Fig. 8. IQB values in Ligurian Marine Protected Areas.

Fig. 5. Tratti di costa studiati nell'ambito della prima applicazione regionale del CARLIT (2006-2007).

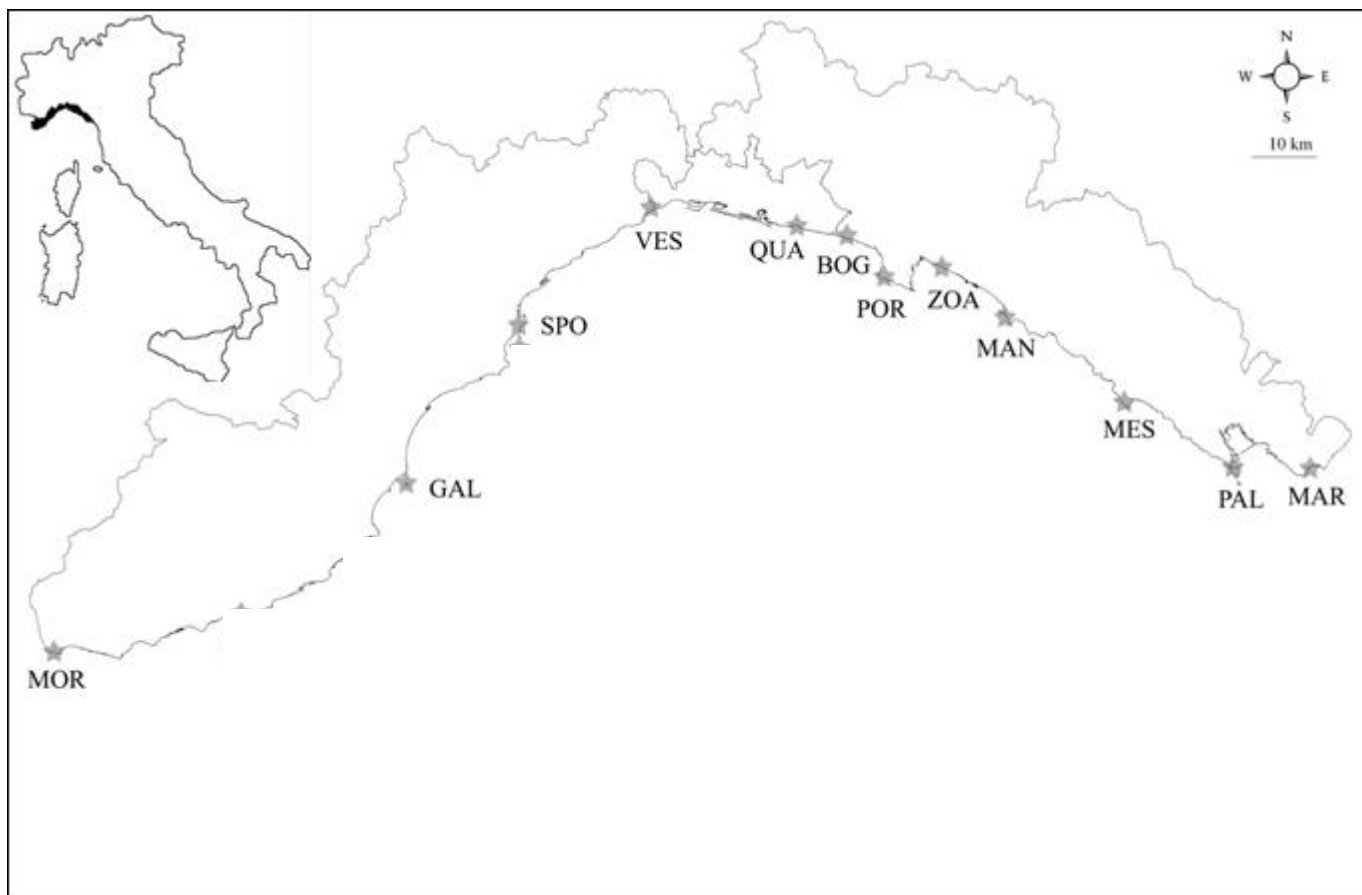
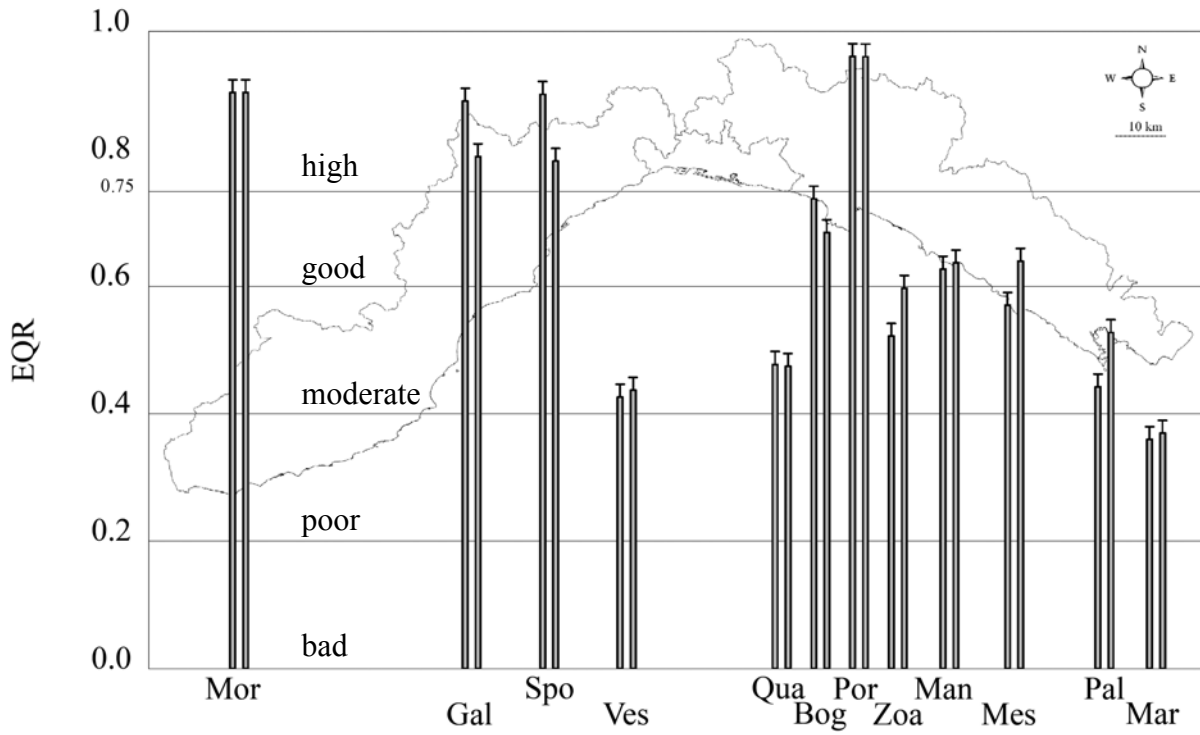


Fig. 6. SE in Liguria. Per ogni tratto di costa studiat: istogramma di sinistra: 2006; istogramma di destra: 2007. Barre d'errore: errore standard.





## Elementi Tassonomici di riferimento per l'impiego dell'indice CARLIT

In questa seconda parte del quaderno vengono descritte ed illustrate le macroalghe che caratterizzano le comunità fitobentoniche utilizzate per il calcolo dello stato ecologico, come proposto dal metodo CARLIT, anche in considerazione del fatto che non sempre è possibile reperire una adeguata iconografia dei diversi taxa utilizzati in questo indice di valutazione ambientale. Tra gli elementi floristici presi in esame dal CARLIT un ruolo fondamentale è svolto da alcune specie del genere *Cystoseira*, alghe brune parzialmente o interamente perennanti e per lo più di dimensioni cospicue, che in condizioni edafiche ottimali strutturano popolamenti omogenei in grado di ospitare una ricca e diversificata componente animale e vegetale. Si tratta in effetti di strutture vegetazionali ad elevata biodiversità al cui interno si intrecciano complesse relazioni biotiche che rendono questi popolamenti, ed in particolare quelli più superficiali, estremamente sensibili ad un ampio spettro di stress ambientali. Una corretta identificazione a livello specifico dei diversi taxa di questo genere, corredata con la documentazione cartografica prevista dal monitoraggio costiero, oltre a rispondere alle esigenze di applicazione delle norme della Direttiva 2000/60/CE, rappresenta sicuramente uno strumento indispensabile per valutare l'evoluzione negli anni dei popolamenti e per indirizzare gli eventuali interventi di gestione ambientale. Essendo alghe caratterizzate da una elaborata espressione morfologica l'approccio tassonomico può presentare dei problemi per cui è parso opportuno fornire preventivamente alcune informazioni sulle loro caratteristiche morfo-anatomiche e riproduttive, anche allo scopo di facilitare l'utilizzo della successiva chiave analitica relativa alle specie presenti a livello della frangia infralitorale ed in fitocenosi superficiali interessate dalla metodologia CARLIT. Il commento sui singoli taxa è poi accompagnato da cenni ecologici e, se disponibili, da riferimenti bibliografici per una eventuale integrazione dei dati raccolti sul campo.

Una impostazione analoga è stata adottata anche per le altre alghe inserite nella tabella CARLIT; il commento alle diverse specie è infatti preceduto da una sintetica descrizione dell'ordine di appartenenza allo scopo di fornire elementi utili per l'identificazione e per consentire una loro adeguata collocazione sistematica. Alcuni taxa sono poi indicati unicamente a livello generico nella tabella (*Ulva*, *Cladophora*) e per questi è stato fatto riferimento alle specie più comuni che di solito colonizzano ambienti superficiali quali: *Ulva laetevirens* Areschoug, *U. linza* Linnaeus, *Cladophora sericea* (Hudson) Kützing e *C. vagabunda* (Linnaeus) C. Hoek.

# PHAEOPHYCEAE

## FUCALES

### Il genere *Cystoseira*

Nel genere *Cystoseira* il tallo è costituito da un disco basale, da uno o più cauloidi e dalle ramificazioni laterali. In alcune specie (**non cespitose**) l'unico caulotide è fissato al substrato tramite un disco basale a contorno arrotondato (*C. barbata*) o da proliferazioni apteroidi che si irradiano dalla base del caulotide e che possono risultare indipendenti o più o meno saldate fra loro (*C. mediterranea*). In altre specie (**cespitose**) da uno stesso disco basale si dipartono più cauloidi (*C. crinita*, *C. amentacea* v. *stricta*, *C. foeniculacea*) in seguito ad un accrescimento simpodiale dell'asse della plantula. Il caulotide si presenta di solito come un asse cilindrico, per lo più semplice o talvolta ramificato; in alcuni casi (*C. barbata*, *C. crinita*) il suo apice sopravanza nettamente il livello di inserzione delle ramificazioni primarie (**apice prominente**), mentre in altre specie l'apice è come racchiuso tra le porzioni basali delle ramificazioni primarie che si inseriscono nella zona immediatamente sottostante (*C. brachycarpa*) per cui risulta appena visibile (**apice non prominente**). Un ulteriore carattere relativo all'apice è l'eventuale presenza/assenza sulla sua superficie di processi spinosi (**apice spinoso o liscio**). Le dimensioni di solito cospicue dei talli sono conseguenti all'attività di cellule meristematiche presenti all'apice del caulotide e di tutte le ramificazioni laterali ma in queste alghe, oltre all'accrescimento apicale, si realizza anche un accrescimento in spessore del tallo determinato da un meristoderma superficiale le cui cellule vanno incontro a divisioni periclinali ed anticlinali. Spesso comunque il caulotide mostra un accrescimento limitato ed è lungamente sopravanzato dalle ramificazioni primarie i cui primordi si inseriscono con un andamento spiralato immediatamente al di sotto o in prossimità dell'apice; con la formazione di nuove ramificazioni primarie quelle più vecchie raggiungono il loro completo sviluppo e progressivamente vengono eliminate per cui sul caulotide si osservano cicatrici di rami ormai caduti o piccoli monconi che, in alcune specie, possono dare origine a nuove ramificazioni avventizie. Le ramificazioni primarie possono risultare sia cilindriche che parzialmente o totalmente appiattite e talvolta provviste di una sorta di nervatura mediana; il loro accrescimento è continuo ma, come già accennato, all'inizio della stagione sfavorevole vengono in parte eliminate. Nelle specie tofulifere il loro sviluppo si realizza in due tappe: inizialmente compare una protuberanza rigonfia, liscia o spinosa e delle dimensioni di una piccola oliva (**tofulo**), che col tempo assumerà il significato di struttura di riserva; successivamente, dopo un periodo di quiescenza, all'apice del tofulo prenderà origine la ramificazione vera e propria. Quest'ultime sono caduche ma, al pari del caulotide, anche i tofuli sono perennanti ed al momento della ripresa dell'attività vegetativa riformeranno nuove ramificazioni primarie che quindi vengono completamente rinnovate anno dopo anno. Le ramificazioni secondarie, come pure quelle di ordine superiore, mostrano di solito uno sviluppo acropeto e si inseriscono secondo una spirale nel caso di assi cilindrici o subcilindrici ed in modo alterno e distico quando gli assi risultano appiattiti. In molte specie sia le ramificazioni primarie che quelle di ordine superiore sono provviste di **processi spinosi** sparsi o più o meno addensati, di forma e dimensioni quanto mai variabili. Dal punto di vista ontogenetico sono ramificazioni di ordine superiore ad accrescimento limitato che comunque, al pari dei ramuli di ultimo ordine, possono presentare cripte pilifere e strutture riproduttive. A parte qualche rara eccezione tutte le specie del genere *Cystoseira* presentano **cripte pilifere** sulle ramificazioni laterali. Di origine epidermica, a maturità appaiono come piccole cavità che si affondano nella zona corticale dell'alga e che comunicano con l'esterno tramite un piccolo ostiolo dal quale fuoriesce un ciuffo di peli non pigmentati. Di solito l'ostiolo è situato a livello della superficie ma in alcune specie (*C. humilis*) il bordo dell'ostiolo si solleva per cui la cripta assume l'aspetto di una piccola pustola prominente (**cripte pilifere pedicellate**). Quanto mai variabile è viceversa la presenza/assenza come pure la

frequenza e le dimensioni delle **aerocisti** o vescicole gassose, in pratica cavità che si formano nello spessore del tallo e che contengono gas, il cui ruolo è chiaramente quello di facilitare il galleggiamento. La loro eventuale formazione, il loro numero ed il loro successivo sviluppo dimensionale sono comunque caratteri spesso correlati con le condizioni ambientali e con la fenologia delle singole specie.

In *Cystoseira*, come del resto in tutti gli altri generi appartenenti all'ordine delle Fucales, le strutture riproduttive sono protette ed alloggiate in **concettacoli** che, come le cripte pilifere, sono cavità della zona corticale comunicanti con l'esterno tramite un ostiolo. I concettacoli compaiono di solito sui ramuli di ultimo ordine (**posizione assiale**) o alla base di processi spinosi fertili nelle specie che ne sono provviste (**posizione basale**); raramente appaiono isolati e più spesso sono raggruppati in aree fertili, definite con il termine di **ricettacoli** e situate di solito agli apici delle ultime ramificazioni o talvolta anche in posizione intercalare. Nel caso di ricettacoli assiali, a maturità, essi assumono di solito una forma affusolata o fusiforme e possono risultare semplici, biforcati o anche variamente ramificati, mentre nelle specie provviste di processi spinosi fertili la cavità del concettacolo può occupare solo la porzione basale del processo spinoso o interessare anche parte dell'asse su cui è inserito. Sempre in riferimento ai concettacoli basali in alcune specie i processi spinosi fertili sono dispersi lungo i ramuli, mentre in altre risultano molto ravvicinati o anche concrescenti per cui il ricettacolo assume un aspetto compatto, con un diametro superiore rispetto alla porzione sterile sottostante e con spine laterali che rappresentano le estremità sterili dei processi spinosi. Nella maggior parte delle specie di questo genere i concettacoli sono per lo più ermafroditi con le strutture femminili (**oogoni**) alloggiate nel pavimento del concettacolo mentre le strutture maschili (**anteridi**) si sviluppano su parafisi ramificate inserite sulle pareti laterali.

### Riferimenti bibliografici

Amico V., Giaccone G., Colombo P., Colonna P., Mannino A. M. & Randazzo R., 1985 – Un nuovo approccio allo studio della sistematica del genere *Cystoseira* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 18(326): 887-986.

Cormaci M., 1993 – Struttura e periodismo dei popolamenti a *Cystoseira* (Fucophyceae, Fucales) del Mediterraneo. Giorn. Bot. Ital., 129(1): 357-366.

Giaccone G. & Bruni A., 1973 – Le Cistoseire e la vegetazione sommersa del Mediterraneo. Atti Ist. Ven. Sci. Lett. Arti, 131: 59-103.

Gómez-Garreta A. (ed.). 2000 – Flora Phycologica Iberica. Vol. 1. Fucales. Servicio de Publicaciones. Universidad de Murcia. 192 pp.

## CHIAVE ANALITICA

1-Tallo non cespitoso .....	2
1- Tallo cespitoso .....	5
2- Tofuli assenti .....	3
2- Tofuli presenti e chiaramente spinosi .....	4
3- Ramificazioni laterali prive di processi spinosi. Apice del cauloide prominente e liscio. Ricettacoli fusiformi .....	C.
barbata	
3- Ramificazioni laterali provviste di processi spinosi. Apice del cauloide non prominente. Ricettacoli compatti e spinosi.....	C.
mediterranea	
4- Ricettacoli esclusivamente apicali. Ramificazioni laterali sempre cilindriche e con processi spinosi non molto addensati .....	C.
elegans	
4- Ricettacoli inizialmente diffusi con concettacoli situati alla base dei processi spinosi sulle ramificazioni di 1° e 2° ordine; concettacoli riuniti in ricettacoli apicali nelle ramificazioni di ordine superiore. Ramificazioni primarie e secondarie cilindriche o appiattite all'estremità distale .....	C. spinosa
5- Ramificazioni provviste di abbondanti processi spinosi .....	6
5- Ramificazioni prive di processi spinosi o, se presenti, limitati alle porzioni apicali .....	7
6- Ricettacoli compatti. Talli di altezza cospicua (fino a 50 cm) .....	C. amentacea var. stricta
6- Ricettacoli non molto compatti (i concettacoli sono localizzati alla base dei processi spinosi). Talli non molto sviluppati in altezza (10-20 cm) .....	C. brachycarpa
7- Cauloide provvisto di processi spinosi .....	C.
foeniculacea	
7- Cauloide liscio o con cicatrici ma privo di processi spinosi .....	8
8- Presenza di ramificazioni avventizie. Apice del cauloide spinoso .....	C. crinita
8- Ramificazioni avventizie assenti. Apice del cauloide liscio .....	9
9- Ramificazioni primarie e talvolta anche le secondarie appiattite (almeno nella porzione inferiore). Ramificazioni secondarie prossimali distiche. Aerocisti lunghe (fino a 8 mm) e talvolta disposte in serie .....	C. compressa
9- Ramificazioni primarie cilindriche o leggermente compresse nella sola porzione basale. Ramificazioni secondarie non distiche. Aerocisti, se presenti, lunghe 2-4 cm .....	C. humilis

## ***Cystoseira amentacea* (C. Agardh) Bory v. *stricta* Montagne**

Tallo nettamente cespitoso, con fronde che mostrano una evidente iridescenza verdastra, fornito di una robusta ed estesa porzione basale costituita da assi prostrati stoloniferi, saldati fra loro e collegati al substrato tramite formazioni apteroidi, che non di rado confluiscono e si collegano con la porzione basale di talli contigui. Gli assi principali, addensati e privi di tofuli, cilindrici e con apice spinoso non prominente, sono alti 5-10(15) cm ed originano ramificazioni primarie, sempre cilindriche, che a maturità raggiungono una altezza di 40-50 cm. Sulle ramificazioni primarie, a partire da una certa distanza dalla base, si inseriscono ramificazioni secondarie relativamente poco sviluppate e di lunghezza progressivamente decrescente che complessivamente conferiscono alla singola fronda un contorno piramidale o lanceolato. Abbondanti processi spiniformi, semplici o bifidi, sono distribuiti sia sulle ramificazioni primarie che su quelle di ordine superiore mentre la presenza di aerocisti è stata osservata solo occasionalmente. I ricettacoli compatti, con concettacoli addensati e sparsi processi spiniformi, si sviluppano all'apice dei ramuli di ultimo ordine; la loro lunghezza oscilla da pochi millimetri fino a circa 2 cm mentre il diametro è di solito superiore a quello dell'asse sterile che lo sorregge. I talli fertili si osservano a partire dal periodo primaverile fino ad autunno inoltrato.

### **Ecologia**

Tipica della frangia infralitorale e dei primi metri del piano infralitorale dove è in grado di formare estesi e compatti popolamenti in ambienti interessati da un accentuato idrodinamismo pluridirezionale.

### **Riferimenti bibliografici**

Di Dio V., Di Martino V. e Giaccone G., 1997 – La vegetazione a *Cystoseira amentacea* Bory v. *stricta* Montagne (Fucophyceae, Fucales) di Capo S. Alessio (ME). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 30(353): 205-223.

Pizzuto F., Presti C. e Serio D., 1995 – Struttura e periodismo di un popolamento a *Cystoseira amentacea* Bory v. *stricta* Montagne (Fucales, Fucophyceae) del litorale catanese. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 28(349): 23-43.





Fig. 1 - Popolamento a *Cystoseira amentacea* var. *stricta*

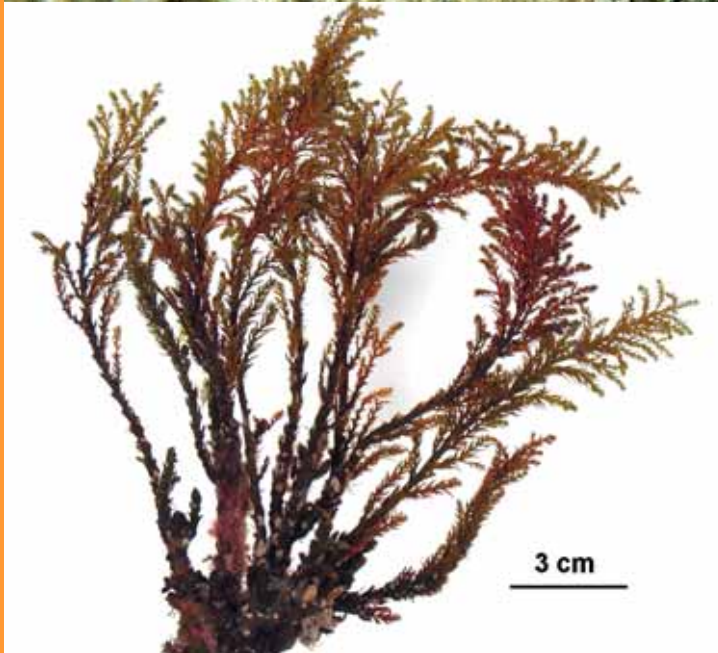


Fig. 2 - *Cystoseira amentacea* var. *stricta*:  
habitus



Fig. 3 - *Cystoseira amentacea* var. *striata*:  
porzioni apicali del tallo

### **Cystoseira barbata (Stackhouse) C. Agardh**

Tallo non cespitoso, privo di tofuli e di processi spinosi, con cauloide cilindrico semplice o lassamente ramificato e talvolta leggermente ricurvo che si diparte da un ristretto disco basale. L'asse nerastro, del diametro di 3-5 mm, in situazioni edafiche ottimali può raggiungere una altezza di oltre 50 cm e presenta un apice liscio e prominente contornato da ramificazioni primarie; quest'ultime sono provviste di ulteriori ramificazioni, per lo più filiformi, sulle quali si osservano cripte pilifere ed aerocisti (4-7 x 1-3 mm) isolate o in serie. In seguito alla caduta delle ramificazioni primarie sul cauloide persistono monconi leggermente ispessiti in grado di originare ramificazioni avventizie che comunque mostrano dimensioni complessivamente inferiori rispetto alle ramificazioni normali e che risultano abbondanti soprattutto nel periodo primavera-estate. Sui ramuli di ultimo ordine i numerosi ricettacoli, lisci e brevemente pedicellati, a maturità possono raggiungere una lunghezza di circa 2 cm e mostrano un profilo lungamente affusolato risultando spesso provvisti di una sorta di mucrone apicale.

#### **Ecologia**

Bassifondi ben illuminati e riparati dal moto ondoso. In ambienti francamente lagunari *C. barbata* è spesso presente con una forma liberamente natante (f. *repens* Zinova et Kalugina) che si caratterizza per il tallo privo di una precisa polarità e per le abbondanti vescicole gassose disposte in serie.







## **Cystoseira brachycarpa J. Agardh emend. Giaccone**

Tra le varietà attribuite a questa specie la più diffusa nei biotopi ben illuminati dell'orizzonte alto dell'infralitorale superiore risulta *C. brachycarpa* var. *balearica* (Sauvageau) Giaccone. Il tallo cespitoso raggiunge una altezza di 20-25 cm e si collega al substrato tramite formazioni apteroidi riunite a formare una zona basale non molto compatta da cui si dipartono numerosi cauloidi alti 3-6(10) cm. I cauloidi sono privi di tofuli ma appaiono di solito nodulosi per la presenza di monconi derivanti dalla caduta delle vecchie ramificazioni primarie ed i loro apici lisci risultano scarsamente prominenti essendo contornati da ramificazioni primarie in diverso stadio di sviluppo che si inseriscono a partire dalla zona subapicale. Le ramificazioni primarie cilindriche mostrano abbondanti processi spinosi nella porzione basale e, nelle porzioni più distali, altri processi meno numerosi che si intercalano con le ramificazioni secondarie; anche i rami secondari, al pari di quelli di ordine superiore, sono provvisti di processi spinosi con profilo conico (2-4 x 0,5-1 mm). Sparsi processi spinosi con base molto dilatata si osservano infine sui ricettacoli presenti all'apice delle ultime ramificazioni.

E' comunque opportuno sottolineare che alcuni autori non riconoscono la validità della varietà *balearica*. Osservazioni sulle variazioni morfologiche di *C. brachycarpa*, nel corso di un intero ciclo vegetativo (Pizzuto, 1998) hanno infatti evidenziato che sulle coste siciliane la presenza di processi spinosi sulle ramificazioni laterali è un carattere prettamente stagionale che si manifesta nel periodo primaverile-estivo mentre, al momento della ripresa vegetativa (gennaio-febbraio), i rami risultano lisci e privi di spine.

### **Ecologia**

Colonizza i livelli superiori del piano infralitorale dove è in grado di formare estesi e densi popolamenti in ambienti ben illuminati, soggetti ad un moderato idrodinamismo.

### **Riferimenti bibliografici**

Ballesteros E., 1990 – Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean. *Scient. Mar.*, 54(2): 155-168.

Gómez Garreta A., Rull J., Ribera M. A. & Barceló M. C., 1987 – Aportación al conocimiento de la comunidad de *Cystoseira caespitosa* en el Cabo de Creus (Gerona). *Act. VI Simp. Nac. Bot. Cript.*, 43-56.

Hoffmann L., Renard R. & Demoulin V., 1992 – Phenology, growth and biomass of *Cystoseira balearica* in Calvi (Corsica). *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 80: 249-254.

Pizzuto F., 1998 – Fenologia morfologica e riproduttiva di *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh emend. Giaccone (Fucales, Fucophyceae) del litorale catanese (Sicilia orientale). *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.* 30(353) 137-148.

Pizzuto F., 1999 – On the structure, typology and periodism of a *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh emend Giaccone community and of a *Cystoseira crinita* Duby community from the eastern coast of Sicily (Mediterranean Sea). *Plant Biosystems*, 133(1): 15-35.



Fig. 8 - *Cystoseira brachycarpa* var. *balearica*: dettaglio dei ricettacoli



Fig. 9 - *Cystoseira brachycarpa* var. *balearica*: apice di un cauloide



Fig. 10 - *Cystoseira brachycarpa* var. *balearica*: dettaglio dei ricettacoli



Fig. 11 - *Cystoseira brachycarpa* var. *brachycarpa*: habitus.



## ***Cystoseira compressa* (Esper) Gerloff *et* Nizamuddin**

Tallo cespitoso, privo di tofuli e di processi spinosi, di aspetto e dimensioni variabili in relazione al periodo vegetativo, al livello batimetrico occupato ed alla maggiore o minore esposizione al moto ondoso. Nelle stazioni riparate, dove di solito compare con individui isolati che raggiungono cospicue dimensioni (bassifondi in prossimità di ambienti portuali, pozze infralitorali abbastanza profonde), il tallo può raggiungere una altezza di oltre 60 cm e presenta una porzione basale discoide ristretta da cui si diparte un numero limitato di assi eretti cilindrici, o talvolta compressi lateralmente, alti 1-3(10) cm e con apici lisci. Le ramificazioni primarie, che a maturità sopravanzano lungamente i cauloidi, nelle porzioni prossimali risultano appiattite e fornite di rami secondari alterni e distici anch'essi appiattiti; procedendo verso l'apice esse divengono progressivamente cilindriche e provviste di ramificazioni secondarie inserite radialmente, divaricate ed a loro volta riccamente ramificate. Cripte pilifere e voluminose aerocisti (3-8 x 1-2 mm) si osservano sia sulle ramificazioni secondarie che su quelle di ordine superiore. I ricettacoli, semplici o bifidi e con apice smussato, si sviluppano all'apice dei ramuli di ultimo ordine e risultano spesso rigonfi per la presenza di una aerociste.

Nelle stazioni esposte al moto ondoso il tallo mostra dimensioni minori ed assume un aspetto compatto ed addensato con fronde erette robuste ma di altezza limitata e per lo più prive di aerocisti.

### **Ecologia**

Ambienti superficiali ben illuminati anche moderatamente inquinati. In condizioni edafiche favorevoli può formare popolamenti compatti che risalgono anche a livello della frangia infralitorale.

### **Riferimenti bibliografici**

Gomez Garreta A., Ribera Siguan M. A. & Seoane Camba J. A., 1982 – Estudio fenológico de varia especies del género *Cystoseira* en Mallorca. Collect. Bot., 13(2): 121-128.

Fig. 12 - *Cystoseira compressa*: popolamento frangia infralitorale



Fig. 13 - *Cystoseira compressa*: habitus





Fig. 14 - *Cystoseira compressa*: ricettacoli con oosfere in parte fecondate



Fig. 15 - *Cystoseira compressa*: habitus

## **Cystoseira crinita Duby**

Il tallo cespitoso presenta una porzione basale di assi prostrati stoloniferi, saldati fra loro a formare una struttura discoide o variamente espansa dalla quale prendono origine numerosi assi eretti (fino a 20). Gli assi eretti neri, alti 25-30 cm e del diametro di 3-5 mm, mostrano apici prominenti e spinosi, sono privi di tofuli ma presentano numerose cicatrici determinate dal distacco delle ramificazioni primarie e risultano interessate da fenomeni di desquamazione dello strato corticale. Sulle ramificazioni primarie, cilindriche e con piccoli processi spiniformi nella porzione prossimale, si inseriscono ramificazioni secondarie che diminuiscono progressivamente in lunghezza procedendo verso l'apice per cui la fronda, a maturità, assume un contorno piramidale. Le ramificazioni secondarie e di terzo ordine, sottili e talvolta leggermente intricate per le numerose dicotomie che si sviluppano su piani diversi, mostrano evidenti cripte pilifere e sono di solito prive di appendici spiniformi. Una caratteristica della specie è la presenza di ciuffi di ramificazioni avventizie variamente distribuite sui cauloidi. Le aerocisti sono per lo più assenti o, se presenti, sono localizzate esclusivamente in prossimità dei ricettacoli. I ricettacoli presenti all'apice delle ultime ramificazioni sono compatti, lunghi 2-10 mm, leggermente espansi all'estremità distale (1-1,5 mm) e del tutto privi di spine o talvolta provvisti di sparsi processi spiniformi. La fenologia riproduttiva, che coincide con un picco di attività vegetativa, differisce a seconda della località: a Banyuls (Francia) i talli fertili si osservano nel periodo estivo mentre alle Baleari e nei dintorni di Siracusa i ricettacoli compaiono nei mesi invernali.

### **Ecologia**

Ambienti superficiali ben illuminati, riparati dal moto ondoso o soggetti ad un moderato idrodinamismo.

### **Riferimenti bibliografici**

Gomez Garreta A., Ribera Siguan M. A. & Seoane Camba J. A., 1982 – Estudio fenológico de varias especies del género *Cystoseira* en Mallorca. *Collect. Bot.*, 13(2): 121-128.

Pizzuto F., 1997 – Fenologia morfologica e riproduttiva di *Cystoseira crinita* Duby (Fucales, Fucophyceae) di Isola delle Correnti (Siracusa, Italia). *Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 30(353): 129-136.

Pizzuto F., 1999 – On the structure, typology and periodism of a *Cystoseira brachycarpa* J. Agardh *emend* Giaccone community and of a *Cystoseira crinita* Duby community from the eastern coast of Sicily (Mediterranean Sea). *Plant Biosystems*, 133(1): 15-35.



Fig. 16 - *Cystoseira crinita*: popolamento nei livelli superiori del piano infralitorale  
(foto Marcello Catra)



Fig. 17 - *Cystoseira crinita*: habitus

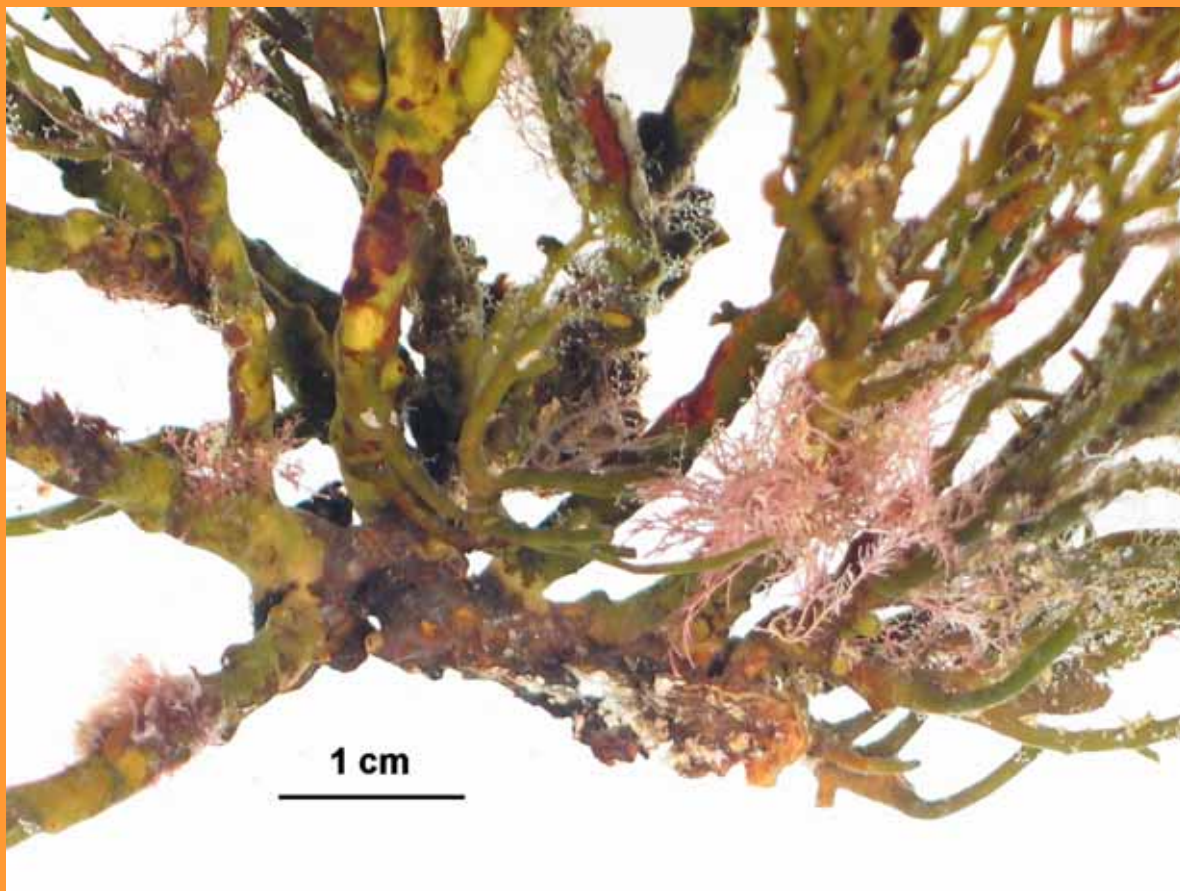


Fig. 18 - *Cystoseira crinita*: aspetto della porzione basale

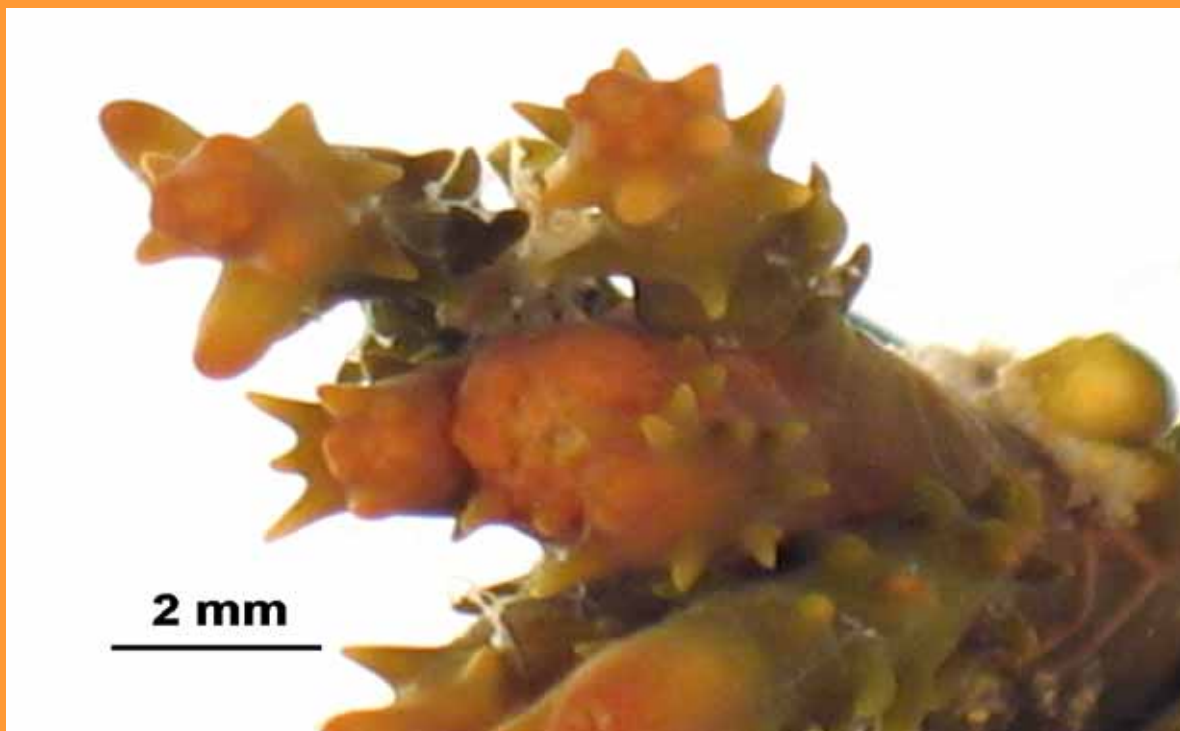


Fig. 19 - *Cystoseira crinita*: dettaglio dell'apice di un cauloid

## **Cystoseira elegans Sauvageau**

Il tallo non cespitoso può raggiungere una altezza di circa 25 cm e l'unico cauloide, collegato al substrato tramite un disco basale del diametro di 1-2 cm, è di solito semplice o lassamente ramificato, alto 2-4(8) cm e provvisto di un apice spinoso non prominente. I tofuli, spinosi, ovoidi e spesso fortemente epifitati, misurano 5-10 x 3-5 mm e da essi si dipartono ramificazioni primarie cilindriche nude alla base e poi provviste di ramificazioni di ordine superiore sulle quali si osservano processi spinosi, talvolta biforcati e lunghi 1-1,5 cm. Cripte pilifere sono distribuite sia sulle ramificazioni laterali che sui processi spinosi e le aerocisti risultano assenti. I singoli concettacoli possono formarsi sia in posizione assiale che basale ed i ricettacoli, lunghi 0,5-3 cm e con profilo moniliforme, risultano terminali e talvolta anche intercalari. *C. elegans*, al pari di altre specie di questo genere, modifica profondamente il proprio habitus durante il riposo vegetativo che coincide con il periodo estivo; in questa fase le fronde vengono progressivamente eliminate per cui i talli si riducono al solo cauloide con i tofuli sui quali permane qualche moncone residuo delle vecchie ramificazioni primarie.

### **Ecologia**

Forma popolamenti omogenei a livello della frangia e nel primo metro del piano infralitorale, in ambienti ben illuminati e non direttamente esposti al moto ondoso. Si ritrova associata ad altre specie di questo genere anche in pozze litorali interessate da una certa sedimentazione.

### **Riferimenti bibliografici**

Gomez Garreta A., Ribera Siguan M. A. & Seoane Camba J. A., 1982 – Estudio fenológico de varias especies del género *Cystoseira* en Mallorca. Collect. Bot., 13(2): 121-128.

Alongi G., Catra M. & Cormaci M., 1998 – Fenologia morfologica e riproduttiva di *Cystoseira elegans* Sauvageau (Cystoseiraceae, Phaeophyta). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 31(354): 189-199.







Fig. 21  
*Cystoseira elegans*:  
dettaglio dei tophi  
(foto di Mario Cormaci)



Fig. 22  
*Cystoseira elegans*:  
porzione apicale del tallo  
con ricettacoli  
(foto di Mario Cormaci)

## **Cystoseira foeniculacea (Linnaeus) Greville**

A questa specie sono attribuite alcune forme che differiscono per l'aspetto delle ramificazioni laterali e per il diverso habitat. La f. *latiramosa* (Ercegović) Gómez Garreta *et al.* si ritrova di solito oltre i 10 m di profondità ed è caratterizzata dal possedere ramificazioni primarie e secondarie fortemente appiattite, provviste di una evidente nervatura mediana e di robusti processi spinosi marginali. La f. *tenuiramosa* (Ercegović) Gómez Garreta *et al.*, a differenza della precedente, colonizza ambienti superficiali non esposti al moto ondoso (baie, piccoli porti) con fondali misti di sabbia e roccia e differisce in quanto presenta ramificazioni primarie cilindriche, con processi spinosi molto addensati, e ramificazioni di ordine superiore filiformi. La f. *schiffneri* (Hamel) Gómez Garreta *et al.* si distribuisce prevalentemente in ambienti semilagunari o francamente lagunari e si distingue da tutte le altre forme per i cauloidi alti fino a 30 cm che si ispessiscono gradualmente e che, a partire da una certa distanza dalla base, sono rivestiti da una sorta di feltro costituito da processi spinosi lunghi e ramificati. Più diffusa e presente sia in ambienti superficiali che in profondità, la f. *foeniculacea* differisce dalle precedenti in quanto sia le ramificazioni primarie che quelle secondarie mostrano un certo dimorfismo e, sullo stesso tallo, possono risultare cilindriche, compresse lateralmente o anche del tutto appiattite. Il tallo cespitoso raggiunge una altezza di 30-40 cm e si collega al substrato tramite un largo disco basale dal contorno irregolare. I cauloidi, alti 10(15) cm ed a sezione circolare (2-5 mm), mostrano un apice non molto prominente con piccole spine, sono privi di tofuli e di solito provvisti di sparsi processi spinosi frammisti a residui delle vecchie ramificazioni primarie. La forma delle ramificazioni primarie risulta variabile dato che sullo stesso tallo, come già accennato, si incontrano rami compressi lateralmente o appiattiti, sui quali si inseriscono rami secondari distici, oppure rami primari cilindrici con abbondanti processi spinosi dai quali si dipartono ramificazioni di ordine superiore ancora a sezione circolare e disposte su piani diversi. Ramificazioni avventizie di aspetto fogliaceo, con evidente nervatura mediana e margini spinosi, possono essere presenti alla base dei cauloidi o delle ramificazioni primarie nel periodo autunno-inverno. Le cripte pilifere risultano pedicellate a livello delle ramificazioni primarie, mentre nelle ramificazioni di ordine superiore appaiono sessili o leggermente infossate. Le aerocisti, assenti nel periodo invernale, misurano 3-4 x 1-1,5 mm. I ricettacoli, semplici o ramificati, sono situati all'apice delle ultime ramificazioni e si inseriscono spesso con il loro pedicello su una aerociste; a maturità assumono un profilo fusiforme e misurano 1-6 x 0,5-1,5 mm.

### **Ecologia**

Presente in un ampio range batimetrico a livello del piano infralitorale; in ambienti riparati dal moto ondoso si ritrova in prossimità della superficie e nelle pozze litorali abbastanza profonde ed in ampia comunicazione con il mare aperto.



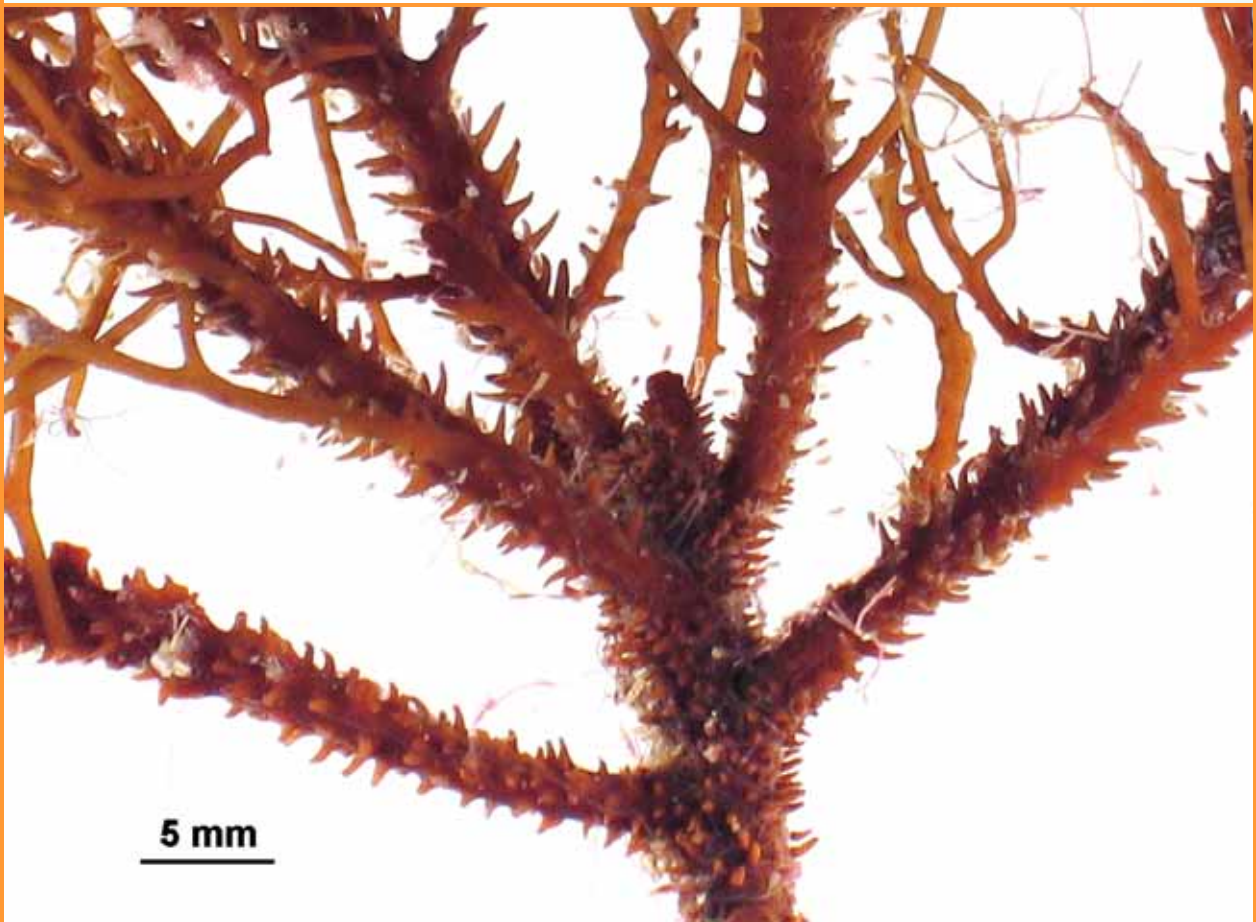


Fig. 24 - *Cystoseira foeniculacea f. foeniculacea*: dettaglio dell'apice di un cauloido

## **Cystoseira humilis Kützing**

Tallo cespitoso, con fronde di colore giallastro che raggiungono una altezza di 5-20 cm, fissato al substrato tramite un disco basale ristretto ma compatto. Gli assi eretti cilindrici, di ridotte dimensioni (1-2 cm), presentano un apice liscio non prominente e sono privi di tofuli. Le ramificazioni primarie, prive di processi spinosi al pari delle ramificazioni di ordine superiore, negli esemplari mediterranei sono appiattite nella porzione basale per divenire poi cilindriche e tipicamente mostrano un contorno piramidale dato che le ramificazioni secondarie decrescono progressivamente in lunghezza procedendo verso l'apice. Le ramificazioni secondarie appaiono filiformi e per lo più risultano semplici o lassamente ramificate. Abbondanti aerocisti, lunghe 1-2(3) cm, sono distribuite sulle ramificazioni laterali mentre le cripte pilifere appaiono prominenti (pedicellate) e risultano frequenti in particolare sulle ramificazioni primarie. I ricettacoli fusiformi (1-3 x 0,5 mm), semplici o bi-triforcati, si formano all'apice delle ultime ramificazioni ed all'estremità delle ramificazioni di secondo ordine.

### **Ecologia**

Diffusa sia nelle pozze litorali abbastanza profonde ed in comunicazione con il mare aperto come pure in ambienti superficiali ben illuminati e riparati dal moto ondoso.

### **Riferimenti bibliografici**

Pardi G., Piazzì L. & Cinelli F., 2000 – Demographic Study of a *Cystoseira humilis* Kützing (Fucales, Cystoseiraceae) Population in the Western Mediterranean. Bot. Mar., 43: 81-86.





## **Cystoseira mediterranea Sauvageau**

Tallo non cespitoso, con fronde iridescenti che raggiungono una altezza di circa 40 cm, fissato al substrato tramite formazioni apteroidi ramificate, parzialmente saldate tra loro o riunite a formare un compatto disco basale. Il cauloide troncoforme, privo di tofuli, misura 5-10(15) cm in altezza e presenta un apice non prominente provvisto di corti e robusti processi spinosi; sulla sua superficie sono visibili cicatrici o corti monconi rugosi e proliferi, derivanti dalla caduta delle ramificazioni primarie. Le ramificazioni primarie, cilindriche e lunghe 20-25 cm, si sviluppano a partire dalla zona basale dell'asse eretto, risultano molto addensate ed a maturità assumono un contorno più o meno piramidale dato che le ramificazioni secondarie si inseriscono regolarmente e diminuiscono progressivamente in lunghezza procedendo verso l'apice. Abbondanti processi spinosi sono presenti in particolare sulle ramificazioni secondarie e su quelle di ordine superiore ma la loro consistenza non è particolarmente rigida per cui, al tatto, le fronde non risultano ruvide. Le aerocisti sono presenti solo occasionalmente, in determinati periodi dell'anno o a seconda dell'area geografica. I ricettacoli, contornati da corti processi spinosi semplici o bifidi e rigonfi alla base, sono localizzati all'apice dei ramuli di ultimo ordine e formano una struttura compatta e tubercolosa, alta 3-10 mm e di diametro superiore a quello dell'asse sterile sottostante.

Sulle coste italiane (Golfo di Napoli e Pantelleria) è segnalata anche la var. *valiantei* Sauvageau per lo più distribuita nei livelli inferiori del piano infralitorale e che si distingue per l'aspetto più cespuglioso, per il cauloide meno sviluppato in altezza e soprattutto per la presenza di emitofuli subcilindrici e spinosi. Altre differenze concernono le ramificazioni primarie più gracili ed i processi spinosi più lunghi (3-8 mm).

### **Ecologia**

Ambienti superficiali ben illuminati e soggetti ad un moderato idrodinamismo pluridirezionale.

### **Riferimenti bibliografici**

Rull J. & Gomez A., 1990 – Estudio de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* en dos localidades de la península del cabo de Creus (Alt Emporda, Nordeste de España). *Collectanea Botanica*, 18: 5-19.





Fig. 25 - *Cystoseira mediterranea*: popolamento



Fig. 26 - *Cystoseira mediterranea*: habitus





Fig. 27 - *Cystoseira mediterranea*: porzione basale del tallo



Fig. 28 - *Cystoseira mediterranea*: dettaglio delle ultime ramificazioni con ricettacoli apicali

## **Cystoseira spinosa Sauvageau**

Tallo non cespitoso con cauloide troncoforme, alto fino a 30 cm e del diametro di 3-6 mm, fissato al substrato tramite un robusto disco basale e con apice non prominente provvisto di spine. Dai tofuli spinosi, oblungi (6-12 x 3-5 mm) e fortemente addensati in serie sovrapposte, si dipartono ramificazioni primarie dapprima cilindriche e poi a sezione triangolare o compresse lateralmente ed in tal caso percorse da una evanescente nervatura mediana. Le ramificazioni secondarie sono simili alle primarie o anche completamente appiattite e comunque scarsamente ramificate. Sia sulle ramificazioni primarie che su quelle di ordine superiore si osservano processi spinosi subtriangolari la cui base misura 0,5-1 mm e che, al pari delle ramificazioni, sono provvisti di cripte pilifere. Le aerocisti risultano assenti. I concettacoli compaiono nel periodo primavera-estate alla base dei processi spinosi, dapprima dispersi e presenti anche sulle ramificazioni primarie, successivamente raggruppati in ricettacoli all'apice delle ultime ramificazioni.

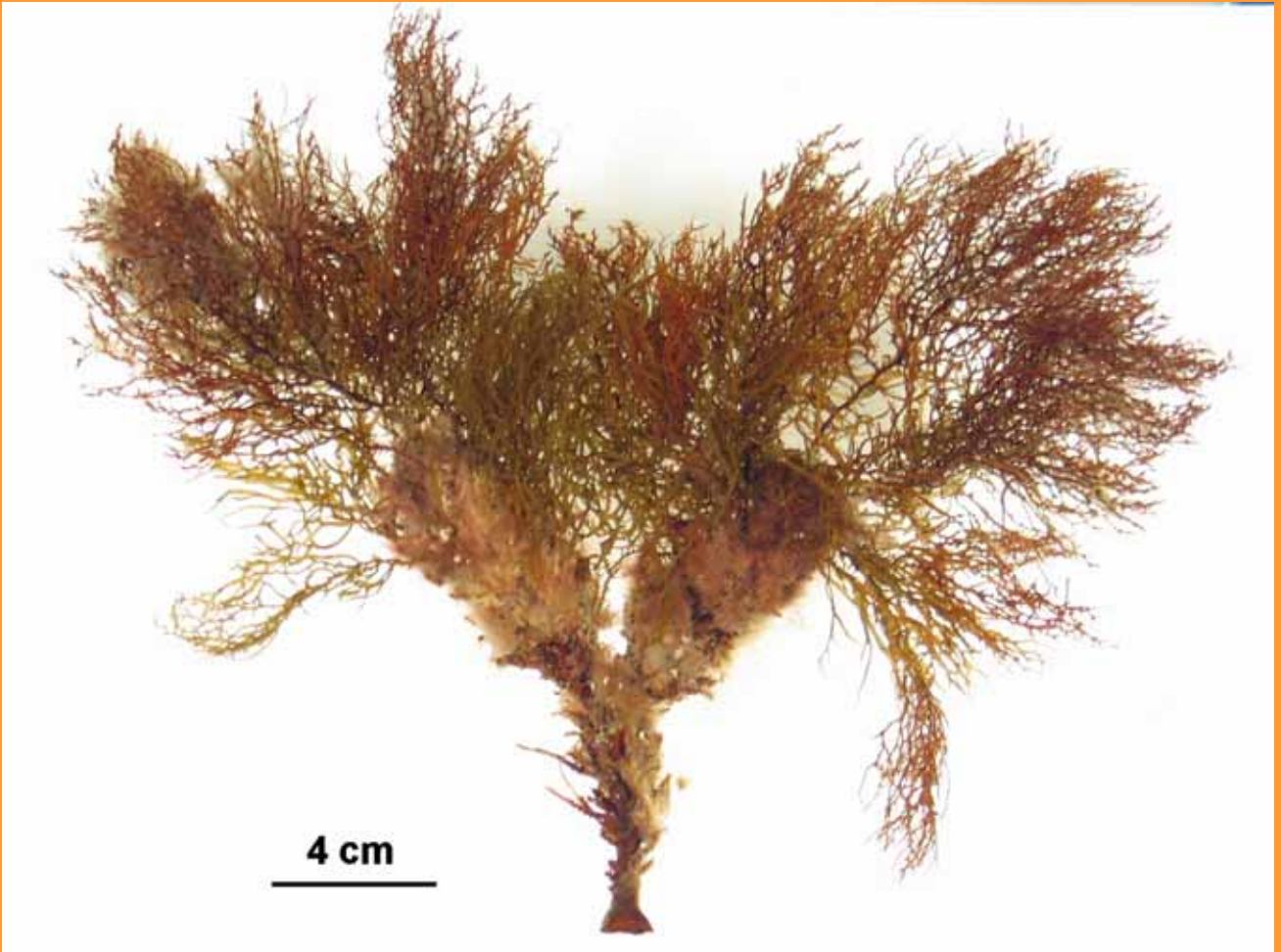
*C. spinosa*, oltre all'autonimo v. *spinosa*, comprende altre due varietà: v. *compressa* (Ercegović) Cormaci *et al.* e var. *tenuior* (Ercegović) Cormaci *et al.* Nella v. *compressa* sia le ramificazioni primarie che quelle secondarie risultano completamente appiattite, larghe 1-2 mm (1-1,5 mm nella v. *spinosa*) e provviste di una evidente nervatura mediana; sparsi processi spinosi marginali, anch'essi appiattiti, possono poi essere presenti nella porzione apicale delle ramificazioni secondarie. Nei talli fertili i concettacoli non sono raggruppati in ricettacoli ma si distribuiscono ai due lati della nervatura mediana. La var. *tenuior* differisce per le dimensioni ridotte del cauloide e delle ramificazioni primarie e per le ramificazioni secondarie fortemente addensate.

Ecologia – Sia la var. *spinosa* che la var. *compressa* mostrano uno sviluppo ottimale nei livelli inferiori del piano infralitorale e nel piano circalitorale; comunque individui isolati della var. *spinosa* possono anche risalire in ambienti superficiali per lo più colonizzati dalla var. *tenuior*.

### **Riferimenti bibliografici**

Serio D., 1994 – On the structure, typology and periodism of *Cystoseira spinosa* Sauvageau community and *Cystoseira zosteroides* C. Agardh community from eastern coast of Sicily (Mediterranean sea) Gorn. Bot. Ital., 128: 941-973.

Serio D., 1995 – Fenologia morfologica e riproduttiva di *Cystoseira spinosa* v. *compressa* (Ercegović) Cormaci *et al.* (Fucales, Fucophyceae). Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat., 28(349): 5-22.





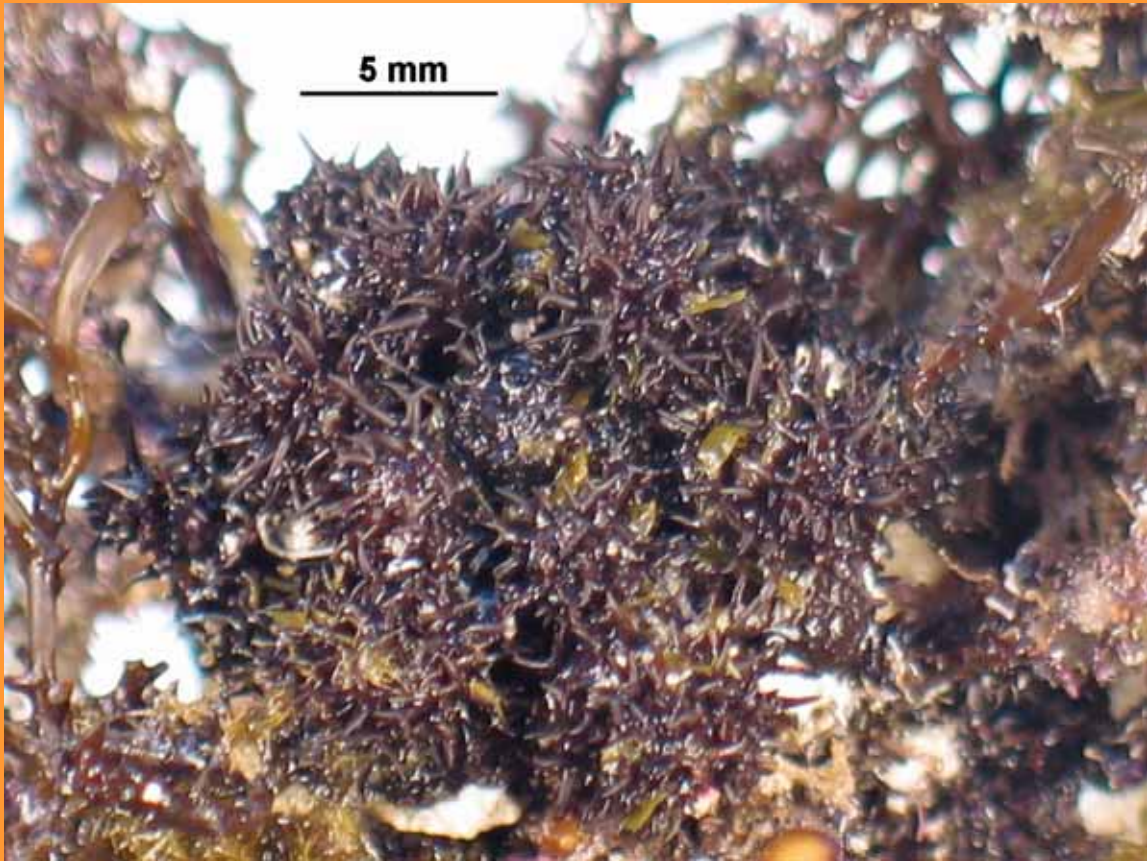


Fig. 30 - *Cystoseira spinosa*: dettaglio dei tophi spinosi



Fig. 31 - *Cystoseira spinosa*: apice del cauloide contornato da tophi



Fig. 32 - *Cystoseira spinosa*: ramificazioni di ultimo ordine con processi spinosi e ricettacoli apicali



## DICTYOTALES

In ambienti tropicali e subtropicali le numerose specie appartenenti a questo ordine di alghe brune costituiscono un elemento cospicuo e talvolta dominante della vegetazione algale bentonica ma alcuni generi risultano presenti anche nei mari temperati dove appaiono largamente rappresentati nell'ambito dei popolamenti fotofili superficiali. Dal punto di vista sistematico questo ordine risulta ben definito e caratterizzato da talli di natura parenchimatica che assumono l'aspetto di fronde appiattite e flabellate, intere o più o meno incise, o di fronde nastriformi regolarmente o irregolarmente ramificate. Lo sviluppo dimensionale è assicurato da una (*Dictyota*) o più cellule apicali in grado di dividersi attivamente e, nel caso di più cellule, esse sono riunite in piccoli gruppi all'apice delle ramificazioni (*Dictyopteris*) o vanno a formare una fila marginale nei talli flabelliformi (*Padina*, *Lobophora*). Un ulteriore carattere è la presenza alla superficie del tallo di veri peli, ovvero di peli non pigmentati e provvisti di una zona meristemica basale che prendono origine dalle cellule corticali; in alcuni generi (*Dictyota*, *Dictyopteris*) sono riuniti a formare ciuffi variamente distribuiti, in altri (*Padina*) formano regolari file concentriche equamente distanziate, in altri ancora appaiono come striature disposte a zigzag (*Taonia*).

Il ciclo biologico prevede l'alternanza di due generazioni isomorfe nel senso che, nel caso di talli sterili, è praticamente impossibile distinguere la generazione aploide del gametofito da quella diploide dello sporofito. La gamia è sempre una oogamia ed i gametofiti sono per lo più dioici con un gametofito femminile sul quale si osservano sori di oogoni ovoidi ed un gametofito maschile sul quale maturano sori di spermatocisti, di solito circondati da parafisi sterili. Le sporocisti presenti sullo sporofito possono essere anch'esse riunite in sori o isolate e sparse sulla superficie del tallo ed al loro interno, in seguito ad un processo meiotico, si formano solo 4 meiospore immobili (8 in *Lobophora* e *Zonaria*). Occorre tuttavia sottolineare che nelle popolazioni di Dictyotales raramente sono presenti gametofiti fertili; di solito si rileva una netta preponderanza della generazione sporofitica e questo squilibrio tra le due generazioni è probabilmente dovuto a fenomeni apomeiotici nelle sporocisti o forse al fatto che le plantule della generazione diploide mostrano una maggiore capacità di adattamento ai diversi stress ambientali rispetto alle plantule aploidi dei gametofiti.

### **Dictyota dichotoma (Hudson) J. V. Lamouroux var. dichotoma**

Fronde nastriformi di colore bruno-verdastro e talvolta iridescenti, alte 5-15 cm e larghe (2)3-7(10) mm, fissate al substrato tramite un feltro costituito da un intreccio di rizoidi e proliferazioni basali. Caratteristica della specie è la ramificazione dicotoma, che si manifesta ad intervalli abbastanza regolari e si sviluppa su di un solo piano, ed anche la larghezza più o meno uniforme delle fronde che rimane praticamente inalterata dalla base all'apice malgrado le numerose dicotomie. Sull'apice stonato delle ultime ramificazioni è presente una cellula di forma bilenticolare che assicura l'accrescimento del tallo; le sue derivate, oltre a dividersi in senso trasversale e longitudinale, subiscono anche divisioni tangenziali per cui la fronda assume immediatamente una struttura parenchimatica. In visione superficiale le cellule corticali, regolarmente disposte in file longitudinali, mostrano un contorno rettangolare e misurano 16-20 x 20-50 µm mentre in sezione trasversale, sia nella porzione basale che nelle porzioni subapicali, si osserva un solo strato di voluminose cellule midollari ialine delimitato ai due lati da uno strato di piccole cellule corticali provviste di abbondanti plastidi discoidi. *Dictyota dichotoma* è una specie dioica: i gametofiti maschili presentano spermatocisti riunite in sori oblunghi delimitati da parafisi unicellulari e disposte su ambedue le superfici come del resto gli oogoni presenti sul gametofito femminile, provvisti di una cellula di supporto ed anch'essi riuniti a gruppi di 25-50 in sori oblunghi. Nella generazione sporofitica le sporocisti, che a maturità assumono una forma sferica ed hanno un diametro di 100-150 µm, sono viceversa isolate o riunite a piccoli gruppi sparsi su tutta la superficie della fronda ad eccezione della zona marginale.

Lungo l'intero perimetro costiero peninsulare ed insulare, insieme alla var. *dichotoma*, risulta altrettanto diffusa la var. *intricata* (C. Agardh) Greville caratterizzata da fronde che nelle porzioni distali divengono progressivamente più ristrette, quasi lineari e talvolta spiralate, con dicotomie apicali e subapicali ravvicinate e fortemente divaricate per cui le ultime ramificazioni assumono spesso l'aspetto di una massa intricata.

#### **Ecologia**

La var. *intricata* è di solito abbondante nelle pozze di scogliera più profonde in comunicazione con il mare aperto ed in ambienti superficiali anche moderatamente inquinati; la var. *dichotoma*, al pari della precedente, colonizza prevalentemente i livelli superiori del piano infralitorale ma può spingersi anche in profondità.



Fig. 33 - *Dictyota dichotoma* var. *dichotoma*



Fig. 34 - *Dictyota dichotoma* var. *dichotoma*: habitus



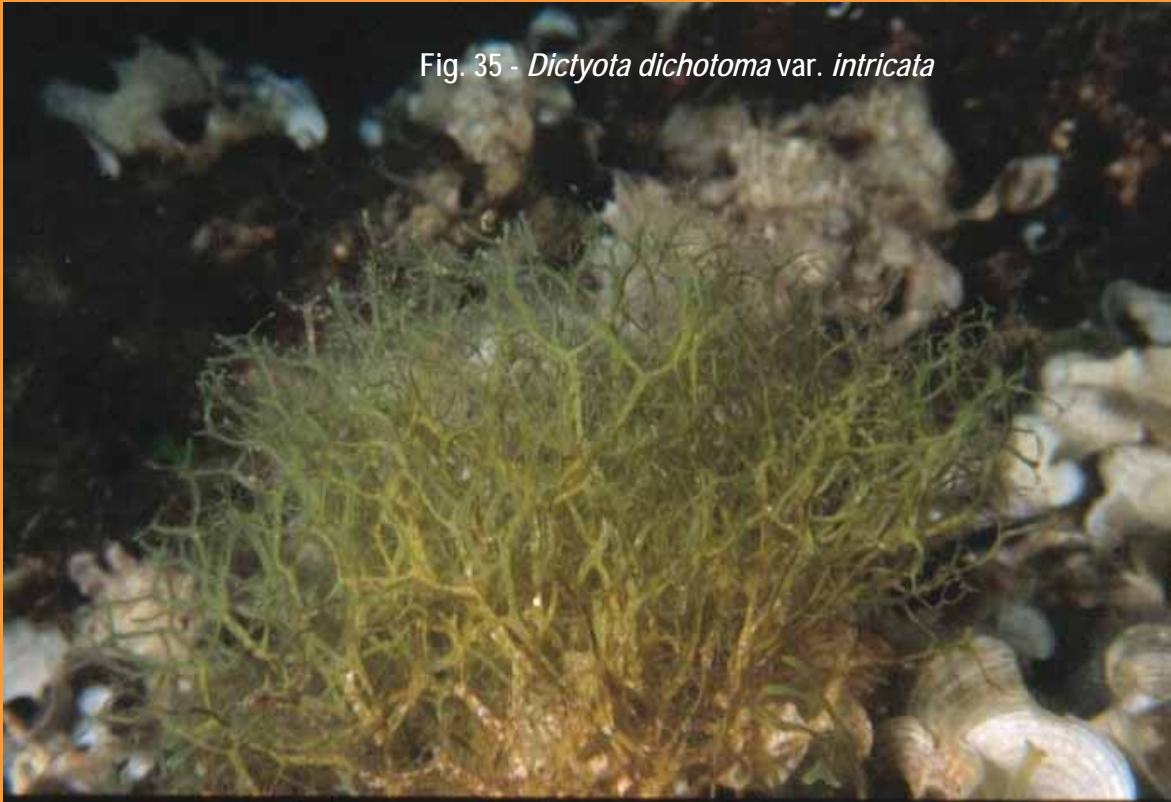


Fig. 36 - *Dictyota dichotoma* var. *intricata*: habitus

### ***Padina pavonica* (Linnaeus) J. V. Lamouroux**

Da un breve stipite cilindrico, fissato al substrato tramite un compatto feltro di rizoidi, si diparte una lamina flabellata ed imbutiforme, intera o più o meno incisa, il cui bordo esterno si avvolge a proteggere la fila di cellule meristematiche situata sul margine della fronda. Una leggera deposizione di carbonato di calcio, che interessa unicamente le pareti tangenziali esterne delle cellule corticali, conferisce un colore biancastro al tallo che, su ambedue le superfici, presenta file concentriche di peli provvisti di una zona meristematica basale. In sezione la fronda risulta costituita da 1(2) strati di voluminose cellule midollari, incolori ed allungate in senso radiale, delimitate su ambedue i lati da uno strato corticale di piccole cellule fortemente pigmentate per la presenza di numerosi plastidi discoidi. Le strutture riproduttive si formano nelle zone comprese tra le linee concentriche di peli; nella generazione sporofitica le sporocisti, isolate o riunite in sori lineari, a maturità hanno un diametro di 90-140  $\mu\text{m}$ , sono fornite di un pedicello unicellulare sterile e protette da un indusio, cioè da una cuticola trasparente che si lacera quando le aplanospore sono mature. Contrariamente alle altre Dictyotales presenti sulle nostre coste, la generazione gametofitica, è monoica e comunque gli individui fertili risultano quanto mai sporadici; gli oogoni, del diametro di circa 50  $\mu\text{m}$ , sono anch'essi disposti in sori lineari tra due file concentriche di peli ma, ad intervalli irregolari, sono interrotti da sori di spermatocisti riunite in file radiali (1-3 file) e l'indusio è assente.

Al pari di altre Dictyotales *Padina pavonica* raramente compare con individui isolati e più spesso forma popolamenti più o meno estesi dato che dalla base del breve stipite si dipartono proliferazioni stolonifere in grado di dare origine a nuovi talli.

#### **Ecologia**

Specie fotofila prevalentemente distribuita in ambienti superficiali, riparati o moderamente esposti al moto ondoso; data la sua ampia valenza ecologica è in grado comunque di colonizzare anche i livelli inferiori del piano infralitorale.



Fig. 1.1 – *Padinia pavonica*



### **Taonia atomaria (Woodward) J. Agardh**

Da un compatto feltro discoide di rizoidi rossastri si diparte una fronda nastriforme, di colore giallastro ed alta 10-20(30) cm, ripetutamente suddivisa in larghe lacinie cuneiformi (f. *atomaria*) o in lacinie più strette, allungate e talvolta spiralate (f. *ciliata* (C. Agardh) Nizamuddin). L'accrescimento del tallo è marginale e le singole lacinie, la cui formazione è conseguente ad una cessazione dell'attività meristemica di una o più cellule apicali, mostrano un apice convesso, evidenti processi spinosi marginali e strie concentriche di peli tipicamente disposti a zigzag. In visione superficiale le cellule corticali, a contorno rettangolare, sono regolarmente disposte in file longitudinali mentre in sezione trasversale la fronda risulta costituita da una zona midollare polistromatica, con 2-5 strati di voluminose cellule ialine ed isodiametriche, delimitata ai due lati da una fila di piccole cellule corticali provviste di numerosi plastidi discoidi. Le strutture riproduttive si formano su ambedue le superfici della fronda, in prossimità delle strie concentriche di peli e comunque, come in altre Dictyotales, raramente si incontrano gametofiti fertili; nella generazione sporofitica le sporocisti, isolate o riunite in piccoli sori, sono prive della cellula sterile di supporto ed a maturità raggiungono un diametro di circa 100 µm.

#### **Ecologia**

Comune in ambienti superficiali ben illuminati e soggetti ad un moderato idrodinamismo



Fig. 38 – *Taonia atomaria*



Fig. 39 – *Taonia atomaria*:

## SPHACELARIALES

Oltre al genere *Sphacelaria* che comprende specie per lo più di ridotte dimensioni, spesso epifite su altre alghe o fanerogame marine, tra i rappresentanti mediterranei di questo ordine figurano alcuni taxa i cui talli raggiungono viceversa dimensioni abbastanza cospicue quali ad esempio: *Halopteris filicina* (Grateloup) Kützing, *Cladostephus spongiosum* (Hudson) C. Agardh f. *verticillatum* (Lightfoot) Prud'Homme van Reine e *Stypocaulon scoparium* (Linnaeus) Kützing. Caratteristica condivisa è la presenza sugli assi ad accrescimento indefinito di una voluminosa cellula apicale ricca di fucosano che, tramite divisioni trasversali, separa alla sua base una serie di articoli (articoli primari) anch'essi capaci di dividersi ulteriormente con divisioni trasversali. Nella maggior parte dei generi attribuiti a questo ordine gli articoli primari, allontanandosi dall'apice, vanno incontro a ripetute divisioni longitudinali per cui da una struttura inizialmente aplostica si passa ad una struttura polistica costituita da assi cilindrici di natura parenchimatosa che possono o meno rivestirsi di uno strato corticale.

Il ciclo biologico è, come nelle Dictyotales, un ciclo digenetico isomorfo nel quale uno sporofito diploide con sporocisti si alterna con una generazione gametofitica aploide; a seconda dei generi i gametofiti possono essere monoici o dioici e con gamia isogama, anisogama o anche oogama.

### **Stypocaulon scoparium (Linnaeus) Kützing**

Talli cespugliosi, alti 5-15 cm e di colore bruno scuro, fissati al substrato tramite una voluminosa massa di rizoidi ramificati ed intrecciati che si originano dalle porzioni basali degli assi eretti. Sugli assi eretti, caulescenti e di aspetto fibroso per i numerosi rizoidi discendenti che vanno a formare una sorta di corticazione, le ramificazioni laterali si inseriscono radialmente ma la loro disposizione risulta quanto mai irregolare per la presenza di numerosi rami avventizi. Le ramificazioni di ordine superiore mostrano una situazione analoga ed un portamento fastigiato mentre i rami di ultimo ordine sono provvisti di ramuli spiniformi alterni e distici. L'accrescimento è apicale e si realizza in seguito alle divisioni di una voluminosa cellula apicale presente all'apice degli assi principali e delle ramificazioni laterali che, tramite setti trasversali, separa alla base una serie di articoli inizialmente aplostici e poi polistici in seguito a ripetute divisioni longitudinali. Le strutture riproduttive, in ambedue le generazioni, si sviluppano all'ascella delle ramificazioni di ultimo ordine. La specie è monoica e nella generazione gametofitica spermatocisti ed oogoni, brevemente pedicellati, sono riuniti insieme a gruppi di 3-5 come le sporocisti della generazione sporofitica, anch'esse provviste di un pedicello sterile e del diametro di 60-80 µm.

#### **Ecologia**

Largamente distribuita in ambienti superficiali ben illuminati e soggetti ad un moderato idrodinamismo. In condizioni di instabilità ambientale, determinate dalla eventuale presenza di sedimento, questa specie perennante risulta competitiva rispetto ad altre specie caratteristiche della comunità a *Cystoseira crinita* di cui fa parte ed è quindi in grado di formare estesi popolamenti su substrati rocciosi orizzontali, suborizzontali e verticali.





Fig. 40 – *Stypocaulon scoparium*



Fig. 41 – *Stypocaulon scoparium*: habitus



Fig. 42 – *Stypocaulon scoparium*: dettaglio di una ramificazione di ultimo ordine con ramuli spiniformi alterni e distici.

# RHODOPHYCEAE

## GELIDIALES

Tra le alghe appartenenti a questo ordine alcune specie, tra cui anche *Pterocladia capillacea*, rivestono una certa importanza dal punto di vista economico in quanto i loro talli carnosi e di consistenza cartilaginea presentano percentuali elevate di agarosio e quindi vengono coltivate o raccolte in popolamenti naturali per l'estrazione di ficocolloidi (agar, carrageenan) largamente utilizzati in diversi settori industriali. I talli, con assi cilindrici o più spesso appiattiti e con ramificazione bi- tripinnata o anche irregolare, sono fissati al substrato tramite un disco basale o per mezzo di assi prostrati talvolta stoloniferi. L'accrescimento è assicurato da una cellula apicale unica di forma bilenticolare, presente sugli assi principali e su tutte le ramificazioni laterali, che in taluni generi risulta prominente mentre in altri è alloggiata nel fondo di una piccola depressione. Le derivate della cellula apicale dividendosi ulteriormente organizzano il tallo carnoso ed in sezione trasversale si osserva una ampia zona midollare di voluminose cellule ialine, delimitata da zona corticale costituita da 2-5 strati di cellule ovoidi, di diametro progressivamente decrescente e disposte in file anticlinali. Nella zona midollare, frammiste alle normali cellule allungate in senso longitudinale, si osservano filamenti rizoidali interni ad accrescimento basipeto (rizine) riconoscibili per la parete fortemente ispessita ed il ridotto lume cellulare; a seconda dei generi le rizine possono risultare sporadiche o del tutto assenti (*Gelidiella*), oppure numerose e localizzate al centro della zona midollare (*Pterocladia*) o alla sua periferia (*Gelidium*). Nel ciclo biologico delle Gelidiales i gametofiti, per lo più dioici, sono morfologicamente simili ai tetrasporofiti e, in ambedue le generazioni, le strutture riproduttive si formano nelle porzioni apicali degli assi principali e delle ramificazioni laterali o su ramuli di ultimo ordine più o meno modificati come spesso accade nel caso delle tetrasporocisti. Nel gametofito femminile le spermatocisti, prodotte dalle cellule corticali più esterne, sono riunite in sori superficiali mentre nel gametofito maschile il cistocarpo, a maturità, può risultare biloculare ed essere provvisto di un ostiolo su ambedue le superfici della fronda fertile (*Gelidium*) oppure uniloculare e con un solo ostiolo (*Pterocladia*). Nella generazione tetrasporofitica le tetrasporocisti, a divisione crociata o crociato-decussata (*Gelidium* e *Pterocladia*) o tetraedrica (*Gelidiella*) sono anch'esse riunite in sori come le spermatocisti ma, essendo prodotte dalle cellule più interne, sono immerse nella zona corticale e quindi rivestite da cellule sterili.

### **Pterocладиella capillacea (S. G. Gmelin) Santelices et Hommersand**

Talli cespugliosi alti 10-15 cm, di consistenza cartilaginea e di colore rosso scuro talora volgente al giallastro o al verdognolo, fissati al substrato tramite un sistema ben sviluppato di assi stoloniferi cilindrici. Le fronde erette, compresse lateralmente e quasi appiattite, mostrano una ramificazione bi-tripinnata che si sviluppa su di un solo piano a partire da una certa distanza dalla base con ramificazioni laterali che diminuiscono in lunghezza procedendo verso l'apice per cui la singola fronda, nei due terzi superiori, assume un profilo più o meno triangolare. In sezione trasversale la zona corticale risulta costituita da 2-3 strati di piccole cellule ben pigmentate che delimitano una zona midollare al centro della quale si osservano gruppi di filamenti rizoidali (rizine). Le strutture riproduttive sono localizzate nelle porzioni apicali degli assi principali e delle ramificazioni laterali; nel gametofito maschile le spermatocisti formano sori ben delimitati su ambedue le superfici della fronda mentre la formazione del cistocarpo nel gametofito femminile interessa solo una delle due superfici ed a maturità esso appare come una struttura globulare che si apre all'esterno tramite un ostiolo con bordo ispessito. Nel tetrasporofito le tetrasporocisti, a divisione crociata o crociato-decussata, sono immerse nella zona corticale e riunite in sori oblunghi su ramuli talvolta spatulati.

#### **Ecologia**

Comune in ambienti superficiali scarsamente illuminati. *P. capillacea* non compare mai con individui isolati ma forma di solito popolamenti compatti, particolarmente estesi in zone interessate da un notevole apporto di nutrienti e/o di acque dolci.



Fig. 43 – *Pterocladia capillacea* (foto Marcello Catra)

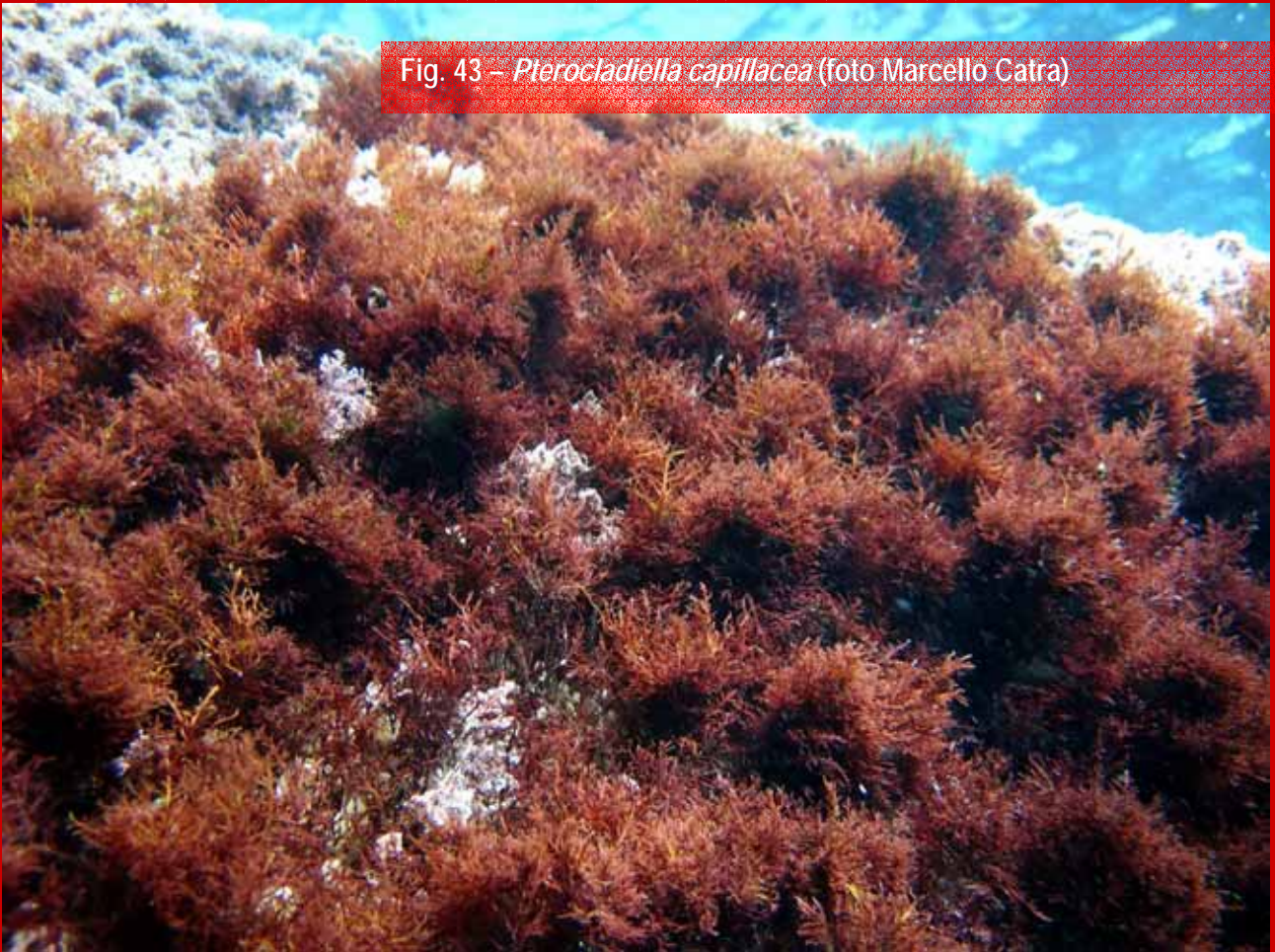




Fig. 44 – *Pterocladia capillacea*.habitus



Fig. 45 – *Pterocladia capillacea*: dettaglio della porzione apicale di un asse eretto



## GIGARTINALES

E' un ordine articolato in un numero quanto mai elevato di famiglie (circa 40) tra cui la famiglia delle Schizymeniaceae che comprende quattro generi, tre dei quali sono presenti in Mediterraneo: *Platoma*, *Predaea* e *Schizymenia*. Nel genere *Schizymenia* il tallo assume di solito l'aspetto di fronde espanse, intere o variamente incise e lobate, che si dipartono da un ristretto disco basale. In sezione trasversale le fronde mostrano una spessa zona midollare filamentosa ed una zona corticale con cellule pigmentate organizzate in file radiali a loro volta riunite in fascicoli; frammiste alle cellule corticali più esterne sono talvolta presenti cellule secretici. Il ciclo biologico, come accade anche in altri generi di Rhodophyceae, comprende generazioni la cui espressione morfologica differisce profondamente. I talli sopra descritti rappresentano infatti la generazione gametofitica, ovvero quella più appariscente ed a sviluppo stagionale, mentre la generazione tetrasporofitica ha l'aspetto di un tallo crostoso perennante, completamente aderente al substrato e del diametro di alcuni cm, inizialmente descritto con il binomio: *Haematocelis rubens*. Prove colturali hanno successivamente evidenziato che queste due diverse espressioni morfologiche sono in realtà fasi diverse di una stessa specie. I gametofiti sono per lo più dioici e sul gametofito maschile le spermatocisti, originate dalle cellule corticali più esterne, sono riunite in sori superficiali; sul gametofito femminile lo sviluppo del carposporofito porta alla formazione di un ammasso di carpospore al confine tra la zona midollare e la zona corticale ed a maturità le carpospore fuoriescono tramite un ostiolo alla cui formazione partecipano filamenti corticali modificati. Nel tallo crostoso del tetrasporofito le tetrasporocisti, a divisione zonata, sono prodotte all'apice di alcuni filamenti eretti e protette dalle porzioni apicali dei filamenti sterili circostanti.

### **Schizymenia dubyi (Chauvin *ex* Duby) J. Agardh**

Fronde laminari, semplici o irregolarmente lobate, intere o più o meno profondamente incise, con margini ampiamente ondulati e di solito non proliferi. Il tallo, viscido al tatto e di colore rosso scuro tendente al rosso giallastro negli esemplari più vecchi, è fissato al substrato tramite un ristretto disco basale, del diametro di qualche mm, dal quale si dipartono uno o più talli di età diversa forniti di un breve stipite che si dilata progressivamente nella fronda laminare alta circa 60 cm negli esemplari più sviluppati. In sezione trasversale la fronda presenta una zona midollare filamentosa, con filamenti variamente intrecciati e del diametro di circa 15  $\mu\text{m}$ , delimitata su ambedue i lati da una spessa zona corticale. Voluminose cellule lassamente aggregate vanno a formare lo strato corticale più interno mentre la zona corticale esterna è costituita da piccole cellule ben pigmentate, disposte in file radiali ed aggregate in fascicoli che si dipartono dalle cellule corticali più interne. Sparse cellule secretici, riconoscibili per le maggiori dimensioni ed il contenuto rifrangente, sono talvolta intercalate lungo le file radiali della zona corticale più esterna.

#### **Ecologia**

Di rado compare con individui isolati, di solito forma estesi popolamenti prossimi alla superficie in stazioni ombreggiate e caratterizzate da apporti di acque dolci ricche di nutrienti. Sulle coste italiane è segnalata nel settore meridionale del Mediterraneo occidentale e nel basso Adriatico.

#### **Riferimenti bibliografici**

André F., 1980 – Observations sur le cycle de développement du *Schizymenia dubyi* (Rhodophycée, Gigartinales) en culture, et remarques sur certains genres de Némastomacées. *Cryptogamie: Algologie*, 1-2: 111-140.



Fig. 46 – *Schizymenia dubyí* (foto Marcello Catra)



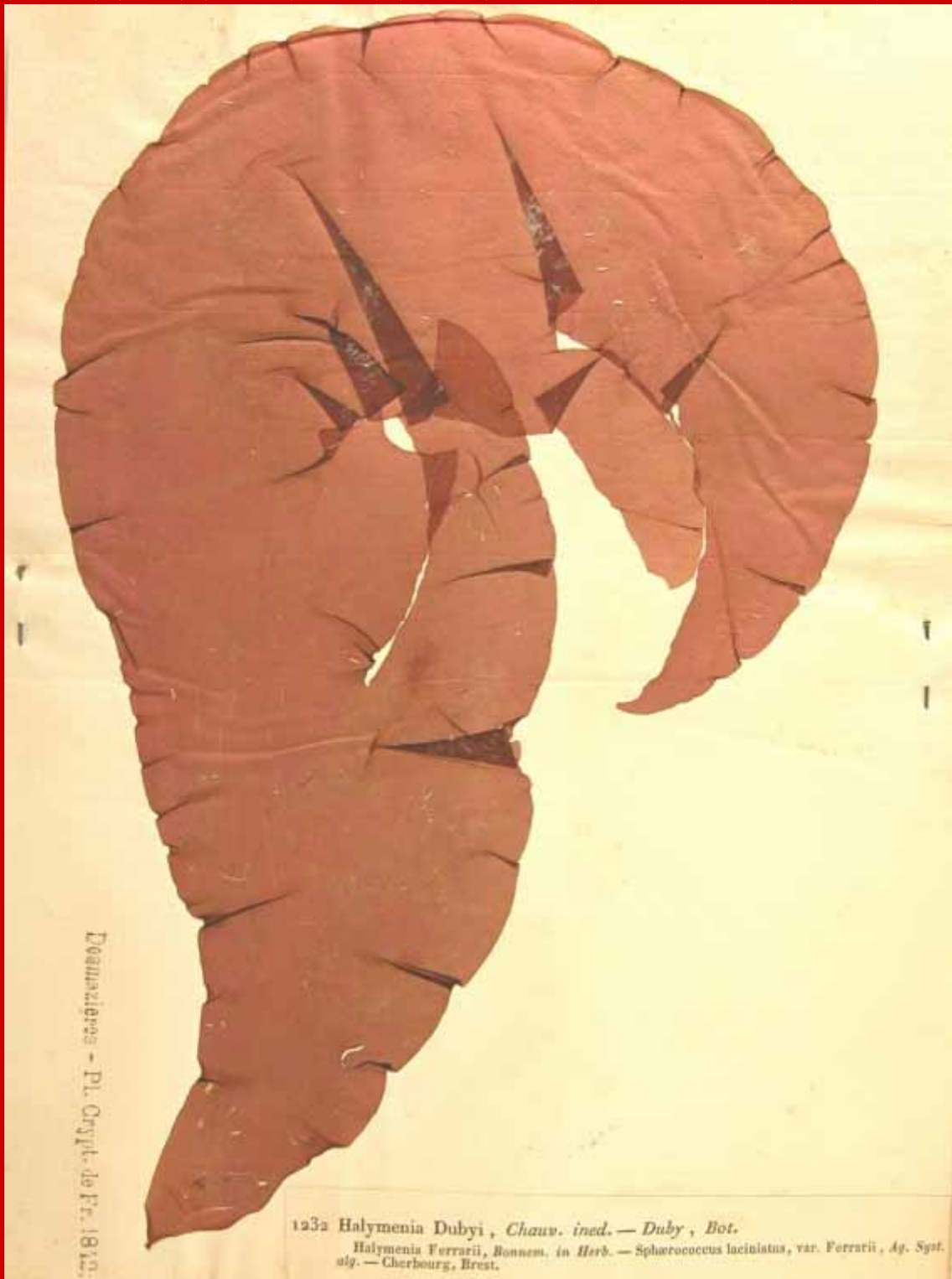


Fig. 47 – *Schizymenia dubyi*: campione d'erbario

## CORALLINALES

Inizialmente considerati come organismi intermedi tra gli animali o le piante (zoofite) o addirittura come organismi intermedi tra i minerali e le piante (litofite), è solo a partire dalla seconda metà del 1800 che queste alghe con pareti cellulari fortemente impregnate di cristalli di carbonato di calcio trovano una loro adeguata collocazione nell'ambito delle Rhodophyta. Tuttavia, pur risultando evidenti le peculiari caratteristiche che rendono questo gruppo facilmente riconoscibile e ben distinto nell'ambito delle alghe rosse, l'ordine delle Corallinales è stato formalmente istituito solo nel 1986. A questo ordine sono oggi attribuiti circa 40 generi che complessivamente esibiscono un ampio spettro di espressioni morfologiche in quanto vi compaiono forme bentoniche e forme pleustofite (rodoliti e mäerl), come pure forme parassite microscopiche che vivono nello spessore della parete o alla superficie di altre alghe. Da un punto di vista puramente morfologico è possibile separare i membri di questo ordine in due gruppi: le forme articolate e le forme non articolate. Al primo gruppo appartengono corallinacee con tallo eretto e variamente ramificato che lungo gli assi presentano zone non calcificate (**genicula** o zone nodali) alternate, con sequenze regolari o irregolari, con zone calcificate (**intergenicula** o zone internodali). Questa condizione conferisce al tallo eretto una certa flessibilità e quindi permette alle corallinacee articolate di colonizzare anche ambienti soggetti ad un intenso idrodinamismo. Alle corallinacee non articolate appartengono viceversa alghe con habitus crostoso in grado di edificare bioconcrezioni, anche di notevoli dimensioni e di elevato valore naturalistico, sia in ambienti superficiali che in profondità.

La calcificazione del tallo ed il fatto di proteggere le proprie strutture riproduttive all'interno di cavità (**concoctacoli**) che comunicano con l'esterno tramite uno o più pori (concoctacoli **uniporati** o **multiporati**) permette di identificare facilmente i membri di questo ordine. Tuttavia la determinazione a livello generico o specifico delle forme non articolate presenta numerosi problemi dato che solo in rari casi è possibile arrivare ad una corretta identificazione basandosi unicamente sulla espressione morfologica e sui caratteri macroscopici

## CORALLINACEE NON ARTICOLATE

### **Lithophyllum byssoides (Lamarck) Foslie**

I talli adulti si presentano in forma di cuscini emisferici calcificati, di colore rosa-violaceo o grigiastro, la cui superficie risulta alveolata per la presenza di numerose lamelle erette e con superficie squamulosa, serrate le une contro le altre e talvolta anastomizzate, alte fino a 2 cm e con uno spessore inferiore al millimetro. Con il progressivo accrescimento i talli si saldano fra loro a formare concrezioni organogene che con il passare degli anni raggiungono una larghezza di 10-50 cm (orli) e, in condizioni edafiche ottimali, arrivano a formare cornici o “trottoir ovvero concrezioni di larghezza superiore a 50 cm. Sia nei gametofiti che nei tetrasporofiti i concettacoli sono uniporati, scarsamente prominenti e di solito raggruppati su ambedue le superfici delle lamelle erette.

#### **Ecologia**

Specie tipica del piano mesolitorale inferiore in ambienti caratterizzati da un discreto idrodinamismo. Le condizioni edafiche ottimali per lo sviluppo della bioconcrezione sono: acque ben ossigenate, una irradianza non eccessiva ed una esposizione non diretta all’impatto del moto ondoso. L’elaborata morfologia superficiale e la struttura porosa delle bioconcrezioni consentono l’insediamento di una diversificata componente animale e vegetale, quest’ultima stimata a circa 160 specie, per cui esse risultano vere e proprie oasi di biodiversità a livello della zona di marea. Tuttavia nell’intero bacino occidentale le formazioni più imponenti mostrano attualmente una forte regressione che si manifesta con la desquamazione della parte vivente superficiale la carsificazione della porzione sottostante compatta e la comparsa di alveolature che facilitano la progressiva erosione e lo smantellamento dell’intera struttura da parte del moto ondoso. Le cause sono da ricercare soprattutto nella presenza di films superficiali costituiti da idrocarburi e sostanze tensioattive che si depositano alla superficie dei trottoirs, nell’eccessivo sviluppo di feltri algali costituiti da specie opportuniste dovuto a fenomeni locali di eutrofizzazione e dal calpestio dei turisti.

#### **Riferimenti bibliografici**

Cossu A. & Gazale V., 1997 – Osservazioni ecologiche sulla distribuzione di *Lithophyllum lichenoides* Philippi (Corallinales, Rhodophyta) nelle isole della Sardegna settentrionale. Boll. Soc. Sarda Sci. Nat., 31: 101-119.

Laborel J., 1987 – Marine biogenic constructions in the Mediterranean. A review. Sci. Rep. Port-cros natl. Park, Fr., 13: 97-126.

Laborel J., Morhange C. & Laborel-Deguen F., 1992 – Dégénération récente des formations construites superficiels à *Lithophyllum lichenoides* Philippi dans la Réserve marine de Scandola (Parc Naturel Régional de Corse). Méditerranée, 3-4 : 1-5.

Morhange C., Laborel-Deguen F., Sartoretto S. & Laborel J., 1992 – Recherches sur les bioconstructions à *Lithophyllum lichenoides* en Méditerranée occidentale. Méditerranée, 3-4 : 67-71.



Fig. 48 – *Lithophyllum byssoides*: trottoir



Fig. 49 – *Lithophyllum byssoides*: talli isolati in forma di cuscini emisferici



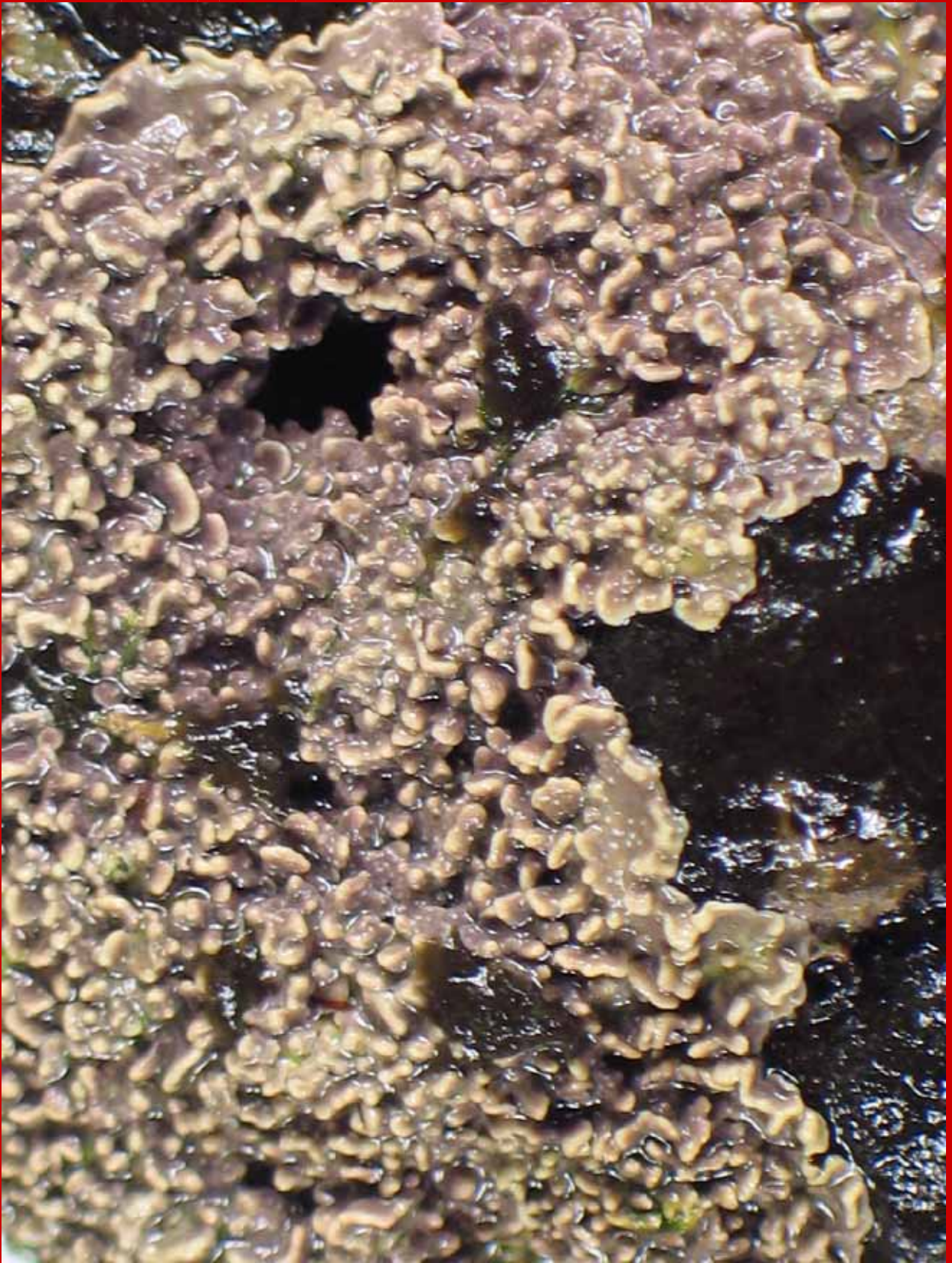


Fig. 50 – *Lithophyllum byssoides* : dettaglio della superficie del tallo con creste in parte anastomizzate fra loro

### **Lithophyllum incrustans Philippi**

Croste di discreto spessore e di colore variabile dal rosa-violaceo in ambienti scarsamente illuminati al grigiastro in condizioni di elevata irradianza. L'aspetto varia in relazione all'età del tallo risultando inizialmente orbicolare con superficie liscia e bordi ispessiti fortemente aderenti al substrato, successivamente più talli contigui confluiscono tra loro formando creste verticali nella zona di contatto. Il risultato finale è una struttura a contorno irregolarmente lobato e con margini ancora ispessiti e privi di strie, la cui superficie si solleva in ondulazioni più o meno evidenti ed è percorsa da creste verticali sinuose al centro delle quali è ancora possibile individuare la linea di separazione fra i due talli. Sia nei gametofiti che nei tetrasporofiti i concettacoli uniporati sono immersi nello spessore del tallo ed il tetto è scarsamente prominente per cui, in visione superficiale, è possibile individuare unicamente il contorno del concettacolo provvisto di un poro leggermente infossato.

### **Ecologia**

Presente sia in superficie che in profondità, a partire dal piano mesolitorale inferiore fino ai livelli inferiori del piano infralitorale. E' tra le poche specie in grado di tollerare fenomeni di sovrappascolo da parte di gasteropodi ed echinodermi.



Fig. 51 – *Lithophyllum incrustans*: habitus



Fig. 52 – *Lithophyllum incrustans*: dettaglio di una zona di contatto tra talli contigui



## **Lithophyllum trochanter (Bory) H. Huvé ex Woelkerling**

Pulvini emisferici di colore rosa violaceo che in condizioni edafiche ottimali possono raggiungere un diametro di circa 30 cm ed uno spessore di 5-10 cm. Il tallo è fornito di una incospicua porzione basale crostosa da cui si origina un serrato intreccio di assi cilindrici in parte prostrati, che vanno a rinforzare la zona di attacco, ed in parte eretti e più o meno orientati in senso radiale. Gli assi eretti, di diametro uniforme (1-3 mm), presentano 3-4 dicotomie risultando quindi a reciproco contatto e spesso anastomosati fra loro tranne che nelle porzioni apicali dove mostrano una successione di fini striature trasversali, disposte ad intervalli di 100-120  $\mu\text{m}$ . I concettacoli uniporati sono di solito localizzati nella porzione basale degli assi eretti e, a maturità, assumono un caratteristico profilo conico con un diametro esterno leggermente superiore nei tetrasporofiti e che varia tra 350 e 600  $\mu\text{m}$ .

### **Ecologia**

Specie fotofila che colonizza i substrati duri del mesolitorale inferiore e del primo metro del piano infralitorale caratterizzati da forte inclinazione ed intenso idrodinamismo. Sulle coste italiane risulta distribuita prevalentemente nel settore meridionale del Mediterraneo occidentale e nel basso Adriatico.

### **Riferimenti bibliografici**

Bressan G. & Cabioch J., 2004 – *Titanoderma trochanter* (Bory) Benhissoune, Boudouresque, Perret Boudouresque et Verlaque, et *Titanoderma ramosissimum* (Heydrich) comb. nov. (Corallinales, Rhodophytes), une redéfinition. Cah. Biol. Mar., 45: 225-242.

Fig. 53 – *Lithophyllum trochanter*: habitus (foto Marcello Catra)







Fig. 54 – *Lithophyllum trochanter*: visione superficiale

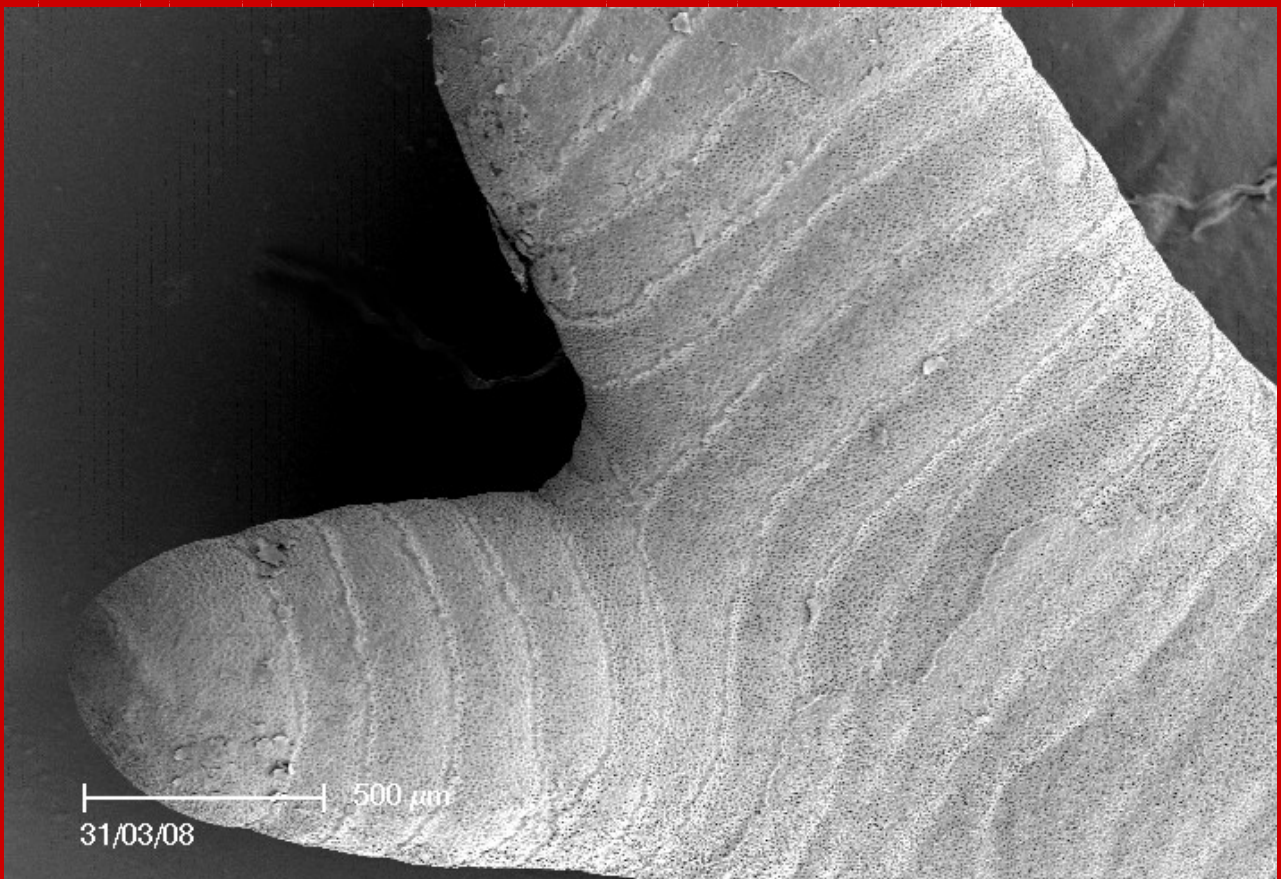


Fig. 55 – *Lithophyllum trochanter*: visione al SEM della porzione apicale di un asse eretto calcificato

## **Neogoniolithon brassica-florida (Harvey) Setchell *et* L. R. Mason**

Croste del diametro di 2-5 cm, completamente aderenti al substrato e talvolta parzialmente sovrapposte fra loro o ad altre corallinacee crostose, di colore rosato o grigio-violaceo e con superficie liscia che in taluni casi può risultare ornata da sparse protuberanze mammillose o da escrescenze tubercolose. Il margine, ampiamente lobato, è percorso da sottili striature ed il bordo, leggermente ispessito, appare contornato da una evanescente linea biancastra che diviene più evidente nei campioni essiccati. Il tallo, dello spessore di 100-400  $\mu\text{m}$ , in sezione longitudinale radiale mostra una organizzazione dorso-ventrale con un sistema di filamenti orientati più o meno parallelamente al substrato e che, nel loro insieme, vanno a costituire la porzione ventrale e centrale; la porzione dorsale è invece costituita da filamenti che si incurvano verso l'alto assumendo progressivamente un orientamento quasi perpendicolare. I filamenti che raggiungono la superficie del tallo terminano di solito con cellule piuttosto appiattite ma non di rado esse sono sostituite da cellule più voluminose (tricociti) in grado di produrre peli ialini.

L'identificazione di questa specie risulta abbastanza agevole nel caso di talli fertili in quanto sia i concettacoli sessuati che quelli asessuati, ambedue uniporati, mostrano di solito una caratteristica forma a fiasco con un collo molto pronunciato; inoltre il loro numero può essere così elevato da conferire alla superficie del tallo un aspetto verrucoso. Una volta svuotati del loro contenuto i vecchi concettacoli vengono esfoliati ed eliminati ma lasciano una evidente cicatrice crateriforme per cui la superficie assume progressivamente un aspetto alveolato.

### **Ecologia**

La specie si distribuisce in un ampio range batimetrico dalla superficie fino ad oltre 30 m di profondità; essendo in grado di tollerare eventuali variazioni di salinità, temperatura ed irradianza; in ambienti superficiali si ritrova nelle pozze litorali, sul trottoir a *Lithophyllum byssoides* e sui marciapiedi a vermetidi.

### **Riferimenti bibliografici**

Athanasiadis A., 1997 – On the typification and taxonomic status of *Melobesia notarisii* Dufour (Rhodophyta, Corallinales). *Phycologia*, 36(5): 410-415.





Fig. 56 – *Neogoniolithon brassica-florida* (Harvey) Setchell et L. R. Mason



Fig. 57 – *Neogoniolithon brassica-florida* (Harvey) Setchell et L. R. Mason: dettaglio

## **CORALLINACEE ARTICOLATE**

### ***Corallina elongata* J. Ellis *et* Solander**

Fronde erette alte 5-7 cm, a ramificazione nettamente pennata e di colore grigio-violaceo con bordi talvolta più chiari, che si dipartono con portamento cespuglioso da una robusta crosta basale. Gli internodi (articoli) dell'asse principale risultano subcilindrici ed alti 1-2 mm quando emergono dalla crosta basale ma divengono poi compressi lateralmente e leggermente slargati all'estremità distale procedendo verso l'apice dove si osservano anche articoli palmati in seguito ad occasionali anastomosi con gli articoli basali delle ramificazioni laterali. Le ramificazioni laterali, molto addensate e di lunghezza progressivamente decrescente, coincidono con le zone nodali e si sviluppano su di un solo piano. I concettacoli, assiali e brevemente peduncolati, a maturità assumono un aspetto piriforme, sono provvisti di un poro centrale e di 2(3) cornicoli talvolta articolati.

#### **Ecologia**

Frequente in prossimità della superficie e nei primi metri del piano infralitorale; in zone esposte al moto ondoso è in grado di formare estesi e compatti popolamenti.





Fig. 59 – *Corallina elongata*: dettaglio delle fronde erette

### **Halptilon virgatum (Zanardini) Garbary et Johansen**

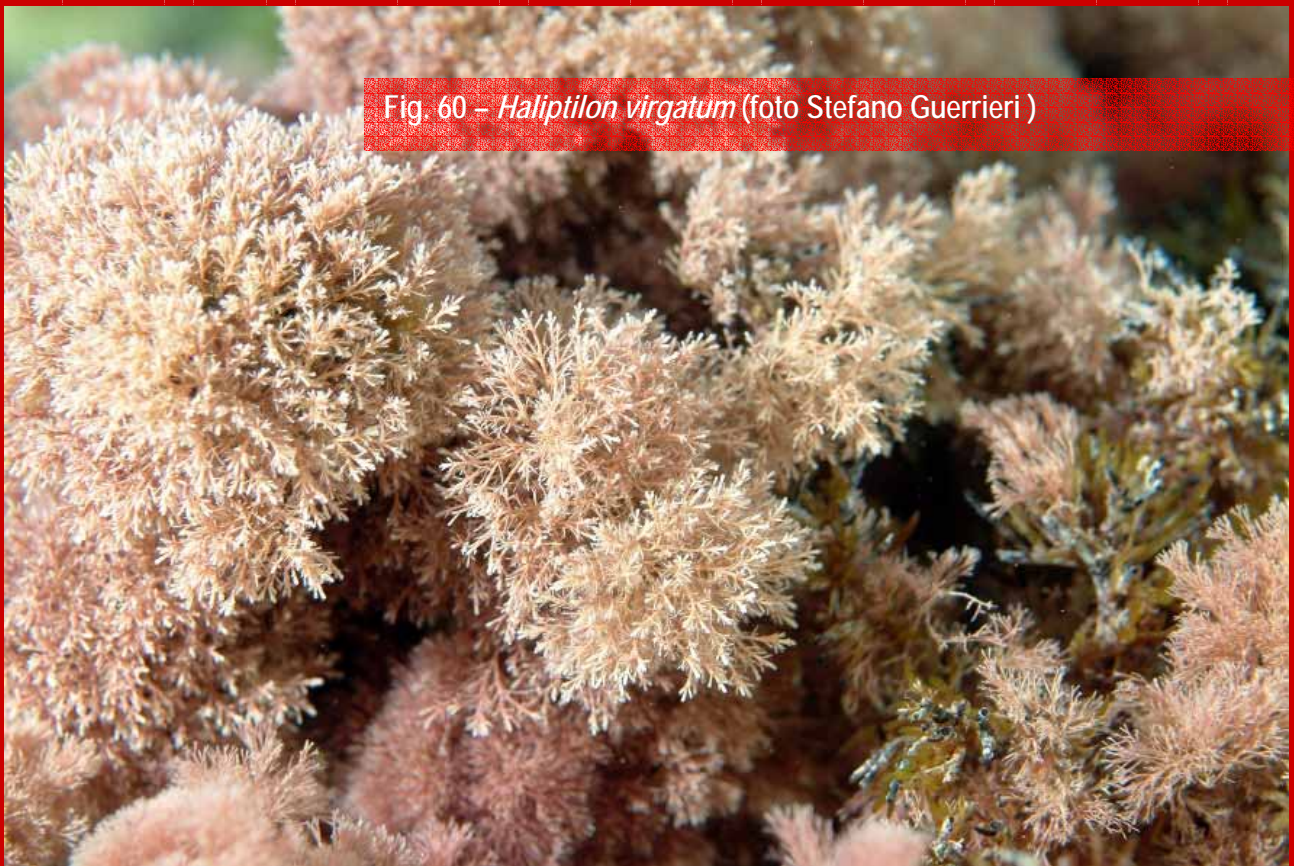
Specie per lo più epifita che può comunque colonizzare anche substrati rocciosi. Il tallo, a portamento densamente cespuglioso per le ramificazioni laterali disposte su più piani, non supera i 5 cm in altezza ed è costituito da articoli il cui diametro è inferiore ai 200  $\mu\text{m}$ . La ramificazione è pennata come in *Corallina elongata* ma più irregolare e con ramificazioni di ordine superiore talvolta verticillate e patenti. I concettacoli, assiali e pedunculati, sono a forma di urna e sormontati da cornicoli divaricati, più o meno lunghi ed articolati.

#### **Ecologia**

Largamente distribuita, come epifita, nei popolamenti fotofili infralitorali; in zone moderatamente esposte al moto ondoso si ritrova come epilitica a livello della frangia infralitorale.



Fig. 60 – *Haliptilon virgatum* (foto Stefano Guerrieri)



5 mm



Fig. 61 – *Haliptilon virgatum*: habitus

## ULVOPHYCEAE

### ULVALES

A questo ordine appartengono attualmente 23 generi tra cui le comuni alghe verdi che, nella terminologia popolare, vengono di solito indicate come “lattuga di mare”. I diversi generi condividono espressioni morfologiche non molto elaborate con talli che possono assumere l’aspetto di filamenti biserati, di fronde tubulari o nastriformi, oppure formare lamine più o meno espanse mono o distromatiche. Le cellule, tipicamente provviste di un solo nucleo e di un solo plastidio parietale con uno o più pirenoidi, sono tutte uguali per cui in questo ordine non si evidenziano strutture riproduttive differenziate ma sono appunto normali cellule vegetative che assumono il significato di gametocisti o di sporocisti in quanto il ciclo biologico delle Ulvales prevede una alternanza fra una generazione gametofitica aploide ed una generazione sporofitica diploide, del tutto simili dal punto di vista morfologico (ciclo digenetico aplodiplofasico isomorfo). Nel genere *Ulva*, il più ricco di specie dato che comprende anche taxa precedentemente attribuiti al genere *Enteromorpha*, le diverse specie sono per lo più dioiche e la gamia è anisogama. Le zone fertili, sia nei gametofiti maschili e femminili che negli sporofiti, interessano le zone marginali nel caso di talli laminari o le porzioni apicali nei talli tubulari o nastriformi ed una colorazione biancastra di queste zone testimonia l’avvenuta emissione dei gameti o delle zoospore.

### **Ulva laetevirens Areschoug**

Da un disco basale carnoso si diparte un corto e compatto stipite che si dilata immediatamente in una lamina distromatica di forma orbicolare, talvolta lobata e perforata, con margini interi o provvisti di minuscole proiezioni acuminate. In visione superficiale le cellule, a contorno poligonale con spigoli arrotondati, hanno un diametro di 12-18  $\mu\text{m}$  ed il plastidio parietale, provvisto di 1-3 pirenoidi, è di solito spostato su un lato della parete tangenziale esterna assumendo una tipica configurazione a "cappuccio"; i cappucci sono diversamente orientati ma in due cellule contigue, risultato di una recente divisione cellulare, sono localizzati ai poli opposti. In sezione trasversale i due strati cellulari sono a reciproco contatto e mostrano una disposizione a palizzata, particolarmente evidente nella porzione centrale della fronda dove il rapporto altezza/larghezza delle singole cellule è compreso tra 1,5 e 3,5.

### **Ecologia**

Pozze litorali, anche con scarso ricambio idrico, e livelli superiori del piano infralitorale in ambienti riparati dal moto ondoso o moderatamente esposti; la specie risulta particolarmente abbondante nel periodo primaverile-estivo in prossimità di ambienti portuali o comunque in aree interessate da un discreto impatto antropico.



Fig. 62 – *Ulva laetevirens* Areschoug

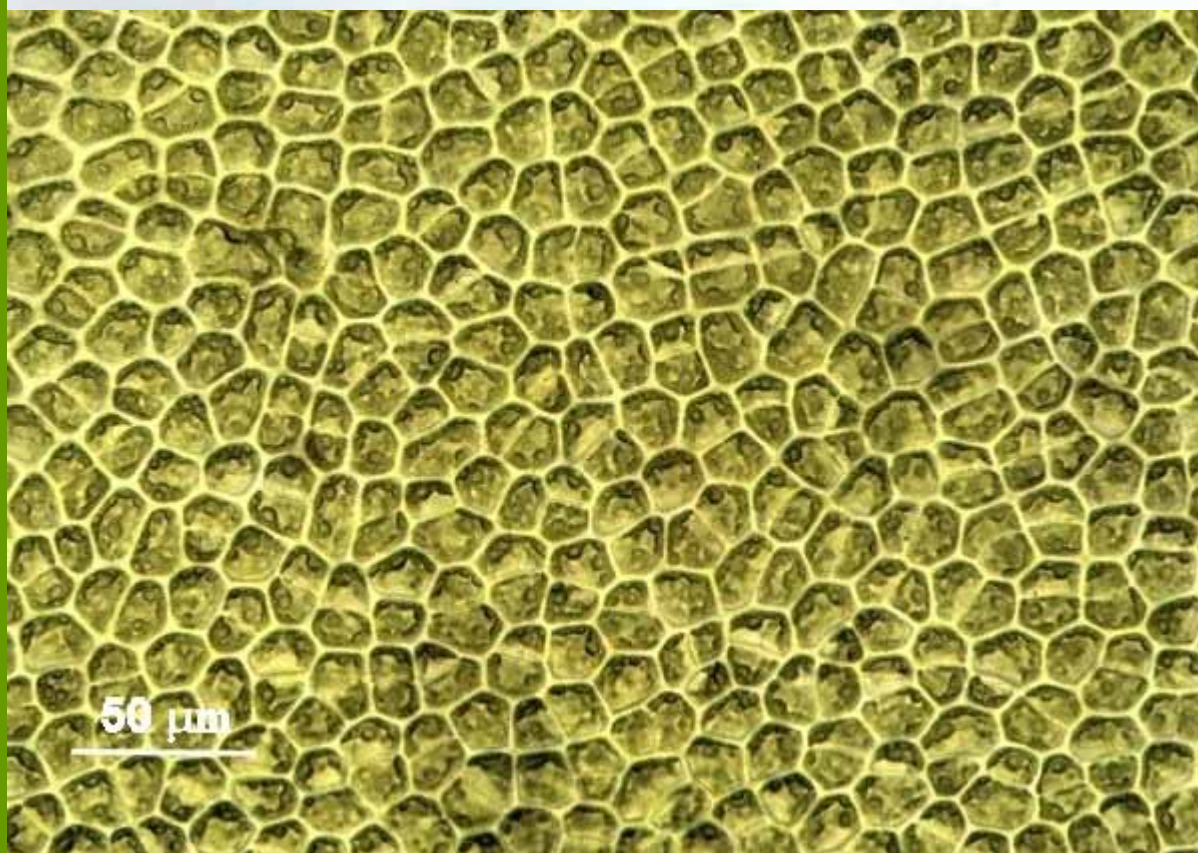


Fig. 63 – *Ulva laetevirens* Areschoug: cellule della fronda in visione superficiale



### **Ulva linza Linnaeus**

Il tallo si collega al substrato tramite una ristretta zona basale discoide da cui si dipartono più fronde erette provviste di sottile stipite tubuloso che progressivamente si dilata in una fronda nastriforme non proliferata e con margini ondulati, lanceolata o più o meno espansa nella zona mediana. Le fronde possono raggiungere una altezza di oltre 30 cm ed in sezione trasversale risultano costituite da due strati di cellule a contatto fra loro nella zona centrale ma separati in corrispondenza dei margini che risultano quindi percorsi da una sorta di canale longitudinale. In visione superficiale le cellule mostrano un contorno quadrangolare con spigoli arrotondati e solo occasionalmente risultano allineate in file longitudinali e trasversali; il loro diametro è di 15-20  $\mu\text{m}$  e nel plastidio parietale è di solito presente un solo pirenoide.

### **Ecologia**

Analoga alla specie precedente.

Fig. 64 – *Ulva linza* (foto Enrico Gargiulo)

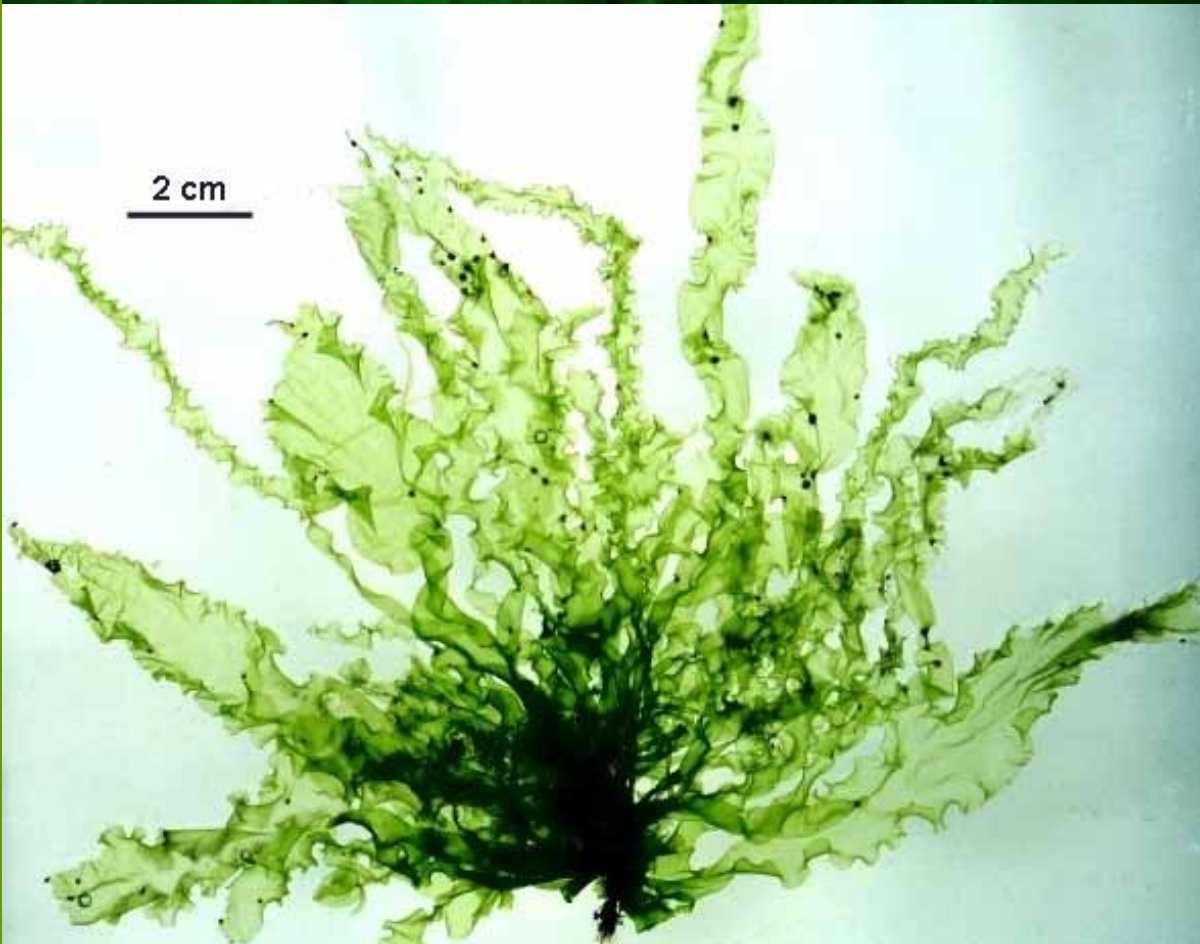


Fig. 65 – *Ulva linza*: habitus





Fig. 66 – *Ulva linza*: cellule della fronda in visione superficiale

## CHLOROFICEAE

### CLADOPHORALES

Nei generi appartenenti a questo ordine, come pure in quelli inseriti nell'ordine delle Siphocladales, i talli mostrano una peculiare struttura, definita appunto come "sifonocladale", la cui unità anatomica di base è costituita da un articolo plurinucleato. In ciascun articolo, il cui sviluppo dimensionale è di gran lunga superiore rispetto a quello di una normale cellula, si osserva sempre un voluminoso vacuolo centrale, che assicura la necessaria turgescenza, contornato da un sottile strato periferico di citoplasma nel quale sono collocati i plastidi e, più internamente, i nuclei e gli altri organuli cellulari; il tutto è delimitato da una robusta parete cellulare il cui componente fibrillare è rappresentato da cellulosa cristallina. La presenza di più nuclei è conseguente al fatto che le divisioni nucleari non sono seguite da citodieresi e pertanto la formazione dei setti trasversali è un processo del tutto indipendente che si manifesta unicamente quando l'articolo ha raggiunto determinate dimensioni. Una ulteriore caratteristica riguarda l'apparato plastidiale di queste alghe: i numerosi plastidi presenti all'interno degli articoli, a contorno poligonale e con un pirenoide in posizione centrale, non sono separati ed indipendenti ma si collegano fra loro tramite sottili briglie protoplasmatiche non pigmentate in modo da formare una sorta di reticolo parietale più o meno addensato. Il ciclo biologico è, come nelle Ulvales, digenetico aplodiplofasico isomorfo e quindi con gametofiti e sporofiti morfologicamente uguali; anche in questo ordine non si osservano strutture riproduttive differenziate ma sono gli articoli apicali e subapicali del tallo che assumono il significato di gametocisti o di sporocisti organizzando al loro interno gameti o zoospore. Nonostante l'uniformità strutturale in questo ordine è comunque possibile osservare talli variamente organizzati dato che gli articoli plurinucleati possono semplicemente sovrapporsi e formare filamenti uniseriati non ramificati (*Chaetomorpha*), oppure ramificarsi su di un solo piano e collegarsi lateralmente fra loro in modo da sviluppare talli flabellati (*Anadyomene*) oppure ancora ramificarsi su piani diversi come nel genere *Cladophora* per dare origine a ciuffi più o meno compatti, anche di dimensioni cospicue, che si collegano al substrato tramite rizoidi, spesso stoloniferi, prodotti sia dall'articolo basale che da quelli immediatamente sovrastanti. Per quanto riguarda i taxa appartenenti a questo ultimo genere è comunque opportuno sottolineare che, a parte rare eccezioni, l'identificazione a livello specifico risulta spesso problematica trattandosi di alghe la cui espressione morfologica è fortemente condizionata dai fattori ambientali ed in particolare dall'idrodinamismo.



### **Cladophora sericea (Hudson) Kützing**

Ciuffi compatti e flessuosi, alti 6-12 cm e di colore verde chiaro. Sui sottili filamenti eretti, di solito intrecciati fra loro, si inseriscono abbondanti ramificazioni laterali che mostrano un diverso sviluppo in ragione delle numerose divisioni intercalari e spesso l'estremità prossimale dei loro articoli basali risulta appressata per un certo tratto agli articoli degli assi principali. Il diametro degli articoli è di 60-170  $\mu\text{m}$  nei due terzi inferiori del tallo e diminuisce progressivamente procedendo verso le porzioni apicali dove gli ultimi ramuli mostrano un profilo lungamente affusolato ed un diametro di 15-25  $\mu\text{m}$ .

### **Ecologia**

Di solito epilittica ai limiti inferiori della zona di marea o sui bordi delle pozze litorali, in ambienti moderatamente esposti al moto ondoso.

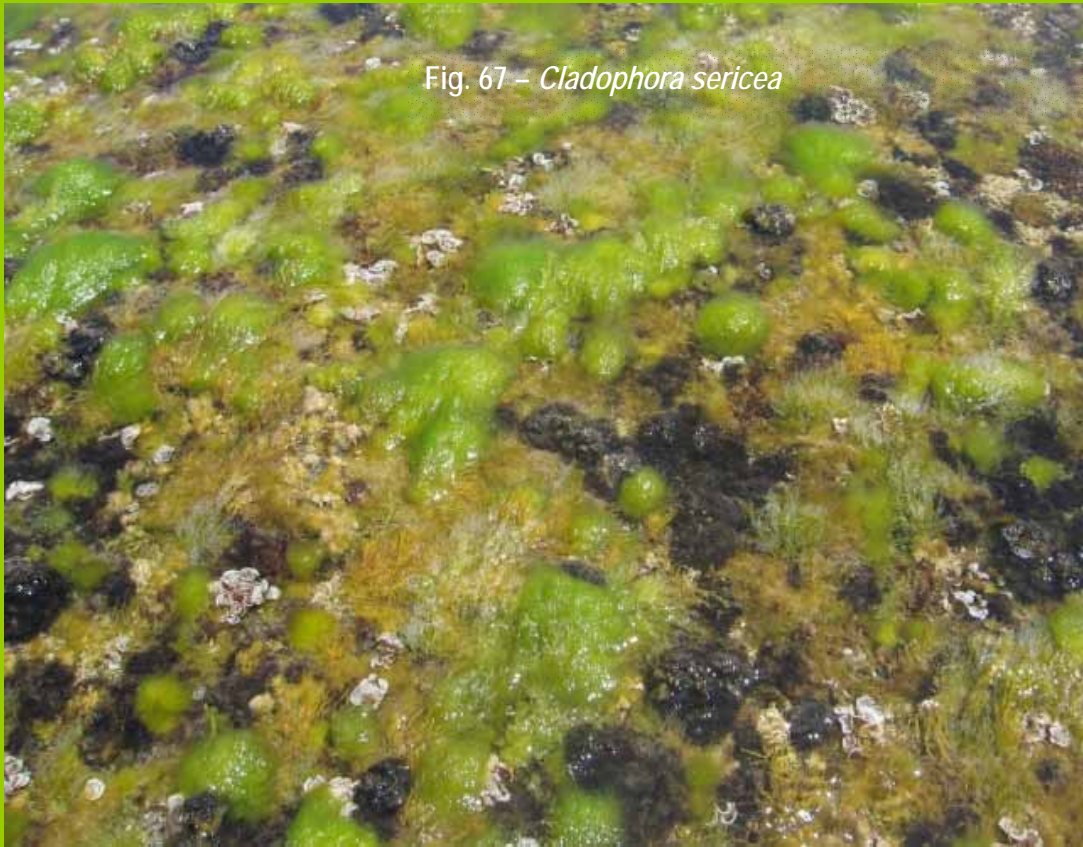


Fig. 67 – *Cladophora sericea*



Fig. 68 – *Cladophora sericea*: habitus



Fig. 69 – *Cladophora sericea*: dettaglio delle ramificazioni

### **Cladophora vagabunda (Linnaeus) C. Hoek**

Ciuffi compatti, di colore verde pallido ed alti 4-8 cm, provvisti di una porzione basale espansa da cui si dipartono numerosi assi eretti pseudodicotomi densamente ramificati. Le ramificazioni laterali si inseriscono obliquamente sugli assi principali e sono per lo più organizzate in fascicoli i cui articoli hanno di solito un diametro nettamente inferiore rispetto agli articoli assiali. Nelle porzioni apicali del tallo il diametro degli articoli è compreso tra 20 e 35  $\mu\text{m}$  e le ultime ramificazioni mostrano per lo più un aspetto falcato ed una chiara organizzazione acropeta in quanto ogni nuovo articolo produce una propria ramificazione laterale. Procedendo verso la base, l'organizzazione acropeta diviene progressivamente meno evidente in seguito alle numerose divisioni intercalari che interessano gli articoli degli assi principali, spesso con pareti ispessite e del diametro di 80-150  $\mu\text{m}$ .

#### **Ecologia**

E' una specie in grado di tollerare notevoli variazioni di temperatura e di salinità per cui si ritrova sia nelle pozze litorali con scarso ricambio idrico che ai limiti inferiori della zona di marea, in zone riparate o moderatamente esposte al moto ondoso. Compare di frequente anche in ambienti lagunari dove i suoi talli possono spesso originare voluminosi ammassi liberamente natanti.







Fig. 71 – *Cladophora vagabunda*: dettaglio delle ramificazioni

## BRYOPSIDALES

I generi inseriti in questo ordine mostrano sempre una struttura definita come “cenocitica” in quanto costituiti da uno o più filamenti del tutto privi di setti trasversali, anche se eventuali ispessimenti parietali possono delimitare porzioni di estensione variabile. La struttura dei filamenti cenocitici è per certi aspetti analoga a quella degli articoli plurinucleati presenti nelle Cladophorales e Siphonocladales dato che anche in questo caso la zona centrale del filamento è occupata da un sistema vacuolare ben sviluppato, delimitato da un sottile strato protoplasmatico nel quale sono collocati i nuclei e gli altri organuli; differisce per il fatto che nelle Bryopsidales i plastidi, fusiformi ed in alcuni generi provvisti di uno o più pirenoidi, non formano un reticolo ma sono indipendenti gli uni dagli altri e distribuiti in maniera più o meno uniforme nello strato protoplasmatico più esterno. L’habitus cenocitico comporta numerosi problemi relativi soprattutto alla fragilità dei filamenti ed al rischio di danni inferti dal pascolo ma ha avuto comunque un discreto successo, sia in ambienti tropicali che temperati, dato che può dar luogo ad un ampio spettro di espressioni morfologiche. Nei talli meno elaborati il filamento, o i singoli filamenti nel caso di specie cespitose, possono essere semplici o variamente ramificati (*Derbesia*) o provvisti di ramuli ad accrescimento limitato disposti in maniera più o meno regolare sugli assi eretti (*Bryopsis*); una ulteriore elaborazione deriva dall’intreccio reciproco di più filamenti che porta alla formazione di talli compatti e spugnosi, spesso di dimensioni cospicue (*Codium*), nei quali è possibile distinguere una sorta di zona midollare interna con filamenti cenocitici per lo più privi di plastidi ed orientati in senso longitudinale ed una zona corticale esterna ben pigmentata. Il ciclo biologico di alcuni generi appartenenti alle Bryopsidales presenta ancora oggi alcuni aspetti non del tutto chiariti che si prestano ad interpretazioni diverse ma, per quanto concerne in particolare il genere *Derbesia*, è largamente accettata l’ipotesi di un ciclo digenetico aploidiplofasico eteromorfo che prevede l’alternanza di una generazione gametofitica aploide e di una generazione sporofitica diploide profondamente diverse dal punto di vista morfologico.

### ***Derbesia tenuissima* (Moris et De Notaris) P. et H. Crouan**

La generazione sporofitica è costituita da un intricato intreccio di filamenti prostrati da cui si dipartono ciuffi di sottili assi eretti lassamente ed irregolarmente ramificati, alti 3-5(8) cm e del diametro di 40-70  $\mu\text{m}$ . Le sporocisti, piriformi o obovate e brevemente pedicellate, misurano 160-200 x 80-110  $\mu\text{m}$  ed al loro interno maturano un numero limitato (50-100) di zoospore provviste di una corona apicale di flagelli. I plastidi bilenticolari e con estremità affilate presentano uno, raramente due pirenoidi. La generazione gametofitica, indicata con il binomio *Halicystis parvula*, ha l'aspetto di una piccola vescicola ovoide, di colore verde chiaro e del diametro di 5-10 mm, fissata al supporto tramite un pedicello in grado di penetrare substrati di natura calcarea. L'apparato plastidiale è analogo a quello della fase sporofitica.

#### **Ecologia**

La generazione sporofitica si ritrova nei mesi estivi ed è di solito epifita o epilitica in ambienti superficiali relativamente illuminati e non direttamente esposti al moto ondoso; essendo in grado di tollerare un moderato inquinamento organico può risultare abbondante in prossimità di ambienti portuali, frammista alle specie caratteristiche di popolamenti nitrofilii.





Fig. 72– *Derbesia tenuissima*: campione d'erbario.

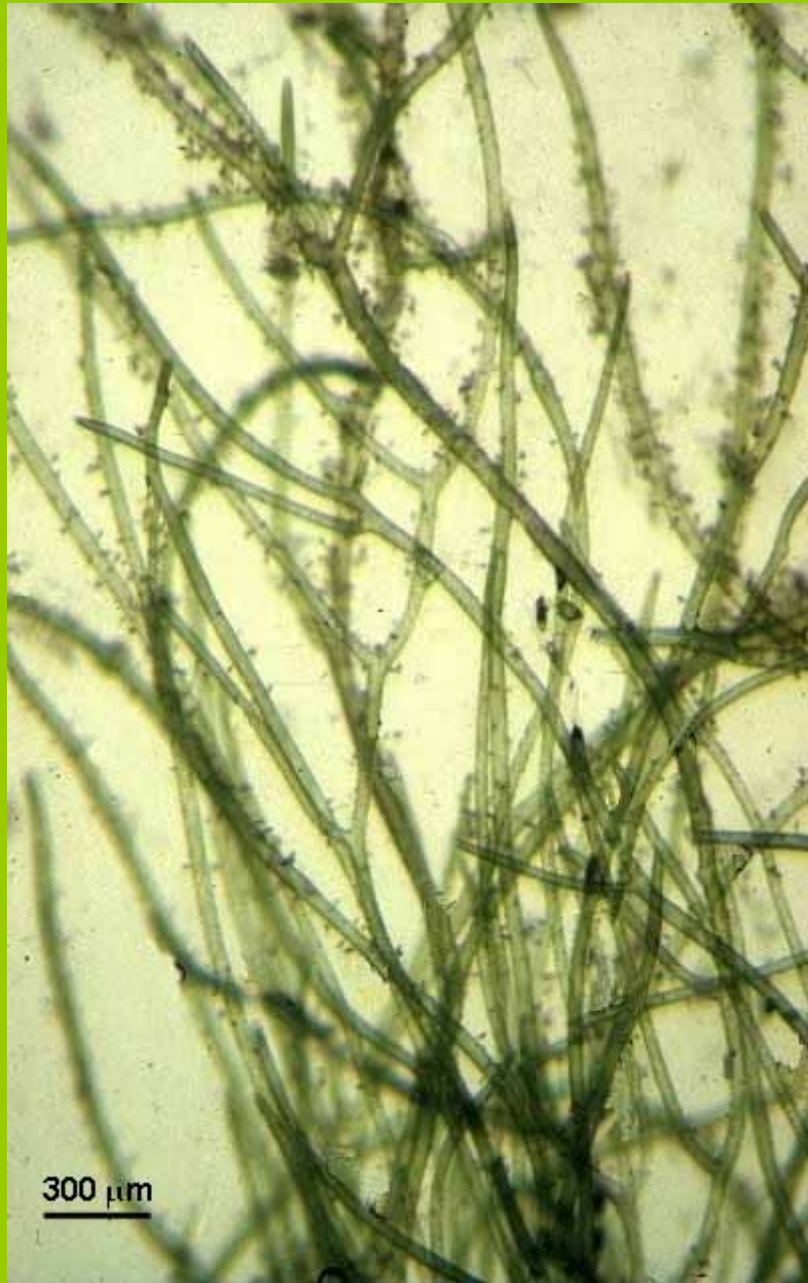


Fig. 73 – *Derbesia tenuissima*: dettaglio dei filamenti eretti.



Fig. 74 – *Derbesia tenuissima*: aspetto della generazione gametofitica indicata con il binomio *Halicystis parvula* (foto Stefano Guerrieri).

## CIANOBATTERI

### ***Calothrix crustacea* Thuret (= *Rivularia mesenterica*)**

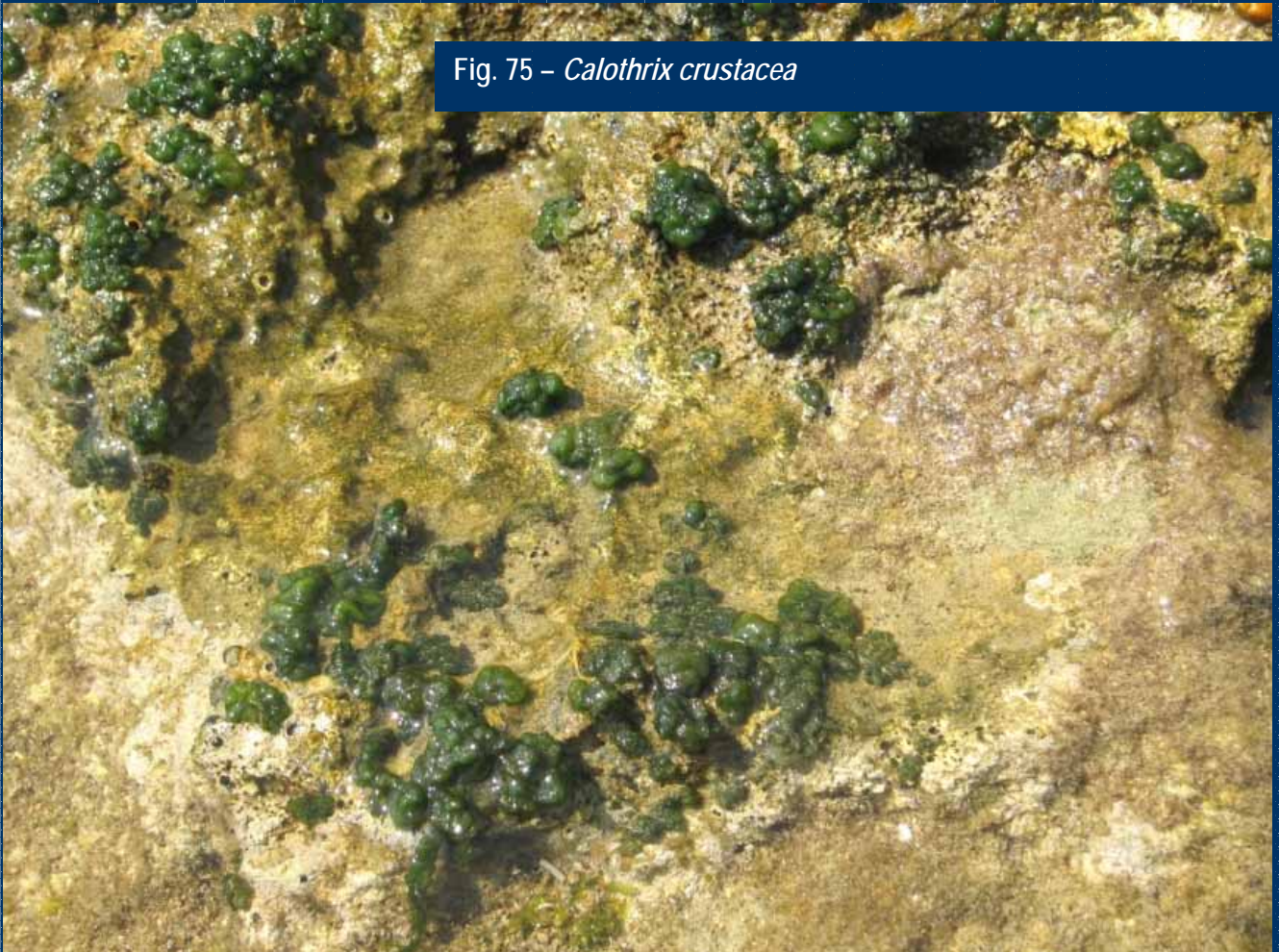
Colonie macroscopiche, di colore verde scuro o olivastro e del diametro di alcuni cm, che hanno l'aspetto di vescicole bullose internamente cave e di consistenza quasi cartilaginea. I singoli tricomi, serrati fra loro ed orientati in senso radiale, sono provvisti di una guaina sottile ed aderente e di una evidente eterociste basale; all'estremità prossimale il loro diametro è compreso tra 7 e 12  $\mu\text{m}$  ma nel terzo superiore il tricoma si assottiglia progressivamente assumendo un profilo affusolato che si continua in un lungo pelo ialino.

### **Ecologia**

Frequente nel periodo primaverile-estivo ai livelli superiori della zona di marea, in prossimità di ambienti portuali o comunque in aree interessate da un discreto impatto antropico.



Fig. 75 – *Calothrix crustacea*



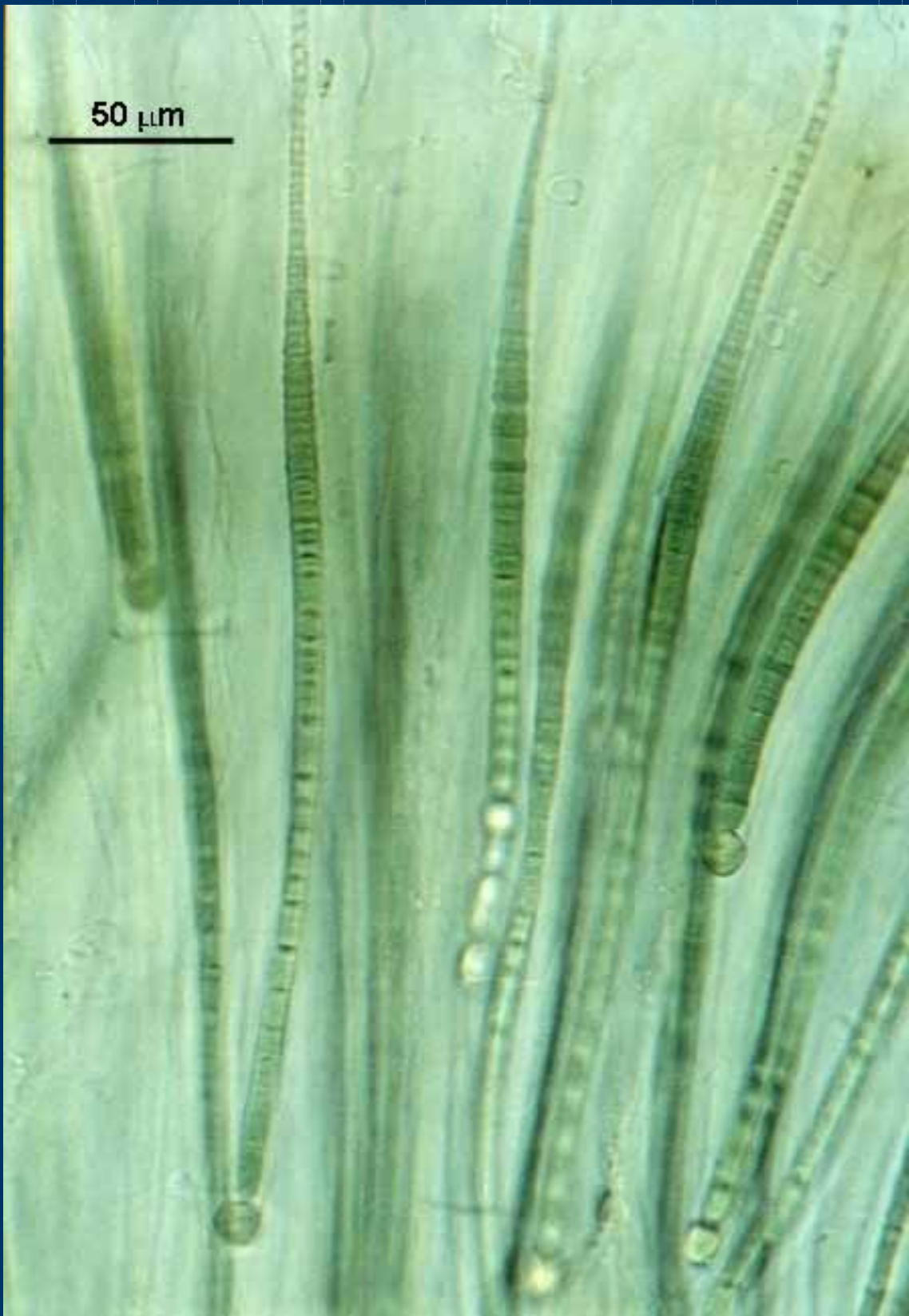


Fig. 76 – *Calothrix crustacea*: dettaglio dei tricomi che nel loro insieme vanno a costituire il tallo coloniale