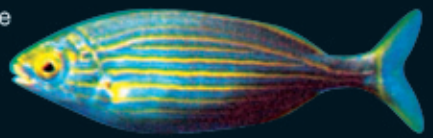
Le fanerogame marine costituiscono habitat di grande pregio negli ambienti marini e salmastri costieri, sia per quanto riguarda il paesaggio sommerso sia per il loro ruolo ecologico.

Si tratta di un gruppo di angiosperme monocotiledoni, piante con fiore simili al grano, all'erba, che sono ritornate in mare circa centoventi milioni di anni fa.
La presenza dei fiori e quindi dei frutti e semi, consente di distinguere, in modo inequivocabile, queste piante dalle alghe con le quali comunemente sono confuse.
Oltre a *Posidonia oceanica* e *Cymodocea nodosa*, nelle acque marine italiane si rinvengono *Zostera marina* e *Nanozostera noltii* piuttosto rare, e una specie alloctona, *Halophila stipulacea*.

Queste praterie costituiscono un rifugio per molti animali, per alcuni rappresentano un ambiente esclusivo di vita.



La prateria di *Posidonia oceanica* è considerata habitat prioritario per la Direttiva 92/43/CEE ed ha un importante ruolo di bioindicatore: il suo stato è indice generale della qualità dell'ambiente migliore e più completo di qualsiasi altro parametro, sia esso microbiologico, chimico e fisico.
Purtroppo oggigiorno si assiste, lungo gran parte delle coste italiane, ad una sostanziale riduzione delle superfici dei posidonieti.

9 788888 192369

Praterie a fanerogame marine

QUADERNI HABITAT

19

Praterie a fanerogame marine

QUADERNI HABITAT

19

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Museo Friulano di Storia Naturale

Praterie a fanerogame marine

Quaderni habitat
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Museo Friulano di Storia Naturale - Comune di Udine

coordinatori scientifici
Alessandro Minelli · Sandro Ruffo · Fabio Stoch

comitato di redazione
Aldo Cosentino · Alessandro La Posta · Carlo Morandini · Giuseppe Muscio

"Praterie a fanerogame marine · Piante con fiori nel Mediterraneo"
a cura di Giulio Relini

testi di
Carlo Nike Bianchi · Maria Cristina Buia · Francesco Cinelli · Maria Cristina Gambi · Giuseppe Giaccone · Paolo Guidetti · Carla Morri · Giulio Relini

illustrazioni di
Roberto Zanella

progetto grafico di
Furio Colman

foto di
Archivio Dipartimento di Botanica, Università di Catania (Di Martino, Stancanelli) 44 · Archivio Museo Friulano di Storia Naturale 21/1, 21/3, 152 · Carlo Nike Bianchi e Carla Morri 28, 33, 37, 39, 47, 79, 52, 81, 88, 119, 120, 122, 124, 139 · Francesco Luigi Cinelli 10, 14, 23, 24, 42, 134, 137, 142, 40/3 · Giampiero Dore 29 · Dario Ersetti 7, 151 · Maria Cristina Gambi 66 · Giuseppe Giaccone 11, 15, 148 · Giuseppe Muscio 141 · Giulio Relini 112, 121, 125, 127, 128 · Alberto Romeo 67, 90, 115, 116, 123, 130, 132, 135 · Lorenzo Saitz 95 · Andrea Serafini 22, 25, 27, 59, 92/2 · Egidio Trainito 6, 18, 19, 20, 21/2, 31, 34, 40/1, 40/2, 40/4, 43, 46, 50, 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 92/1, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 117, 118, 133, 136, 140, 144, 145, 146, 149, 153

Volume realizzato con la partecipazione della Società Italiana di Biologia Marina (SIBM)

©2008 Museo Friulano di Storia Naturale · Udine

Vietata la riproduzione anche parziale dei testi e delle fotografie.
Tutti i diritti sono riservati.

ISBN 88 88192 36 0
ISSN 1724-7209

In copertina: Posidonia oceanica (foto A. Serafini)

QUADERNI HABITAT

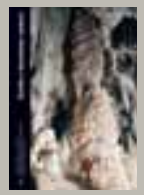
Praterie a fanerogame marine

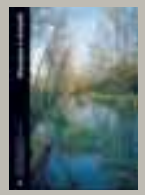
Piante con fiori nel Mediterraneo

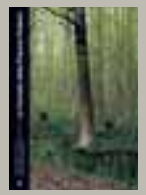
MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

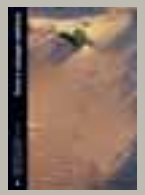
MUSEO FRIULANO DI STORIA NATURALE · COMUNE DI UDINE

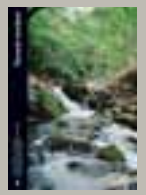
Quaderni habitat

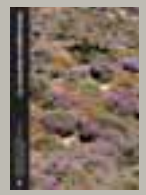

1
Grotte e fenomeno carsico


2
Risorgive e fontanili

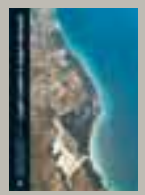

3
Le foreste della Pianura Padana


4
Dune e spiagge sabbiose

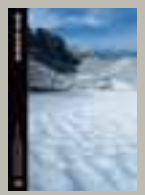

5
Torrenti montani

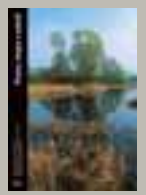

6
La macchia mediterranea

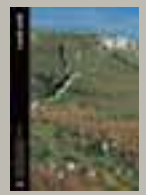
7
Coste marine rocciose


8
Laghi costieri e stagni salmastri

9
Le torbiere montane

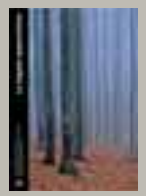

10
Ambienti nivali

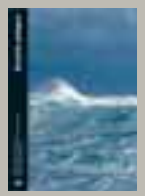

11
Pozze, stagni e paludi


12
I prati aridi

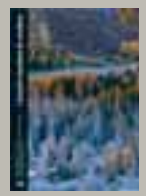
13
Ghiaioni e rupi di montagna

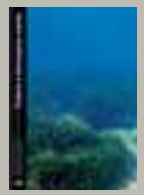
14
Laghetti d'alta quota


15
Le faggete appenniniche


16
Dominio pelagico

17
Laghi vulcanici


18
I boschi montani di conifere


19
Praterie a fanerogame marine

20
Le acque sotterranee

21
Fiumi e boschi ripari

22
Biocostruzioni marine

23
Lagune, estuari e delta

24
Gli habitat italiani

Indice

Introduzione 7
Giulio Relini

Biologia delle fanerogame marine 11
Maria Cristina Buia · Giuseppe Giaccone

Gli ecosistemi a fanerogame 23
Carlo Nike Bianchi · Maria Cristina Buia

Aspetti vegetazionali 43
Giuseppe Giaccone

La fauna: gli invertebrati 53
Maria Cristina Gambi · Carla Morri

La fauna: i vertebrati 91
Paolo Guidetti

Aspetti di conservazione e gestione 113
Carlo Nike Bianchi · Francesco Cinelli · Giulio Relini

Proposte didattiche 145
Giuseppe Giaccone

Bibliografia 155

Glossario 156

Indice delle specie 157

Introduzione

GIULIO RELINI

Egagropilo spiaggiato

Le fanerogame marine costituiscono un habitat di grande pregio negli ambienti marini e salmastri costieri, sia per quanto riguarda il paesaggio sommerso sia per il ruolo ecologico, e la prateria di *Posidonia oceanica* è considerata habitat prioritario per la Direttiva Habitat (43/92/CEE). Si tratta di un gruppo di angiosperme monocotiledoni, piante con fiore simili al grano, all'erba, che sono ritornate in mare circa centoventi milioni di anni fa. La presenza dei fiori e quindi dei frutti e dei semi, consente di distinguere, in modo inequivocabile, queste piante dalle alghe con le quali comunemente sono confuse. Infatti molti ritengono che in mare non ci siano piante superiori con fiore, cioè fanerogame. Queste ultime si differenziano dalle alghe anche per avere un vero sistema radicale, un sistema per il trasporto interno dei fluidi e quindi di gas e nutrienti, un sistema fogliare eretto. Tutte le fanerogame marine hanno le seguenti caratteristiche comuni:

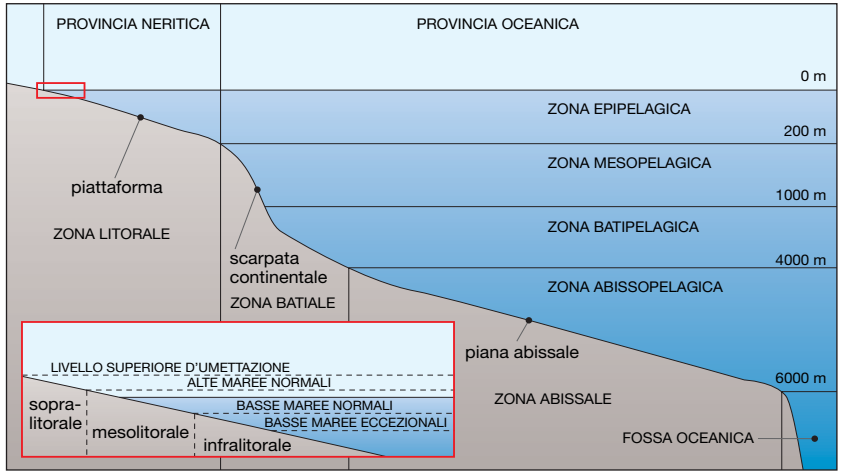
- sono adattate a vivere in un ambiente salato;
- sono in grado di vivere completamente immerse;
- hanno un vero sistema di ancoraggio nel sedimento;
- hanno un sistema di impollinazione idrofilo (polline trasportato dall'acqua);
- sono in grado di competere con successo con altre piante marine, in particolare con le alghe.

Indubbiamente la specie più importante è *Posidonia oceanica*: strettamente marina non sopporta salinità inferiori al 33‰, è endemica del Mediterraneo mentre altre 8 specie congeneri si trovano in Australia. Si calcola che in Mediterraneo *P. oceanica* occupi una superficie di 37.000 km^2 (1-2% dei fondali marini). Le foglie nastriformi che possono superare il metro di lunghezza con una larghezza intorno ai 10 mm, sono raccolte in fasci di 5-8 foglie attaccate ad un fusto legnoso (rizoma), più o meno immerso nel sedimento e con accrescimento orizzontale e/o verticale. Lo spesso intreccio tra rizomi e sedimenti costituisce una formazione peculiare chiamata "matte", che si può estendere in verticale per alcuni metri: la stima recente di questo accrescimento indica 34-86 cm in un

Prateria a *Posidonia oceanica* con una oloturia in primo piano

secolo. Le foglie, dopo una vita tra i 5 e gli 11 mesi, si distaccano e vengono sparse sui fondali fino ad una notevole profondità, contribuendo alla disponibilità di detrito per l'alimentazione di molti esseri viventi, oppure vengono spiaggiate, talora costituendo le cosiddette "banquette", cioè ammassi di foglie morte, che rappresentano un habitat di un certo interesse (vedi capitolo conservazione). La fioritura è un evento relativamente raro e quindi la riproduzione è prevalentemente asessuata. Avviene soprattutto per accrescimento orizzontale e/o verticale dei rizomi, oppure attraverso il distacco durante le mareggiate e successivo impianto di pezzi della pianta (talee). Per la moltiplicazione di *Cymodocea nodosa*, prevale invece la riproduzione sessuata, cioè attraverso la produzione di semi. Con la riproduzione sessuata si ha un rimescolamento dei geni che indubbiamente può favorire le strategie di sopravvivenza della specie e in particolare di adattamento ai cambiamenti dell'ambiente, compresi quelli determinati dall'uomo. Oltre a *P. oceanica* e *C. nodosa*, nelle acque marine italiane si rinvengono *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*, piuttosto rare, e una specie alloctona (non indigena), *Halophila stipulacea,* che sta ampliando il suo areale di distribuzione in Mediterraneo e che in Italia si trova in Sicilia, Calabria e Campania.

In acque salmastre, come ad esempio quelle di lagune costiere e di estuari, si possono rinvenire *Ruppia cirrhosa* e *R. maritima*. *Posidonia, Cymodocea* e *Zostera* costituiscono delle formazioni vegetali chiamate praterie; alcuni autori riservano il termine prateria per la posidonia e usano il termine prati per le altre fanerogame. Comunque nel caso di posidonia il termine prateria è improprio se si tiene conto della struttura e della complessità del posidonieto, nonché del tempo che è stato necessario per la sua formazione, talora secoli, e anche del



Suddivisione degli ambienti marini rispetto alla profondità

tempo che è necessario per ricostruire parti andate distrutte. In Francia è documentato che alcune parti di posidonieto distrutte dal bombardamento avvenuto durante l'ultima guerra mondiale non sono state ancora oggi ricostruite. Per le ragioni esposte, nel caso della posidonia, sarebbe più corretto utilizzare il termine "foresta", anche perché rappresenta la situazione climax di un'evoluzione che spesso inizia con l'impianto di *Cymodocea*. Il posidonieto è uno degli ecosistemi mediterranei più importanti per il ruolo ecologico e per la biodiversità: secondo alcuni autori ospiterebbe dal 20 al 25% delle specie meditarranee. In esso si sovrappongono almeno tre biocenosi:

- una biocenosi con affinità sciafila (illuminazione debole), legata ai rizomi;
- una biocenosi con affinità fotofila (ben illuminata) legata alle foglie;
- una biocenosi con affinità ipogea (nel sedimento) legata alle "matte".

Il posidonieto svolge un ruolo fondamentale nella fascia marina costiera sia a livello biologico sia nel mantenimento degli equilibri ecologici e nelle attività economiche ad esso collegate.

È uno degli ecosistemi a più alta produttività primaria, stimata dai 130 ai 1300 g peso secco per m^2 e quindi circa 2-10 t/ha per anno (per qualche autore fino a 2500 g ps/m^2/anno). Valori molto alti se si tiene conto delle 2 tonnellate prodotte da una foresta tropicale e delle 4-6 di un campo di cereali; una importante parte (30-35%) di questa biomassa vegetale viene esportata sotto forma di foglie morte, detrito. Solo il 5-10% circa viene utilizzato dagli erbivori. L'ossigeno prodotto durante la fotosintesi contribuisce alla ossigenazione delle acque. È zona di riproduzione e nurseries, polo di biodiversità: si stima che vi siano 400 specie vegetali e un migliaio di specie animali. Il posidonieto contribuisce alla riduzione dell'energia delle correnti e delle onde, protegge la spiaggia, favorisce le decantazione e la sedimentazione delle particelle sospese in acqua. Con il sistema dei rizomi e delle radici, contribuisce alla stabilità dei fondali incoerenti. Una ulteriore protezione della spiaggia sabbiosa è data dall'accumulo delle foglie morte spiaggiate. Ciò ha anche risvolti economici non indifferenti: il valore del posidonieto viene stimato, attraverso i servizi prestati e le funzioni svolte, da 39.000 a 89.000 euro per m^2/anno. Infine il posidonieto ha un importante ruolo di bioindicatore: lo stato di una prateria di *Posidonia* è indice generale della qualità dell'ambiente, migliore e più completo di qualsiasi altro parametro, sia esso batterico, chimico o fisico. L'intorbidimento delle acque fa risalire il limite inferiore della prateria, ma anche quello superiore si sposta, per altre ragioni, in senso inverso.

Si assiste, lungo gran parte delle coste italiane, ad una sostanziale riduzione delle superfici dei posidonieti, dovuta a varie cause che vengono descritte nel capitolo dedicato alla gestione e alla conservazione. Comunque tutti gli argomenti sopra menzionati sono descritti dettagliatamente nei vari capitoli di questo quaderno.

Biologia delle fanerogame marine

MARIA CRISTINA BUIA · GIUSEPPE GIACCONE

Cymodocea nodosa

L'ambiente marino in generale può essere considerato il regno delle alghe: con le loro 9000 specie contribuiscono, infatti, nella misura del 94% alla diversità vegetale marina. È ovvio quindi che alla domanda generica "Quali sono gli organismi vegetali che colonizzano l'ambiente costiero marino?", la quasi totalità degli interlocutori risponderebbe "le alghe", senza distinzione tra forme unicellulari o pluricellulari, planctoniche o bentoniche. Pochi sarebbero coloro che includerebbero nella lista anche il gruppo delle piante, più comunemente chiamate fanerogame marine.

A questo antico termine generico, usato nella letteratura mediterranea, si contrappone, nella letteratura anglosassone, quello di *seagrasses* (erbe marine) per indicare la natura prevalentemente erbacea delle piante che colonizzano gli oceani.

Le scarse conoscenze popolari sulle fanerogame marine sono riconducibili all'esiguità dei loro rappresentanti nell'ambiente costiero. Infatti, sono solo 60 le specie di angiosperme ("piante a seme protetto" dal greco *aggeion*, ricettacolo, e *sperma*, seme) che vivono completamente sommerse in tale ambiente. Nonostante la loro bassa diversità specifica, le fanerogame formano ampie distese verdi sommerse a cui si dà comunemente il nome di praterie marine e che rivestono un ruolo di primaria importanza nell'ecologia costiera di tutti i mari.

Nei testi più recenti di tassonomia vegetale la divisione fanerogame o angiosperme è denominata Magnoliophyta e raggruppa una vasta componente del regno vegetale che comprende le piante che producono fiori, sia erbacee sia arboree. La classe monocotiledone è detta Liliopsida: tra i vari ordini in essa riconosciuti, quello delle Alismatales comprende le quattro famiglie ad oggi riconosciute che annoverano le piante marine. Esse sono: Cymodoceaceae,

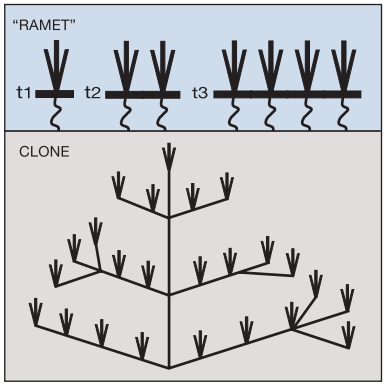
L'oliva di mare, il frutto di *Posidonia oceanica*

GRUPPO VEGETALE	N. SPECIE TOTALI	N. SPECIE MARINE	SPECIE MARINE % GRUPPO	CONTRIBUTO % GRUPPO ALLA FLORA MARINA
"Alghe"	19.300	8.462	44	93,6
Funghi	50.000	500	1	5,6
Licheni	15.500	15	0,1	0,1
Briofite	22.000	0	0	0
Pteridofite	11.000	0	0	0
Spermatofite	220.700	60	0,02	0,7
Gimnosperme	700	0	0	0
Angiosperme	220.000	60	0,02	0,7
Monocotiledoni	50.000	60	0,1	0,7
Dicotiledoni	170.000	0	0	0
Totale	**338.500**	**9.037**	**2,7**	**100**

Biodiversità e distribuzione dei vegetali nei mari del mondo

Hydrocharitaceae, Posidoniaceae e Zosteraceae, tutte rappresentate nel Mediterraneo (*Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*).
La bassissima percentuale (0,02) di fanerogame marine potrebbe indurre a pensare ad una loro storia evolutiva particolarmente recente. Al contrario, la loro presenza in mare è datata a oltre 100 milioni di anni fa, con testimonianze fossili nel Cretaceo, allorché alcuni loro antenati o progenitori terrestri tornarono a colonizzare l'ambiente marino. Queste testimonianze, unite a quelle di tipo filogenetico, dimostrano che le angiosperme marine, pur formando un gruppo polifiletico, si sono differenziate molto poco nel corso dell'evoluzione, suggerendo l'importanza di alcune caratteristiche architetturali e funzionali nel successo di queste forme nell'ambiente marino.
Una delle caratteristiche strutturali comune a tutte le piante marine è la loro "modularità", ossia la ripetitività con cui un modulo di base (*ramet*) si aggiunge a quello preesistente. Ogni modulo è composto da un fusto (rizoma) su cui crescono, sul lato dorsale, il ciuffo fogliare e, su quello ventrale, le radici; in aggiunta, un modulo può portare fiori o frutti o può evolvere in un propagulo utilizzato per la moltiplicazione vegetativa. Questi propaguli possono non differenziarsi morfologicamente dai moduli vegetativi (sui rizomi prostrati o plagiotropi) o possono assumere (sui rizomi eretti o ortotropi) forme con fascicoli fogliari ingrossati alla base e muniti di radici. Da questa dinamica di crescita deriva che strutturalmente ogni singolo *ramet* può essere considerato una unità morfologica mentre funzionalmente ogni *ramet* è congiunto con quelli adiacenti, garantendo così il passaggio delle sostanze di riserva, degli ormoni e dei gas e formando al contempo un clone unico e geneticamente identico (*genet*).

Si riportano alcune informazioni sintetiche sulla ecofisiologia delle angiosperme marine con alcuni approfondimenti su *Posidonia oceanica* che in Mediterraneo ricopre estese superfici della fascia costiera sommersa.
Le erbe marine, dette anche talassofite, per espletare la fotosintesi utilizzano lo ione bicarbonato, derivato dall'idrolisi dell'acido carbonico. La sua diffusione all'interno delle cellule epidermiche fotosintetiche è facilitato in vari modi da una proteina attiva, cioè da un enzima, l'anidrasi carbonica. Questa effettua una disidratazione dell'acido carbonico, dando anidride carbonica che successivamente viene ridotta a carbonio. Questo elemento è trasportato da varie molecole energetiche fino alla costruzione degli zuccheri, fonte di energia per tutte le funzioni della pianta. Parte degli zuccheri viene trasformata in amido di riserva in appositi comparti cellulari nei vari tessuti della pianta.



Schema della formazione temporale di un clone (*genet*) a partire da un'unica unità (*ramet*)

Diversamente da quanto succede nelle piante terrestri la funzione delle aperture stomatiche nell'epidermide fogliare non è importante nelle piante acquatiche sommerse. Questo spiega il fatto che gli stomi nelle angiosperme marine sono semplici e poco funzionali. Sia per i gas metabolici (ossigeno e anidride carbonica) sia per i sali nutritivi (nitrati e fosfati), lo scambio con l'ambiente acquatico avviene in maniera consistente attraverso le cellule epidermiche. Queste cellule nel processo evolutivo hanno quasi perso lo strato ceroso impermeabile che i vegetali terrestri, invece, hanno sviluppato per resistere alla disseccazione nell'ambiente subaereo. Le angiosperme marine, inoltre, hanno semplificato molto l'apparato dei fasci conduttori, nei quali si hanno solo tracheidi, e l'assorbimento radicale è secondario per importanza rispetto a quello fogliare. La radice primaria del seme si atrofizza precocemente e i rizomi portano molte radici avventizie con la funzione prevalente di fissazione della pianta al substrato per resistere agli effetti di scalzamento ad opera dell'idrodinamismo.
Un altro importante adattamento alla vita acquatica marina di queste piante riguarda la capacità di regolare la pressione osmotica dei succhi cellulari in rapporto alla elevata concentrazione salina dell'acqua di mare. Infine vi sono sorprendenti processi evolutivi che rendono possibile gli eventi di riproduzione sessuata. L'impollinazione idrofila nelle varie specie è resa possibile da una parte dalla regolazione del potere di galleggiamento del polline, tarato esattamente per potere incontrare gli elementi del fiore femminile (peduncolo fiorale, stilo e stim-

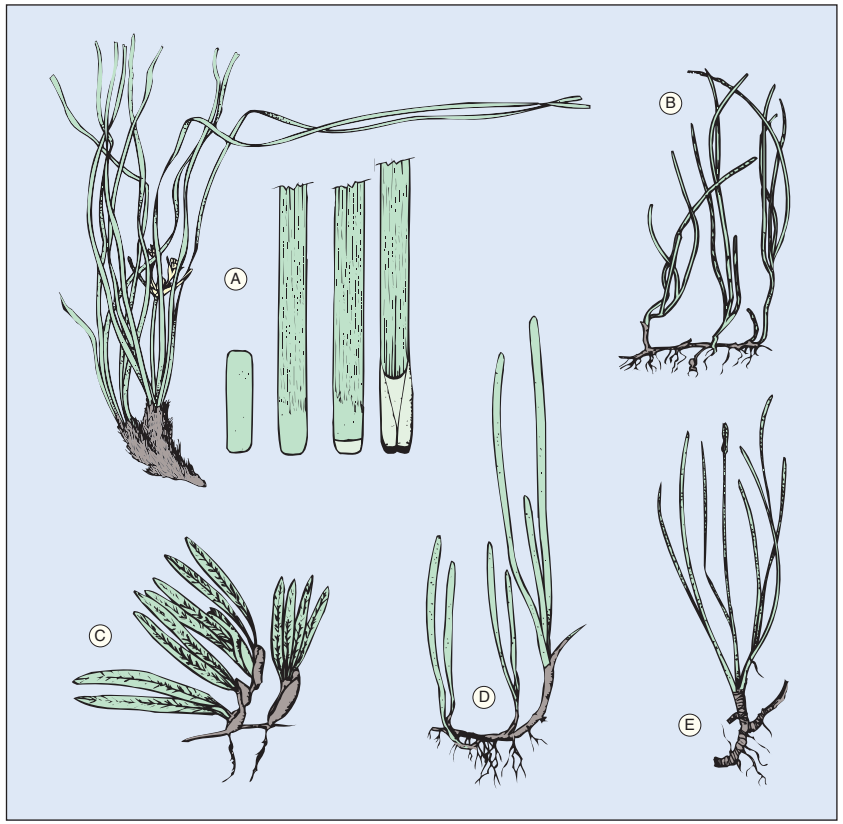
ma) dall'altra dalla capacità dello stimma di secernere sulla sua superficie prodotti vischiosi non idrosolubili capaci di trattenere il polline e facilitare la germinazione del tubetto pollinico fino al gamete femminile. Anche i processi di maturazione dei semi e la successiva dispersione sono straordinari esempi di adattamenti evolutivi per una efficace conquista dell'habitat sommerso nella sua varietà tipologica di substrati e di ritmi stagionali nei valori dei parametri ambientali.
L'esempio dei frutti e dei semi di *P. oceanica*, ma in generale di tutte le specie di questo genere, è il più spettacolare: il frutto, generalmente verde, può virare al rosso e poi al bruno; in queste condizioni non è appetito dai pesci granivori (salpe e alcuni labridi, secondo le osservazioni riportate già nel 1828 da Cosentino). Successivamente si stacca dallo scapo fruttifero e risale in superficie, facilitato dalle sostanze oleose che impregnano la buccia o pericarpo. I frutti galleggianti completano la loro maturazione e alcune proteine attive (enzimi del gruppo delle lipasi) idrolizzano gli oli causando l'apertura della buccia, appetita dai pesci granivori, e il seme nudo immediatamente precipita al fondo e, se trova un substrato idoneo, germina immediatamente riproducendo una nuova pianta. Il ciclo riproduttivo di *P. oceanica* ha un orologio biologico di tipo australe: fiorisce in autunno, matura in inverno e germina in primavera in sintonia con le specie dello stesso genere che vivono nell'emisfero australe lungo le coste temperate e subtropicali dell'Australia occidentale e meridionale. I semi delle altre angiosperme marine del Mediterraneo (con eccezione di *Halophila stipulacea* che ancora oggi produce solo fiori maschili e quindi non ha frutti e si riproduce nei

Bucce parzialmente svuotate dai semi di *Posidonia* che galleggiano sulla superficie del mare

nostri mari solo per via agamica) generalmente osservano un periodo stagionale di dormienza e germinano nella stagione più favorevole.
L'ecofisiologia delle angiosperme marine del Mediterraneo è poco studiata. Recentemente sono stati sviluppati studi sulle risposte delle proteine del ciclo fotosintetico agli stress causati da alterazioni ambientali che causano torbidità nell'acqua. Il bilancio dell'attività fotosintetica di *Posidonia oceanica* è stato calcolato (ciclo di misure di 24 ore nel mese di Maggio) su piante viventi a -8 m di profondità in Corsica: si è ottenuto un tasso di fissazione di 61 micromole di carbonio e di emissione di 79 micromole di ossigeno per grammo di foglie secche decalcificate. Il quoziente fotosintetico è risultato di 1,29. Sempre su questa specie è stata calcolata una biomassa fogliare fino a 1640 g di peso secco per m^2/anno e una biomassa per i rizomi fino a 5500 g di peso secco per m^2/anno. La biomassa degli epifiti fogliari risulta fino a 420 g di peso secco per m^2/anno. La produzione primaria delle foglie risulta oscillare tra 400 e 2500 g di peso secco per m^2/anno, mentre quella degli epifiti tra 500 e 900 g di peso secco per m^2/anno. Di conseguenza l'insieme della produzione primaria risulta molto elevata anche a confronto con i valori misurati sui vegetali terrestri. Da questo punto di vista *P. oceanica* può essere opportunamente chiamata con la denominazione datale circa 2400 anni fa da Aristotele: la quercia marina. Tra gli epibionti delle foglie hanno un ruolo importante anche per i valori di ricoprimento percentuale le alghe azzurre o cianobatteri fissatori di azoto oltre che di carbonio. Una parte di questo azoto è dimostrato che viene trasferito alle foglie che lo utilizzano poi per la sintesi proteica. Per quanto concerne il rapporto con gli erbivori posidonia difende la sua biomassa fogliare dalla eccessiva pressione dell'erbivoria elaborando efficaci prodotti deterrenti (sostanze allelopatiche, cioè che fanno soffrire gli altri) che ottengono il risultato di un consumo della biomassa fogliare non più alto del 10%. Il resto della sostanza organica prodotta è utilizzato dai detritivori.
La classificazione delle fanerogame marine e il loro numero reale sono ancora controverse e oggetto di discussione. L'uso di tecniche molecolari ha rappresentato un valido supporto nella definizione dei rapporti filogenetici tra le specie, ma è ancora insufficiente nella correlazione tra caratteristiche morfologiche "visibili" e quelle "invisibili" o criptate a livello di gene.

Rizomi ortotropi ramificati fossili di *Posidonia* (Pleistocene, Sicilia orientale)

Delle 60 specie fino ad ora identificate, in Mediterraneo ne sono presenti solamente 5, tutte rinvenibili lungo le coste italiane. Esse sono: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Nanozostera noltii*, *Zostera marina*, *Halophila stipulacea*.
Di queste, solamente *P. oceanica*, a dispetto del nome, è endemica del nostro bacino, cioè esclusiva del nostro mare. Essa, infatti, non riesce a vivere nelle acque dell'Oceano Atlantico, come dimostra la sua distribuzione in Mediterraneo occidentale che si ferma al limite del Mare di Alboran, davanti allo Stretto di Gibilterra. *H. stipulacea*, al contrario delle altre quattro, non è nativa del Mar Mediterraneo, ma proviene dal Mar Rosso, anche se non si può escludere la possibilità di popolazioni relitte della Mesogea, il bacino del Mediterraneo dell'epoca geologica chiamata Terziario, rinvenute nei pressi di Rodi da Forti nella prima metà del 1900.



A) *Posidonia oceanica* con foglia giovanile, foglia intermedia e foglie adulte; B) *Cymodocea nodosa*; C) *Halophila stipulacea;* D) *Nanozostera noltii*; E) *Zostera marina*

Posidonia oceanica (Neptune's grass)
Fossili del genere *Posidonia* sono stati ritrovati nel Cretaceo (*Posidonia cretacea*) e nell'Eocene (*Posidonia parisiensis*); fossili di *Posidonia oceanica* sono stati segnalati nel Pleistocene inferiore in Sicilia orientale.
Questa specie è caratterizzata da foglie nastriformi, lunghe mediamente 50 cm, ma che possono superare i 100 cm e sono caratterizzate dalla presenza di 13-17 venature longitudinali a decorso parallelo; la larghezza media fogliare è compresa tra 5 e 10 mm. L'apice fogliare è generalmente ottuso.
Pianta monoica. Il peduncolo fiorale è lungo 10-25 cm, porta 1-4 spighe, ognuna formata da 3-5 fiori ermafroditi. I frutti ovoidali, di 10 cm di lunghezza, raggiunta la maturazione, si staccano dal peduncolo e flottano in superficie dove si aprono lasciando ricadere il seme sul fondo. La moltiplicazione vegetativa è molto frequente e avviene per semplice frammentazione dei rizomi o per mezzo di propaguli differenziati sia sulle porzioni prostrate sia sulle porzioni erette dei rizomi.
Di origine temperata e subtropicale, è la specie di maggiori dimensioni presente nel Mar Mediterraneo, facilmente distinguibile dalle altre fanerogame per i resti delle basi fogliari (scaglie) che persistono sul rizoma rivestendolo completamente; cresce prevalentemente su sabbia ma la si ritrova anche su roccia. Forma estese praterie continue dalla superficie sino a oltre 40 m di profondità, coprendo un'area stimata tra 25.000 e 45.000 km^2. È presente in tutto il bacino, fatta eccezione per le foci dei fiumi, per il settore più orientale del Mediterraneo e per lo Stretto di Gibilterra; lungo le coste italiane ha una distribuzione abbastanza continua mentre è puntiforme e localizzata lungo quelle nord e centro-adriatiche. Altre specie del genere *Posidonia* sono presenti lungo le coste occidentali e meridionali dell'Australia; la disgiunzione dell'areale di distribuzione si è verificato probabilmente nel Terziario.
Il periodo di riproduzione sessuata varia in relazione alla latitudine e alla profondità; il ciclo completo dura circa 7-8 mesi: dai primi fiori che compaiono alla fine dell'estate ai nuovi germogli, rinvenibili alla fine della primavera successiva.

Cymodocea nodosa (seahorse grass)
Fossili del genere *Cymodocea* sono stati ritrovati nell'Eocene (*Cymodocea serrulata*); *Cymodocea nodosa* è conosciuta allo stato fossile nel Miocene, nel Pliocene e nel Quaternario.
Fanerogama caratterizzata da rizomi orizzontali che portano ad ogni nodo, dorsalmente, un corto rizoma verticale che termina con un ciuffo fogliare e, ventralmente, radici variamente ramificate. Foglie nastriformi, lunghe sino a 30 cm e larghe 4 mm, con un numero di venule, a decorso parallelo, compreso tra 7 e 9. La caduta delle basi fogliari lascia una serie di cicatrici circolari (nodi) sui rizomi verticali. L'apice fogliare è arrotondato e dentellato.

Prato a *Cymodocea nodosa*

Pianta dioica. Il fiore maschile, peduncolato, è formato da due antere di colore violaceo che lo rendono facilmente distinguibile in acqua. Il fiore femminile porta due ovari sessili, ognuno con un lungo stilo diviso in due stigmi. Frutti semicircolari, compressi lateralmente, lunghi 8 mm.
È una specie di origine tropicale con un areale di distribuzione che comprende il Mediterraneo e l'Atlantico orientale (Senegal e Canarie). È per importanza la seconda fanerogama del Mediterraneo. Mostra un'ampia tolleranza ambientale: lungo le coste sabbiose italiane la si rinviene in zone costiere poco profonde e riparate e, in acque limpide, anche oltre il limite profondo di *P. oceanica*.
Il ciclo riproduttivo completo dura circa 11 mesi, con la produzione dei fiori e dei frutti nel periodo fine primavera-inizio estate; i nuovi semi germoglieranno solo l'anno successivo, in primavera, dopo essere rimasti sepolti nel sedimento accanto alla pianta madre.

Zostera marina (eelgrass)
Seconda specie per dimensioni del Mediterraneo. Le sue foglie nastriformi possono superare i 100 cm di lunghezza e i 12 mm di larghezza. Le foglie presentano margine liscio e apice ottuso, con 5-11 nervature parallele longitudinali. Specie monoica con infiorescenze riunite in uno spadice, in cui generalmente 10 fiori maschili si alternano con altrettanti femminili. Frutti delle dimensioni di 2-4 mm. È una specie circumboreale, ampiamente distribuita in Atlantico e nel Pacifico settentrionale, mentre nel Mediterraneo è considerata specie relitta e ha una distribuzione molto puntiforme: forma dei piccoli prati nelle lagune del Sud della Francia, nelle zone costiere della Spagna meridionale (Catalogna e Andalusia), nell'Adriatico settentrionale e in Egeo. Pur essendo una specie infralitorale, può sopportare lunghe emersioni. Cresce di preferenza in zone a idrodinamismo moderato, su substrati fangosi e sabbiosi.

Nanozostera noltii (dwarf eelgrass)
Pianta dalle foglie nastriformi di circa 30 cm di lunghezza e di 1,5 mm di larghezza, attraversate solamente da 3 vene longitudinali a decorso parallelo, e caratterizzate da un apice di solito asimmetrico. Specie monoica, con infiorescenze riunite in uno spadice, in cui 4-5 fiori maschili si alternano a quelli femminili. Semi ellissoidali lunghi circa 2 mm. *Nanozostera noltii* è ampiamente distribuita nelle zone di marea delle coste atlantiche europee e dell'America settentrionale. Nel Mediterraneo predilige ambienti costieri molto superficiali, estuari e lagune. È l'unica fanerogama marina che colonizza i mari continentali (relitti) (Mar Caspio e Mar Aral).

Prato ad *Halophila stipulacea*

Halophila stipulacea (dugong seagrass)
Fanerogama di piccole dimensioni dalle foglie ellittiche di 6 cm di lunghezza e di circa 1cm di larghezza, caratterizzate da una ricca rete di venature con disposizione pennata. Un carattere distintivo è rappresentato dalla presenza di una coppia di scaglie trasparenti che ricoprono il corto picciolo delle foglie. Pianta dioica, in cui il fiore maschile porta dei tepali e quello femminile 3 stili. Specie tropicale subtropicale introdotta nel settore orientale del Mediterraneo attraverso il canale di Suez, di recente è arrivata nel settore occidentale. Dai primi rinvenimenti lungo le coste siciliane e calabre, dove può crescere all'interno di piccoli porti poco antropizzati, la si rinviene sino alla profondità di 30 m. Il suo areale di distribuzione si sta ampliando anche in senso longitudinale: il punto più settentrionale è attualmente rappresentato dalle coste del Cilento (Campania).

In genere, i caratteri usati nella classificazione delle piante marine sono gli stessi utilizzati per le piante terrestri e sono cioè legati alle strutture riproduttive, come petali, sepali, stami, frutti e semi. Purtroppo, il processo di fioritura non avviene con la stessa regolarità e intensità nelle diverse specie; questo comporta che l'identificazione delle fanerogame marine da parte di non esperti deve necessariamente essere basata su altri caratteri, come quelli morfologici. Per facilitare l'identificazione delle singole specie di angiosperme marine che formano i prati e le praterie a fanerogame nel Mediterraneo, presenti anche sulle coste italiane, si riporta nel box di pagg. 20-21 una guida empirica per la loro determinazione.

Chiave per il riconoscimento delle specie di fanerogame marine presenti in Mediterraneo

Maria Cristina Buia · Giuseppe Giaccone

1 - Foglie penninervie con picciolo. Una sola nervatura centrale con ramificazione pennata.

Halophila stipulacea
Famiglia Hydrocharitaceae

1 - Foglie parallelinervie senza picciolo. Numerose nervature a decorso parallelo e senza ramificazioni pennate come sopra.

2

2 - Foglie larghe circa 1 cm. Rizoma robusto e coperto di scaglie che gli conferiscono un aspetto setoloso. Frutti a forma di grosse olive all'apice di un lungo scapo compresso. Presenza di numerose cellule a tannino sui lembi fogliari.

Posidonia oceanica
Famiglia Posidoniaceae

2 - Foglie larghe meno di 1 cm. Rizoma mai setoloso come sopra e sempre nudo con l'aspetto tipico degli stoloni della gramigna terrestre.

3

3 - Nervature 7-17 (generalmente 9) e tutte uguali. Presenza nelle foglie di numerose cellule a tannino. L'apice fogliare è arrotondato e dentellato. Stoloni rossastri con i nodi marcati da anelli cicatriziali e con radici avventizie isolate. Frutti più o meno cuoriformi, 2 e alla base delle foglie.

Cymodocea nodosa
Famiglia Cymodoceaceae

3 - Nervature principali 1-3 più marcate delle altre che sono appena visibili. Assenza di cellule a tannino. Stoloni brunastri con nodi mai come sopra e con radici avventizie in fascetti. Frutti più o meno ellissoidali e numerosi portati da un asse fruttifero ben sviluppato, a forma di spiga.

Famiglia Zosteraceae

4

Posidonia oceanica su roccia

4 - Foglie con apice inciso e più o meno asimmetrico, con 1 nervatura centrale ben marcata e 2 laterali meno evidenti. Rizoma in sezione trasversale con fasci fibro-vascolari disposti negli strati più interni della corteccia.
Guaine aperte e con due labbra membranose avvolgenti. Radici soltanto 2 per nodo.

Nanozostera
Nanozostera noltii

4 - Foglie con apice liscio e ottuso. Nervature 5-11 di cui 3 centrali ben marcate e le altre meno evidenti. Rizoma in sezione trasversale con fasci fibro-vascolari disposti negli strati più esterni della corteccia.
Guaine chiuse, cilindriche e lacerate solo per invecchiamento. Radici in due gruppi per nodo, con 5 radici per gruppo.

Zostera
Zostera marina

Nanozostera noltii

Cymodocea nodosa

Zostera marina

Gli ecosistemi a fanerogame

CARLO NIKE BIANCHI · MARIA CRISTINA BUIA

■ Premessa

Germogli di *Posidonia oceanica* in situ

Gli ecologi definiscono ecosistema l'insieme di organismi e di fattori fisico-chimici che interagiscono tra loro in modo da formare un tutt'uno integrato. L'insieme di organismi (cioè le popolazioni delle differenti specie che coesistono in un determinato ambiente) costituisce la biocenosi, mentre l'insieme dei fattori fisico-chimici (il substrato, l'acqua, i gas e tutte le sostanze minerali che circolano attorno e tra gli organismi) è definito biotopo.
Non è tuttavia possibile vedere l'una e l'altro in maniera disgiunta, in quanto il biotopo detta le condizioni di vita della biocenosi, e la biocenosi a sua volta modifica il biotopo attraverso l'attività degli organismi che la compongono. Le fanerogame sommerse rappresentano uno degli esempi più lampanti di organismi che modificano così profondamente il biotopo da essere definiti "ingegneri di ecosistemi": esse, infatti, sono capaci letteralmente di "costruire" il loro proprio ecosistema. Esistono due categorie di ingegneri di ecosistemi: gli autogeni e gli allogeni. Gli autogeni modificano l'ambiente fisico attraverso la loro stessa massa: l'esempio tipico è quello dei coralli che, nel corso delle generazioni, costruiscono le scogliere coralline; lo stesso dicasi per gli alberi che costruiscono le foreste. Gli allogeni invece modificano l'ambiente fisico con il loro comportamento: l'esempio, un po' disneyano, che viene spesso riportato è quello dei castori che costruiscono le dighe, originando laghetti e stagni là dove c'erano ruscelli.
Le fanerogame sono ovviamente ingegneri autogeni. Con le loro radici e rizomi modificano le caratteristiche del substrato, mentre la volta fogliare attenua la luce, smorza l'idrodinamismo e crea nuovo habitat per una flora e una fauna associate numerose e varie. L'insediamento e la propagazione di una

Prateria a *Posidonia oceanica*

fanerogama su un tratto di fondale marino, quindi, determina la nascita di un intero ecosistema, con caratteristiche strutturali e funzionali completamente nuove.
Struttura e funzione sono intimamente legati negli ecosistemi: non è possibile pensare che un determinato ecosistema mantenga le funzioni che gli sono proprie se assume una struttura differente (ad esempio a causa di un cambiamento qualitativo o quantitativo del manto vegetale); similmente, è facile prevedere che una modifica del funzionamento (ad esempio per un eccessivo prelievo di qualche specie che gioca un ruolo chiave nella rete trofica) indurrà alterazioni sostanziali nella struttura.

■ Struttura e morfologia degli ecosistemi a fanerogame

Le fanerogame formano ecosistemi di struttura differente, sia in base alle condizioni ambientali sia, e soprattutto, in relazione alle specie costituenti. La morfologia delle varie specie, infatti, condiziona grandemente le caratteristiche delle loro formazioni. Le formazioni più imponenti sono senz'altro quelle di *Posidonia oceanica*, e vengono correntemente chiamate "praterie". Le formazioni delle altre specie, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Nanozostera noltii* e *Halophila stipulacea*, sono solitamente più ridotte e meno estese, e vengono chiamate "prati". Molto spesso tali formazioni sono monospecifiche, ma *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina* e *Nanozostera noltii* si possono trovare in

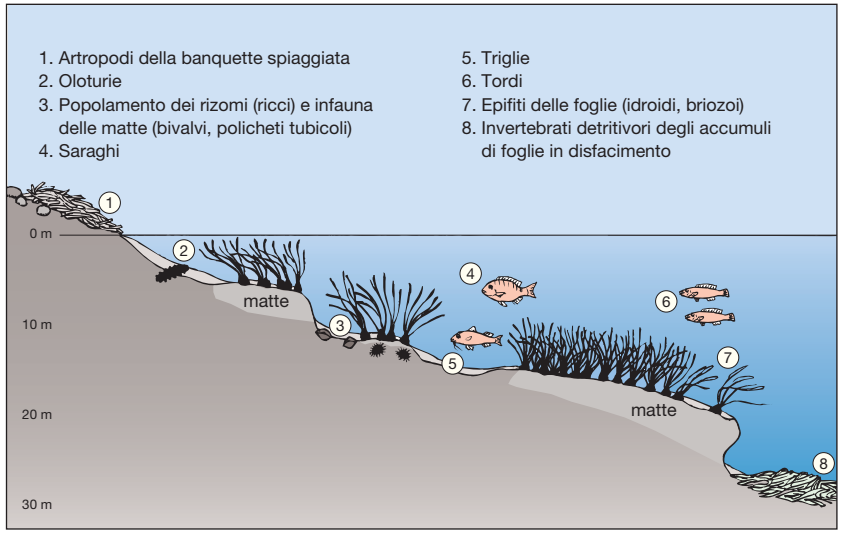
Foglie di *Posidonia oceanica* spiaggiata: banchetti o banquette

associazione tra loro e talvolta con *Posidonia oceanica,* specialmente nelle zone riparate sottocosta. *Halophila stipulacea* colonizza talvolta aree con *Posidonia oceanica*. Queste associazioni sono in genere oligospecifiche (solitamente due, talvolta tre, specie alla volta), mentre vere e proprie formazioni polispecifiche (quattro o più specie assieme) non si riscontrano in Mediterraneo.
La presenza delle diverse specie di fanerogame e lo sviluppo delle praterie o dei prati sono condizionate da diversi fattori.
La distribuzione batimetrica delle fanerogame è ovviamente correlata alla penetrazione della luce, ma anche all'idrodinamismo che, come è noto, si attenua all'aumentare della profondità. È per questo che *Posidonia oceanica* arriva fino all'altezza del livello di medio mare, con le foglie che si stendono sulla superficie del mare, solo in ambienti tranquilli, mentre non si avvicina più di 1 o 2 m alla superficie in ambienti esposti al moto ondoso. La profondità massima dipende dalla trasparenza dell'acqua: in molte zone della Liguria, ad esempio, *Posidonia oceanica* giunge solo ad una ventina di metri di profondità, mentre normalmente si trova fino a 36-40 m; in acque eccezionalmente limpide, come ad esempio in Sardegna, ciuffi isolati si possono osservare fino a 45-50 m di profondità. *Cymodocea nodosa* vive tra la superficie e 40 m di profondità, *Halophila stipulacea* (in Mediterraneo) tra 1-2 m e 30 m. *Zostera marina* e *Nanozostera noltii* sono confinate a bassa profondità, e raramente si trovano oltre i 10 m.

Posidonieto

La maggiore importanza delle praterie di posidonia, rispetto ai prati delle altre specie, deriva non solo dalle maggiori dimensioni di questa pianta ma anche dall'unicità dei suoi rapporti con il substrato. Mentre quasi tutte le fanerogame si insediano su sedimenti sabbiosi, a volte leggermente limosi, *Posidonia oceanica* può anche colonizzare la roccia. Non solo: una prateria ben sviluppata crea il suo proprio substrato, la cosiddetta "matte". La "matte", termine in uso presso i pescatori provenzali e successivamente adottato dai biologi marini di tutto il mondo, è fatta dall'intreccio dei rizomi, delle scaglie e delle radici e del sedimento che vi rimane intrappolato; tale sedimento è arricchito sia di frammenti calcarei sia di frazioni fini. Le foglie e i rizomi di *Posidonia oceanica*

servono da supporto a tutta una serie di organismi, alcuni dei quali sono calcificati. Alla loro morte, i loro resti cadono sul posto, formando il sedimento autoctono (frammenti di gusci o di spine di ricci, di conchiglie di molluschi, di talli di corallinacee, di scheletri di briozoi).
D'altra parte, le foglie di *Posidonia oceanica*, a causa della loro abbondanza (fino a 5000/m^2) e della loro disposizione, rallentano la velocità della corrente; le particelle di sedimento trasportate dall'acqua vedono diminuire la loro energia cinetica e cadono quindi sul fondo, costituendo il sedimento alloctono.
L'esistenza di una struttura persistente e sopraelevata come la "matte", fa sì che solo per le praterie di *Posidonia oceanica* si arrivi a definire delle morfologie specifiche, che in molti casi forniscono informazioni sulle caratteristiche ambientali del tratto di mare dove si trovano.
La morfologia più diffusa, soprattutto in Mediterraneo occidentale, è la prateria di pianura. Si presenta sotto forma di una prateria più o meno continua, pianeggiante o in leggera pendenza, interrotta da diverse strutture quali gradini di "matte", "intermatte" erosive, "intermatte" marginali, canali sagittali, "intermatte" strutturali. Tutte queste strutture sono di origine naturale e, con l'esclusione delle sole "intermatte" strutturali, sono tipicamente dovute all'intensità dell'idrodinamismo. Le tempeste, soprattutto, possono erodere la "matte", sia direttamente, strappandone dei blocchi, sia indirettamente, svuotandola del suo sedimento, cosa che la rende più fragile. Anche l'impatto antropico, però, può causare la morte delle piante.

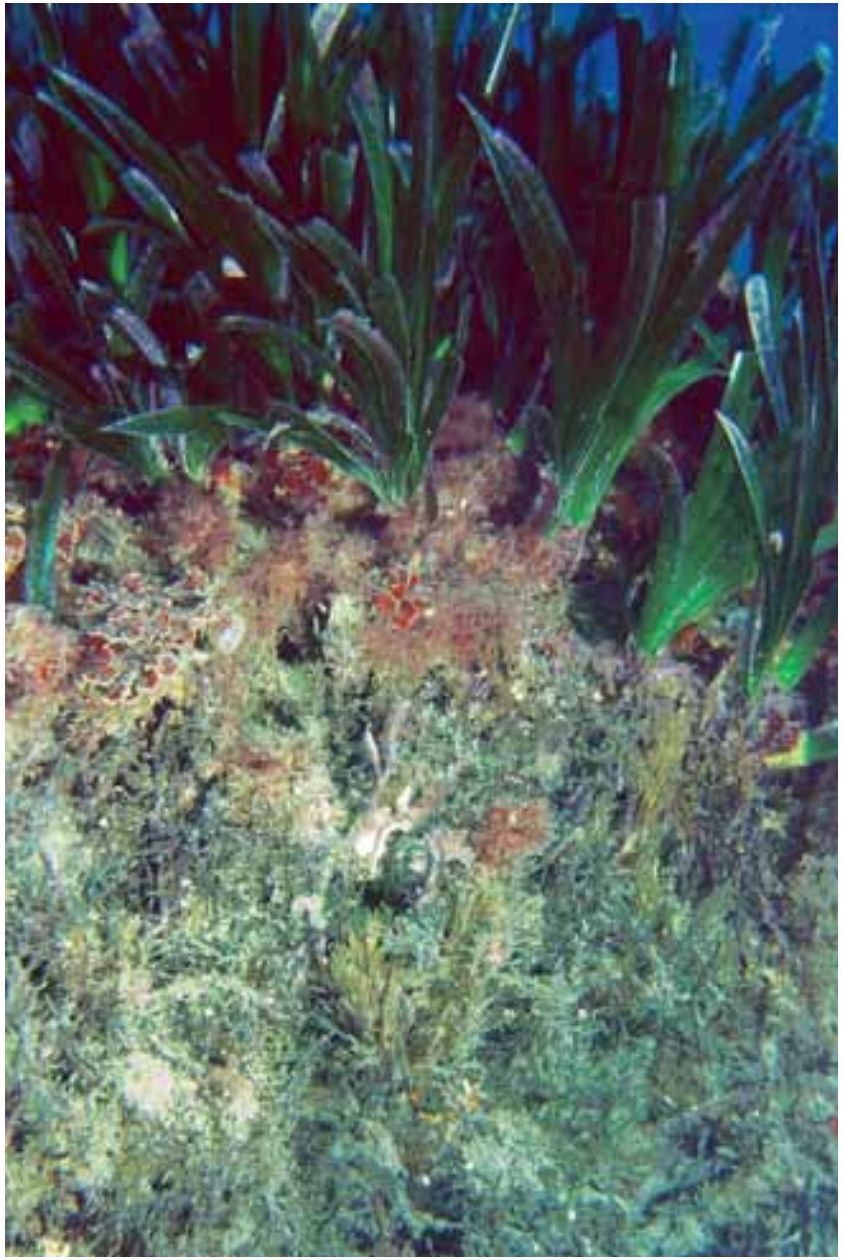


Tipologie del posidonieto e distribuzione di alcune significative componenti dell'ecosistema

I gradini di "matte", variamente orientati, accompagnano spesso le brusche interruzioni della prateria e costituiscono la frontiera tra aree vegetate e fondi sabbiosi non vegetati. Sono solitamente alti pochi decimetri, ma possono anche arrivare al metro o più. Sono tipiche strutture erosive dovute alle correnti di fondo.

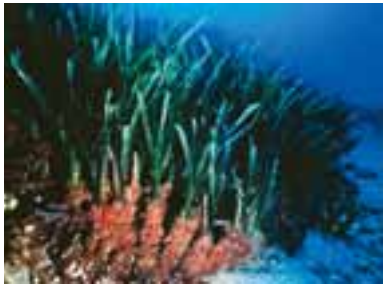
Canale "intermatte"/"matte"

Le "intermatte" erosive sono delle sorte di marmitte dei giganti scavate nella "matte", di forma circolare od ovoidale. La loro origine è probabilmente dovuta a mulinelli di correnti che fanno roteare sul fondo eventuali pietre e sassi, distruggendo localmente la "matte". Quando queste marmitte diventano profonde, il movimento dell'acqua al loro interno si attenua, l'erosione si arresta e *Posidonia oceanica* può reinstallarsi sul fondo dell'"intermatte".
Le "intermatte" marginali sono dei solchi lunghi anche parecchie decine di metri e larghi alcuni metri, paralleli alla riva. Il lato di una "intermatte" marginale verso costa è costituito da un gradino di "matte" in attiva erosione, seguito da una fascia più o meno ampia di "matte" morta, eventualmente ricoperta da sabbia. Il lato più lontano da costa è costituito da un fronte di prateria che tende a ricolonizzare lateralmente l'"intermatte". Nel corso del tempo, dunque, l'"intermatte" marginale si sposta, parallelamente a se stessa, in direzione della costa. Nei mari italiani, tipiche "intermatte" marginali sono state osservate lungo le coste laziali (Torre Astura, Circeo, Terracina).
I canali sagittali (o solchi di ritorno) sono dei canali perpendicolari alla costa scavati nella prateria dalle correnti di ritorno, cioè dal deflusso di acque che scaricano verso il largo, a livello del fondo, le masse d'acqua accumulate alla superficie dal vento e dalle onde che si infrangono sulla costa. La velocità della corrente di ritorno può essere notevole nel caso di tempeste: nei canali sagittali sono stati infatti osservati dei massi rocciosi di 50 kg trasportati per parecchie centinaia di metri. Questi canali possono essere riconosciuti fino a 10-15 m di profondità, raramente fino a 20 m. Possono essere larghi da 100 a 300 m, talvolta meno, e sono sovente bordati da gradini di "matte" così alti da poter essere definiti falesie di "matte". Nel letto dei canali si trova un sedimento costituito da sabbie grossolane e ghiaie, povere di frazione fine in quanto la corrente non ne consente il deposito: esso ospita una biocenosi caratteristica, di cui fa parte anche il famoso anfiosso *Branchiostoma lanceolatum*. Talvolta vi compaiono peculiari corallinacee a tallo libero e ramificato, simili al maërl delle coste bretoni.
Infine, le "intermatte" strutturali sono delle piccole distese di "matte" morta, generalmente inferiori a mezzo metro quadrato. Contrariamente alle strutture



Falesia di “matte” di *Posidonia oceanica*

precedentemente descritte non sono di natura erosiva: la loro origine è dovuta all’accrescimento differenziale dei rizomi. L’architettura interna della “matte” è infatti dovuta dall’alternanza di fasi di maggior crescita dei rizomi ortotropi (a crescita verticale), che assicurano lo sviluppo verticale della prateria, e dei rizomi plagiotropi (a crescita orizzontale), che permettono lo sviluppo laterale della prateria e l’espansione della “matte” negli spazi vuoti creatisi durante le fasi di crescita dei rizomi ortotropi. Senza queste alternanze di fasi, la “matte” non acquisirebbe sufficiente compattezza o si eleverebbe molto più lentamente.



Rizomi ortotropi di *Posidonia oceanica*

Esistono molti altri tipi morfo-strutturali di prateria, principalmente legati all’idrodinamismo o talvolta alla temperatura. Nonostante la loro varietà, questi tipi di prateria non sembrano avere influenza sulla densità dei fasci, la lunghezza delle foglie, il numero di foglie per fascio o la biomassa. Biometria fogliare e densità dei fasci, invece, possono essere fortemente influenzati dalla natura del substrato: su roccia, ad esempio, i fasci sono generalmente più piccoli in relazione alla maggiore difficoltà di ancoraggio e alla scarsa possibilità di assorbire nutrienti dal substrato; la loro densità, però, può risultare elevata, quasi come per compensare le loro ridotte dimensioni.

La prateria chiamata di collina è meno frequente di quella di pianura ma è comunque piuttosto diffusa, soprattutto in Mediterraneo centro-occidentale. È caratterizzata da aree di “matte” ricoperta da piante vive che si elevano rispetto alle aree sabbiose circostanti prive di vegetazione. Si incontra tra 15 e 30 m di profondità, nei settori a forte idrodinamismo. Le tempeste strappano i fasci di foglie dalle porzioni più superficiali della prateria; alcuni di questi vanno a costituire delle talee che, una volta depositatesi a profondità dove l’idrodinamismo si attenua, possono radicare e dare origine a colline che si accrescono in larghezza e in altezza. La crescita in altezza delle colline le espone nuovamente al più intenso idrodinamismo delle acque superficiali: presso la loro cima, la “matte” non riesce a trattenere il sedimento e i rizomi si scalzano. I rizomi scalzati sono vulnerabili, cosicché si forma una “intermatte”. Col tempo, questa “intermatte” si allarga, fino a che la collina non sia interamente (o quasi) distrutta. La durata di vita di una collina sarebbe dell’ordine di un secolo; potrebbe non essere una coincidenza che anche i maggiori eventi di tempesta avvengano circa una volta ogni cent’anni. Sembra che la distruzione non sia sempre completa, e che una nuova collina possa nascere dai resti di una collina preesistente. Nei mari italiani, la prateria di collina è stata descritta per le coste toscane e liguri.

Le praterie a pan di zucchero sono contraddistinte da ampie distese di “matte” morta da cui si elevano aree di *Posidonia oceanica* viva. Si rinvengono a bassa profondità, in ambienti ridossati, e si originano come prateria di pianura. A causa verosimilmente della temperatura dell’acqua troppo elevata, gran parte della prateria muore: sopravvivono delle macchie più o meno circolari che continuano a crescere verso la superficie, riducendo man mano il loro diametro e determinando così la forma a pan di zucchero caratteristica. Le praterie a cordoni presentano lunghe digitazioni di prateria su “matte” con andamento perpendicolare alla costa, alternate a canali sabbiosi lunghi da 5 a 100 m e ampi alcuni metri. Sono state descritte per la prima volta nell’estremo ponente ligure e si originano probabilmente come conseguenza del grande sviluppo dei canali sagittali lungo un tratto di costa intensamente battuta dal moto ondoso.

Le praterie tigrate consistono in bande di *Posidonia oceanica* larghe 1-2 m e lunghe parecchie decine di metri, separate da “matte” morta, su cui si installano frequentemente *Cymodocea nodosa* e/o *Caulerpa prolifera*. Le bande di prateria si spostano parallelamente a se stesse, contro la corrente dominante, a una velocità media di 10 cm/anno. In sezione trasversale, una banda di prateria è formata da un fronte di rizomi plagiotropi, che progredisce sulla “matte” morta, da un pendio dolce retro-frontale, e da un gradino erosivo a livello del quale la banda si distrugge. Le praterie tigrate si sviluppano a bassa profondità (meno di 10 m), soprattutto nel sud del Mediterraneo; nei nostri mari, una prateria ascrivibile a questa morfologia è stata descritta a Marsala (Sicilia).

Alle praterie tigrate sono spesso associate formazioni a microatolli. Un microatollo è, inizialmente, una macchia più o meno circolare di *Posidonia oceanica*, a bassissima profondità. Man mano che la macchia si allarga, grazie alla crescita di rizomi plagiotropi periferici, la pianta muore al centro, forse a causa di temperature elevate e di un ridotto ricambio dell’acqua. Si origina così una corona di posidonie vive attorno ad un’area di “matte” morta. Nei mari italiani, siffatti microatolli sono stati descritti nello Stagnone di Marsala.

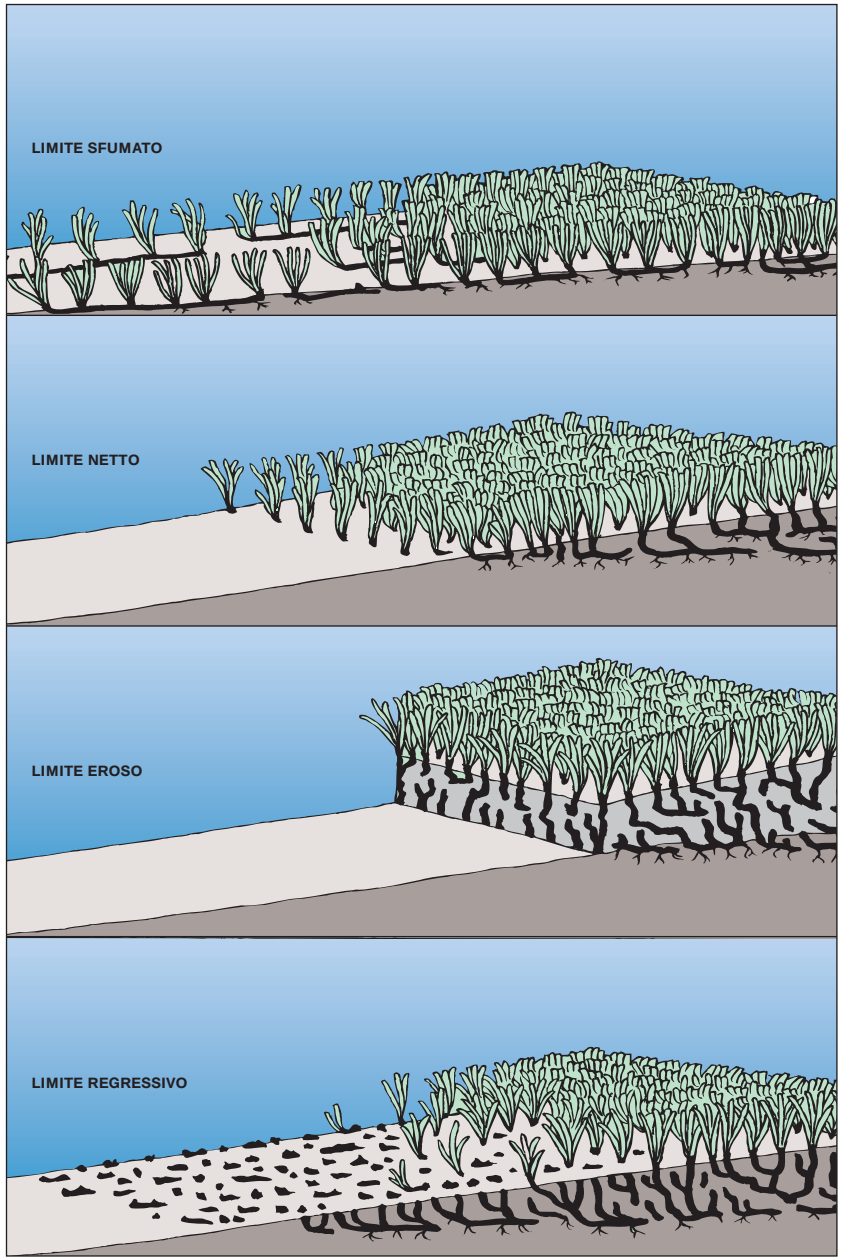
Le praterie a scalinata si sviluppano su fondi rocciosi relativamente ripidi, percorsi da correnti di fondo discendenti. L’origine è simile a quello della prateria tigrata. Bande di prateria, parallele fra loro, larghe da 0,5 a 3 m, rimontano il pendio, contro la corrente discendente. Dal lato a monte di ogni gradino della scalinata, rizomi plagiotropi progrediscono, a velocità media di 10 cm/anno; dal lato a valle, la corrente erode la “matte” formando dei gradini. Il ciclo di risalita del pendio e di distruzione della “matte” è un processo lento, che richiede probabilmente tempi dell’ordine dei secoli.

Infine, le praterie a bande ondulate si sviluppano prevalentemente verso il limite inferiore di *Posidonia oceanica*, tra 25 e 40 m di profondità, su substrato suborizzontale, ma sono state osservate anche a bassa profondità. Sono caratterizzate da bande di prateria larghe fino ad una decina di metri, parallele fra loro e anastomizzate, in leggerissimo rilievo, separate da bande di sabbia ricoprenti eventualmente della “matte” morta, anch’esse parallele fra loro. Si trovano solitamente all’ingresso di baie e nei passaggi tra isole vicine; la loro genesi, ancora non ben conosciuta, è forse legata a variazioni del regime sedimentario o della torbidità delle acque.

Gli aspetti più peculiari delle praterie di *Posidonia oceanica* sono le formazioni affioranti, che si possono osservare presso il limite superiore in zone con basso fondale. L’azione congiunta della crescita della pianta e dell’apporto di sedimento fanno in modo che col tempo la “matte” si elevi sino alla superficie. L’idrodinamismo si oppone però a questa crescita verticale e può determinare la formazione di un falso piano di “matte” morta a bassissima profondità. Al contrario, in ambiente calmo, soprattutto al fondo di baie, la risalita della “matte” prosegue indisturbata e le foglie giungono ad emergere sulla superficie del mare.

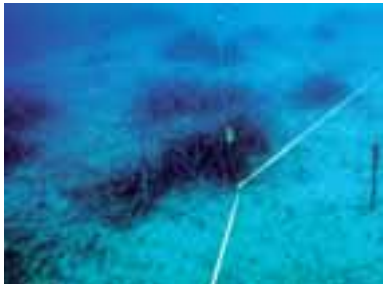
In un primo tempo, l’emersione dell’estremità delle foglie si localizza presso la linea di riva, originando una formazione affiorante marginale (spesso chiamata con l’espressione originale francese récif-frangeant). A questo punto, lo sviluppo verticale della “matte” si arresta e la crescita della formazione può avvenire solo verso il largo. Questa crescita laterale, che è stata stimata pari a 8-10 m al secolo, allarga man mano la formazione affiorante marginale. In seno ad essa, le foglie e la debole profondità rallentano il ricambio dell’acqua: la temperatura può scendere al di sotto (in inverno) o innalzarsi al di sopra (in estate) dei limiti di tolleranza di *Posidonia oceanica*; anche la salinità, in caso

Rizomi plagiotropi di *Posidonia*



Schema illustrante i diversi limiti inferiori delle praterie a posidonia

di pioggia, può abbassarsi in modo eccessivo. Fra la costa e il fronte esterno della formazione affiorante, le piante di posidonia muoiono: si forma così una sorta di laguna. Il fronte di emersione di *Posidonia oceanica* costituisce allora una formazione affiorante a barriera, in analogia con quanto avviene nella costruzione delle scogliere coralline tropicali (e infatti viene frequentemente chiamata con il nome originale francese di "récif barrière"). Con il tempo, la barriera di posidonia progredisce verso il largo e la laguna si allarga. Nella laguna, il cui fondo si arricchisce di componente fangosa, si possono installare *Cymodocea nodosa* e *Nanozostera noltii.* Numerose formazioni affioranti a barriera sono purtroppo andate distrutte, a causa della loro localizzazione in baie che sono state trasformate in porti o comunque sono state sottoposte a pesanti impatti antropici.



Limite regressivo di posidonieto

Lungo la costa occidentale del Golfo del Tigullio in Liguria, tra Portofino e Rapallo esistevano importanti formazioni affioranti che erano state descritte all'inizio del '900 da Raffaele Issel, uno dei padri della biologia marina italiana: oggi rimangono delle vestigia solo nel seno di Prelo, mentre tutto il resto è andato distrutto a causa dello sviluppo della strada costiera, delle discariche terrigene per la creazione di spiagge, della costruzione di approdi. La formazione affiorante sul lato settentrionale dell'isola di Palmaria, che chiude a ovest il Golfo della Spezia, è stato distrutto dalle costruzioni, dai lavori per la posa di tubature e cavi, dagli ancoraggi e, in ultimo, dallo sviluppo delle mitilicolture. Al largo della penisola del Sinis, le formazioni affioranti a barriera erano un tempo così sviluppate che i pescatori non avevano necessità di tirare in secco le loro barche sulla spiaggia ma potevano ancorarle con sicurezza nella laguna, al riparo della barriera di foglie che frenava le onde che venivano dal largo.

Le formazioni affioranti rappresentano il tipo di limite superiore delle praterie più spettacolare. La morfologia dei limiti, sia superiore sia, e soprattutto, inferiore è una caratteristica molto importante delle praterie perché fornisce informazioni sui fattori che lo determinano, sullo stato di salute del posidonieto e quindi, in ultima analisi, sulle caratteristiche dell'ambiente in cui si trova la prateria.

Una classificazione formale della tipologia dei limiti esiste solo per quello inferiore, che rappresenta la zona più profonda raggiunta da *Posidonia oceanica*. Si usa anzitutto distinguere tra un limite sano e un limite in regressione, per cause naturali o antropiche. Sono stati definiti tre tipi di limite sano.

Il limite sano sfumato si riconosce per la presenza di rizomi plagiotropi disposti parallelamente alla direzione di massima pendenza del fondale, con "mat-

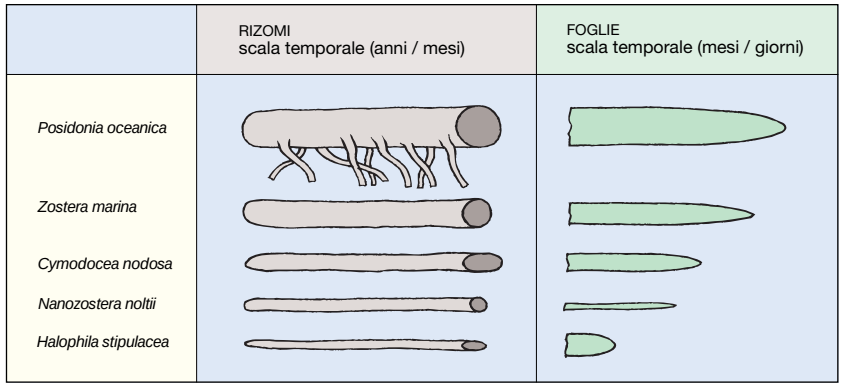
te" assente o molto sottile. Il ricoprimento è basso, inferiore al 50%, e si riduce gradualmente con la profondità. Questa tipologia si presenta a sua volta con due aspetti principali: irregolare, costituito da chiazze di *Posidonia oceanica* alternate a sedimento non colonizzato, oppure progressivo, con rizomi traccianti verso la profondità; i rizomi traccianti possono essere lunghi, disposti come filari, o corti e ramificati. Il termine progressivo deve essere inteso in termini puramente descrittivi, in quanto non comporta necessariamente che in quel punto la prateria stia realmente "progredendo". Il limite sfumato è correlabile alla graduale estinzione della luce con la profondità.
Il limite sano netto si ha quando la prateria termina bruscamente: il ricoprimento resta superiore al 50% fin sul bordo, dove i rizomi sono ortotropi ma la "matte" è comunque poco sviluppata. Tale limite si osserva quando si ha un cambio improvviso della natura del sedimento: se ad esempio si fa troppo infangato, *Posidonia oceanica* non si installa.
Infine, nel limite sano eroso il ricoprimento è superiore al 75% e la densità può superare 350 fasci/m^2; la "matte" è esposta, formando un gradino alto più di 20 cm o addirittura una falesia di 1 m di altezza. In questa situazione il limite è determinato dalle correnti di fondo: se il limite è lineare, le correnti sono tangenziali alla prateria, se è digitato, le correnti sono più probabilmente generate da flussi di ritorno perpendicolari alla costa.
Tutte e tre le tipologie descritte si possono osservare anche in ambito regressivo. Il limite regresso è risalito verso costa rispetto al limite sano e si viene quindi

Ciuffi isolati di *Posidonia oceanica* su roccia

a trovare ad una profondità inferiore. Al di là del limite attuale, al largo, si possono osservare distese di "matte" morta più o meno ampie in cui possono sussistere ciuffi isolati di posidonie vive che vengono chiamati "isolotti testimone".
Nel limite regressivo sfumato, il ricoprimento di *Posidonia oceanica* viva è inferiore al 50%, e si osservano rizomi plagiotropi morti. La regressione è causata da un aumento di torbidità, che ha a sua volta diminuito la penetrazione della luce al fondo.
Nel limite regressivo netto, il ricoprimento cade bruscamente da valori intorno al 50% a zero; i rizomi ortotropi appaiono scalzati o, viceversa, parzialmente sepolti. La regressione è causata da un aumentato deposito di sedimenti fini, che hanno soffocato la posidonia a partire da una certa profondità. Si osservano facilmente al largo di spiagge dove sono state effettuate discariche di grandi quantità di materiale terrigeno ricco di componente fangosa.
Nel limite regressivo eroso, il ricoprimento è superiore al 75% e si forma un nuovo gradino di "matte". La regressione è dovuta all'alterazione del regime delle correnti di fondo, che ne ha comportato l'intensificazione e la risalita. Questa alterazione può essere stata causata da opere costiere che hanno modificato la direzione delle correnti.
A parte i casi di sviluppo di formazioni affioranti, il limite superiore può assumere una morfologia netta o a chiazze, con *Posidonia oceanica* viva che si alterna a "matte" morta. Quest'ultimo tipo di limite può essere dovuto sia a cause antropiche (solitamente interventi che ridisegnano la linea di costa) sia a cause naturali (variazioni del regime idrodinamico correlate ai cicli climatici). Per quanto riguarda i limiti interni della prateria, quelli che delimitano le porzioni più o meno estese di *Posidonia oceanica*, essi presentano morfologie varie; la presenza di "matte" morta può essere dovuta sia a fattori naturali (correnti di fondo o moto ondoso) oppure a impatti antropici, quali ancoraggi o pesca a strascico.
Mentre fenomeni regressivi si possono osservare a qualsiasi batimetria e in corrispondenza di qualunque tipologia di limite, il limite sfumato non si trova generalmente né come limite superiore né come limite interno di una prateria. Il limite netto, sia naturale sia regressivo, è quello che si presenta con la maggiore frequenza in corrispondenza del limite superiore e è anche il limite tipico delle parti interne delle praterie.
Distinguere se un limite regressivo, ovunque localizzato, sia dovuto a cause naturali o all'azione dell'uomo non è mai facile e richiede un'attenta analisi delle condizioni al contorno. Le cause naturali sono tipicamente quelle legate alle variazioni climatiche: non dobbiamo dimenticare, tuttavia, che l'attuale accelerazione del cambiamento del clima è anch'esso in gran parte provocato dall'uomo. Lo sviluppo di rigorosi protocolli di studio e di modelli interpretativi è indispensabile per comprendere l'evoluzione futura degli ecosistemi legati alle praterie di posidonia e di altri prati a fanerogame.

■ Dinamica e funzionamento degli ecosistemi a fanerogame

Indipendentemente dall'architettura che assume la prateria, ad un osservatore casuale queste distese di fanerogame possono apparire come scenari sommersi statici; al contrario, esse sono soggette ad un intenso dinamismo che comporta la perdita e la sostituzione continua dei "moduli di base" (ciuffo fogliare e rizoma sottostante) che, se non alterata, mantiene la struttura in un equilibrio dinamico la cui stabilità può essere valutata addirittura in migliaia di anni, come può avvenire per le praterie di *Posidonia oceanica*.
In condizioni di equilibrio, la dinamica di questi popolamenti vegetali è strettamente dipendente dalla longevità del "modulo". In generale, il comparto dei rizomi, spesso coperto dal sedimento, è più persistente rispetto alla parte fotosintetizzante grazie alla presenza di cellule tanniniche e di lignina, che ne rallentano la decomposizione.
La longevità del "modulo" di una fanerogama è direttamente rapportata alle dimensioni della pianta. A titolo d'esempio, le foglie di *Halophila stipulacea* (che possono raggiungere dimensioni minime di 1 cm) hanno una persistenza massima sul ciuffo di 30 giorni mentre quelle di *Posidonia oceanica,* che possono superare anche 150 cm di lunghezza, arrivano a 11 mesi. Questa relazione tra longevità dei "moduli" e dimensioni della specie consente alla pianta un uso efficiente delle proprie risorse energetiche: i maggiori "costi di costruzione" dei moduli di dimensioni maggiori sono compensati da una efficienza funzionale a più lungo termine. Ne deriva che la struttura di una prateria ha una sua dinamica spaziale regolata dai tassi di crescita del "modulo", che sono specie-specifici. Così, l'espansione di un prato mediante sola riproduzione vegetativa può essere predetta conoscendo la velocità di crescita del rizoma (variabile da circa 2 cm/anno in *Posidonia oceanica* ai 300 cm/anno in *Halophila stipulacea*).



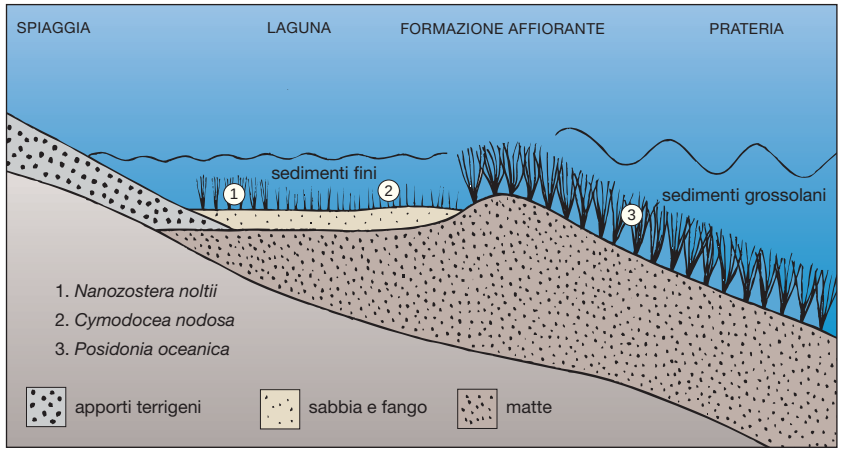
Differenze dimensionali di rizomi e foglie di fanerogame marine

I rizomi, le scaglie e le radici di posidonia sono poco putrescibili e si conservano dunque per parecchi secoli o millenni all'interno della "matte". Nel corso del tempo, la "matte" forma una solida terrazza che si accresce verso la superficie, comportando un innalzamento del fondale compreso tra 34 cm e 86 cm al secolo. La velocità di sviluppo della "matte" è legata alla crescita verticale dei rizomi ortotropi: questi tendono a crescere in altezza, anche in assenza di sedimentazione, ma in presenza di sedimentazione elevata sono in grado di accelerare la loro crescita per evitare il seppellimento. Se il tasso di sedimentazione supera la velocità massima di crescita dei rizomi ortotropi (dell'ordine di 1 cm/anno), si arriva alla morte della prateria e all'insabbiamento della "matte". Paradossalmente, però, la scomparsa dello strato fogliare fa sì che il movimento dell'acqua non sia più frenato dalle foglie e il deposito di sedimento venga meno: la "matte" morta può pertanto rimanere scoperta o addirittura andare incontro ad erosione e distruzione.

Caulerpa prolifera su "matte" morta di posidonia

L'intrico di rizomi e radici delle altre fanerogame non arriva mai a costituire una terrazza consolidata comparabile alla "matte": quando è sviluppato viene talvolta indicato con il termine inglese di "turf". Per contro, tutte queste fanerogame possono a loro volta colonizzare la "matte" morta, cioè la terrazza che permane dopo la morte della posidonia. La "matte" morta può anche essere colonizzata da diverse specie di alghe, tra cui è opportuno ricordare le specie del genere *Caulerpa*: nei mari italiani, sulla "matte" morta sono state osservate sia la specie nativa *Caulerpa prolifera* sia le due specie non indigene *Caulerpa taxifolia* e *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. Queste due ultime specie pur avendo origini biogeografiche differenti (tropicale la prima e temperato-calda la seconda) vi si sono adattate assumendo degli andamenti altamenti invasivi.
Si ritiene che *C. prolifera* e le fanerogame siano legate tra loro in un ciclo di successione ecologica. Una consolidata ipotesi che trova molto consenso tra gli studiosi della vegetazione sottomarina afferma infatti che *C. prolifera* e *Cymodocea nodosa*, ad esempio, precedono *Posidonia oceanica* nella colonizzazione di un substrato vergine e in un certo senso "preparino la strada" alla sua installazione (successione primaria). Per contro, possono anche colonizzare la "matte" morta facilitando quindi il ritorno di posidonia quando le condizioni che avevano portato alla sua scomparsa siano venute meno (successione secondaria). In realtà questa ipotesi non è mai stata verificata speri-

mentalmente: i tempi di reinstallazione di *Posidonia oceanica* sono molto lunghi (diverse decine di anni), cosicché quello che comunemente si osserva è che, laddove la "matte" morta viene colonizzata da altre fanerogame o da alghe, queste tendono a permanere. Le specie non indigene di *Caulerpa* sono arrivate in Mediterraneo solo recentemente e non si sa se e quanto si inseriscano nell'ipotetico ciclo di successione ecologica dei posidonieti; studi recenti dimostrerebbero piuttosto che queste specie tendono a soppiantare *Posidonia oceanica*. Oggi si tende a parlare di "sostituzione" per indicare la persistenza di *Cymodocea nodosa* o di una delle specie di *Caulerpa* sulle distese di "matte" morta, cioè laddove un tempo allignava *Posidonia oceanica.* La scomparsa delle praterie di posidonia e la loro sostituzione da parte di queste altre specie comportano il fenomeno del "cambiamento di fase" (dall'espressione inglese *phase shift*): l'ecosistema passa infatti da una fase caratterizzata da un ingegnere (*Posidonia oceanica*) in grado di costruire terrazze (la "matte") e di produrre sedimento autoctono, ad ingegneri con capacità costruttiva molto minore (*Cymodocea nodosa*) o praticamente nulla (le specie di *Caulerpa*).
Le quattro fanerogame native del Mediterraneo, pur sottoposte ad uno stesso regime climatico, mostrano andamenti stagionali di biomassa commisurati alle capacità delle singole specie di immagazzinare sostanze di riserva e di "ridistribuirle" nei "moduli" per garantire una maggiore "autonomia" alla pianta allorché le condizioni diventino sfavorevoli. In accordo con ciò, quanto minori sono le dimensioni della specie, minore sarà la sua potenzialità di immagazzinare riserve e quindi maggiori saranno le variazioni stagionali a cui i diversi comparti della pianta andranno incontro.



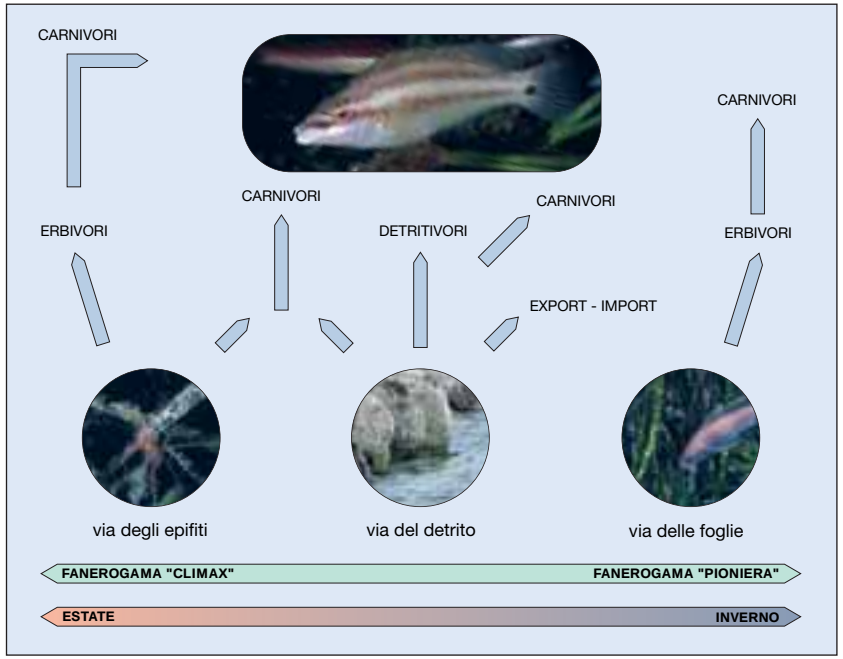
Sezione schematica di una barriera di *Posidonia oceanica* e distribuzione di altre fanerogame associate, in relazione all'idrodinamismo e agli apporti sedimentari

Queste variazioni di biomassa si ripercuotono naturalmente sia sulla fisionomia delle praterie sia sulle comunità ad esse associate. In particolare, il comparto ipogeo, formato dall'intreccio dei rizomi e delle radici, esercita un ruolo sia strutturale (ancoraggio al substrato) sia funzionale (stoccaggio di amido). La fanerogama che investe maggiormente in biomassa per questo comparto è *Posidonia oceanica*, con una percentuale relativa sempre superiore al 70% rispetto a quella totale. Questa allocazione di biomassa garantisce alle praterie di *Posidonia oceanica* una maggiore resistenza a forzanti esterni, a cui al contrario sono soggette piccole specie come *Nanozostera noltii*, che hanno fluttuazioni stagionali molto marcate. Anche le variazioni della biomassa epigea (rappresentata cioè dai ciuffi fogliari) hanno effetti importanti sul funzionamento del sistema. Infatti un rinnovamento più accelerato delle foglie consente una disponibilità qualitativa maggiore di nutrimento per gli erbivori (basso contenuto di lignina ed elevato contenuto di carboidrati). Al contempo la maggiore persistenza delle foglie consente la crescita di comunità associate più diversificate e quindi amplifica la rete trofica del sistema stesso.

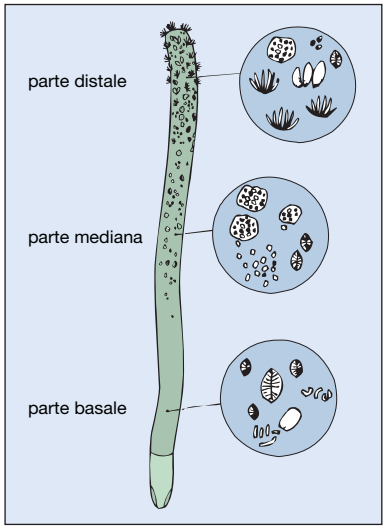
Gli ancoraggi causano gravi danni al posidonieto

La stretta relazione tra struttura e funzionamento in questi sistemi costieri, di cui le fanerogame rappresentano lo scheletro portante, risulta evidente nello studio delle relazioni trofiche tra i vari comparti. Il ricco e diversificato feltro epifita che si forma sulle lunghe foglie di *Posidonia oceanica* in estate rappresenta la via principale di trasferimento energetico, enfatizzando il ruolo strutturale di questa specie climax. Nella stagione fredda, quando la componente algale è meno diversificata, il trasferimento di energia è vicariato dal detrito. Il basso contenuto in carboidrati strutturali nelle specie a crescita più rapida fa sì che in questi sistemi pionieri la via delle foglie possa rivestire un'importanza maggiore.
Al momento non ci sono molti studi che evidenziano come i cambiamenti strutturali e funzionali della prateria incidano sulla composizione e struttura delle comunità associate. In generale si è osservato che nelle praterie soggette a forti variazioni stagionali, come quelle formate dalle piccole fanerogame, le interazioni tra pianta e comunità animali sono più strettamente correlate. In generale, soprattutto a livello fogliare, sono evidenti gli adattamenti trofici della fauna sessile e vagile che colonizza le fanerogame. Oltre che da carnivori, onnivori e sospensivori la comunità dominante è formata da erbivori ed erbi-

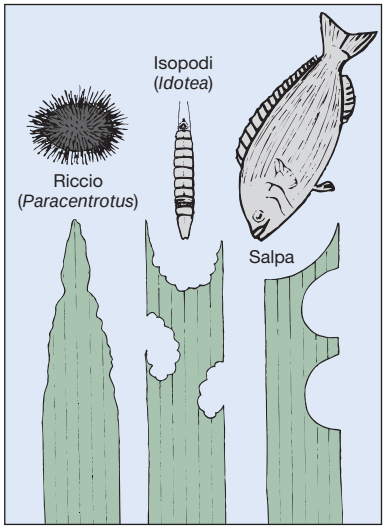
vori-detritivori, ossia da organismi che trovano nutrimento sia direttamente dalla pianta sia, soprattutto, dalla ricca comunità algale epifita. Nella parte basale delle foglie, più giovane e in continuo rinnovamento, la comunità algale epifita è formata quasi esclusivamente da forme unicellulari, le diatomee; nella parte mediana dominano forme macroalgali incrostanti mentre è solo sulla parte più distale della foglia che la comunità algale epifita raggiunge la sua complessità maggiore, con forme erette che crescono sulle incrostanti.
La rete trofica che si instaura in questi sistemi è quindi regolata da relazioni multiple, variabili su scala sia spaziale sia temporale, e che dipendono dalla fanerogama, dagli epifiti, dagli erbivori e dagli altri consumatori. È possibile evidenziare tre tipologie di flusso di materia ed energia in questi sistemi, che vanno dai produttori primari ai predatori, e che corrispondono a tre grossi comparti del sistema: comparto fogliare, comparto del detrito, comparto degli epifiti.
Gli epifiti rappresentano sicuramente un'importante fonte di energia, se si pensa che possono contribuire sino al 40% della biomassa fogliare totale. Alla diversa funzionalità algale si contrappone un variegato assortimento di tecniche di "reperimento" delle alghe da parte della fauna vagile associata, paragonabile all'assortimento di spazzole, forbici e pettini che formano l'attrezzatura di un barbiere!



Rete trofica che si instaura in una prateria a *Posidonia oceanica*



Comunità epifita su un lembo fogliare di *Posidonia oceanica*



Segni lasciati sulle foglie da diversi organismi che si nutrono di *Posidonia oceanica*

Grazie alla presenza nelle foglie di composti fenolici (che funzionano da deterrenti per gli erbivori) e di carboidrati strutturali poco digeribili, pochi sono i consumatori diretti delle foglie di fanerogame; tra questi i ricci e alcuni pesci sono sicuramente quelli che consumano quantitativamente più degli altri, andando a modificare in maniera eclatante gli scenari subacquei.
Le foglie cadute rappresentano un'importante fonte di nutrimento che è quella del detrito fogliare. Questo comparto infatti perde progressivamente quei composti fenolici che lo rendevano inappetibile e la sua digeribilità viene aumentata dall'azione di trasformazione dei carboidrati strutturali operata da microrganismi (batteri e funghi), rendendolo disponibile per altri consumatori. Il detrito, che può rappresentare una parte preponderante della biomassa totale del sistema, toccando percentuali del 60-80%, può essere consumato *in situ* o esportato in zone adiacenti. Un esempio tipico è rappresentato dagli ammassi di foglie che vengono spiaggiati ogni anno e il cui ammontare può variare in relazione alla fanerogama e alle condizioni idrodinamiche. Calcoli effettuati per le praterie di *Posidonia oceanica* hanno dimostrato che solo il 3% della produzione primaria netta rimane all'interno della prateria, mentre il 12% viene spiaggiato, il 48% rimane nella colonna d'acqua sotto forma di materiale particellato, e il 37% giunge ad ecosistemi più profondi sotto forma di frammenti.
L'esportazione di tali ingenti quantità di sostanza organica rappresenta un ulteriore punto a favore dell'importanza dei sistemi a fanerogame, in quanto contribuiscono alla diversificazione della rete trofica dei sistemi costieri.

Aspetti vegetazionali

GIUSEPPE GIACCONE

■ Premessa

Radici di *Posidonia oceanica*

Gli aspetti vegetazionali delle praterie a fanerogame marine sono oggetto di studio qualitativo e quantitativo di una scienza che utilizza il metodo sistemico (che prende in esame i sistemi naturali complessi formati dalle componenti viventi e ambientali) e l'approccio ecosistemico (che studia le interazioni relazionali tra componenti, strutture e flusso di energia nei sistemi naturali): la Fitosociologia, cioè la sociologia dei vegetali. Questa scienza studia il manto vegetale e i rapporti di questo con i fattori ambientali nella composizione, nella struttura, nel periodismo stagionale, nel dinamismo successionale, cioè nell'avvicendarsi delle fasi iniziali e mature di occupazione del suolo da parte del manto vegetale.

L'associazione vegetale è l'oggetto della Fitosociologia ed è il modello astratto di un aggruppamento vegetale concreto, individuato da un contingente di specie, dette caratterizzanti (esclusive o preferenziali).

Braun-Blanquet così definì l'associazione vegetale: "Un raggruppamento vegetale più o meno stabile ed in equilibrio con il mezzo ambiente, in cui certi elementi quasi esclusivi rivelano con la loro presenza un'ecologia particolare ed autonoma".

Le associazioni vegetali fomate dalle piante marine sono raggruppate secondo lo schema di classificazione fitosociologica di seguito riportato:

Zosteretea marinae Pignatti 1953; *Zosteretalia* Béguinot 1941; *Zosterion* Christiansen 1934; *Zosteretum marinae* (Van Goor 1921) Harmsen 1936; *Nanozosteretum noltii* Harmsen 1936; *Cymodoceetum nodosae* Giaccone e Pignatti 1967; *Posidonietum oceanicae* (Funk 1927) Molinier 1958, raggruppamento vegetale ad *Halophila stipulacea*.

In parziale alternativa Rivas-Martinez nel 2001 ha proposto lo schema seguente: *Posidonietea* Den Hartog 1976; *Posidonietalia* Den Hartog 1976; *Posido-*

Fiori di *Posidonia oceanica* in senescenza

nion Braun-Blanquet, Roussine e Nègre 1952; *Posidonietum oceanicae* Funk 1927.
In accordo con le norme condivise del Codice di Nomenclatura Fitosociologica qui si preferisce il primo schema sia per ragioni di precedenza nella pubblicazione nomenclaturale sia perché è generalmente usato nei documenti che riportano studi sulla vegetazione del Mediterraneo. La classe *Zosteretea*, secondo Pignatti, comprende la "vegetazione fanerogamica delle acque salse sommersa ed affiorante a bassa marea". Le unità fitosociologiche di questa classe formano un caratteristico paesaggio vegetale sommerso o Seascape lungo tutta la fascia costiera del Mediterraneo.
Tutte le associazioni ad angiosperme marine del Mediterraneo hanno nel contingente caratterizzante una sola specie. I popolamenti vegetali epifiti delle foglie o dei rizomi formano associazioni vegetali distinte e i rispettivi contingenti caratterizzanti non sono mai esclusivi e spesso neppure preferenziali di questi vegetali superiori. Essi si possono riscontrare anche su macroalghe del sistema fitale del piano infralitorale del Mediterraneo e pertanto sono inquadrati dal punto di vista fitosociologico nella classe *Cystoseiretea* che raggruppa le comunità vegetali fotofile che richiedono una luminosità elevata (almeno valori compresi tra 60% e 1% dei valori di irradianza misurati in superficie) o nella classe *Lithophylletea* che comprende le associazioni sciafile che si sviluppano con valori di luminosità compresi tra 0,1% e 0,02% dell'irradianza misurata in superficie.

Halophila stipulacea con fiore maschile

Posidonietum oceanicae. La prateria a *Posidonia oceanica* caratterizza la zona del fondo marino sempre sommersa, denominata piano infralitorale, su substrato mobile e può formare chiazze sparse anche su substrato roccioso. Si tratta di un popolamento molto complesso che è stato oggetto di numerosi studi. La prateria a *P. oceanica* è anche una biocenosi (per alcuni un ecosistema). La prateria nel suo sviluppo è articolata in chiazze dense ("matte") e in radure spoglie ("intermatte"). Queste due componenti dinamiche della prateria in rapporto all'ubicazione topografica, all'idrologia e al ritmo di sedimentazione possono assumere molteplici tipologie morfologiche o ecomorfosi. Sono distribuite a mosaico in baie riparate; si dispongono a barriera in baie moderatamente esposte; formano bande o cordoni tigrati negli stretti con correnti unidirezionali; danno origine a colline in aree con correnti e controcorrenti circolari; costituiscono chiazze di varie forme e dimensioni su rocce esposte a sedimentazione.
Elemento importante per determinare la densità di una prateria è il numero di fascicoli fogliari per metro quadrato, che costituisce un indice sinecologico importante per valutare la qualità dell'ambiente. Altri elementi di valutazione ambientale sono la profondità e la tipologia del limite inferiore della prateria. Un elemento di diagnosi ecologica è, infine, la tipologia di crescita dei rizomi: ortotropi e plagiotropi, a sviluppo rispettivamente subverticale e suborizzontale. La frequenza della fenologia riproduttiva (il manifestarsi di eventi di fioriture e di fruttificazione) è stabilita con il metodo lepidocronologico (cioè con lo studio nel numero dei cicli di scaglie fogliari sui rizomi ortotropi) che fornisce ulteriori informazioni sul dinamismo ambientale in scala cronologica anche pluridecadale.
La prateria si accresce in verticale di circa un centimetro l'anno, intrappolando i sedimenti tra i rizomi ortotropi. Le foglie hanno guaine arcuate, semiamplessicauli, ma non auricolate munite di una ligula molto corta. La caduta autunnale delle foglie lascia le fibre della guaina attaccate ai nodi del rizoma sotto forma di scaglie di spessore ciclico nell'arco dell'anno. Il numero dei cicli annuali di scaglie serve a datare l'età dei rizomi, soprattutto ortotropi, con la tecnica della lepidocronologia. Le fibre cadute e aggrovigliate da fenomeni idrodinamici formano palle dette egagropile per la somiglianza a sferoidi di sterco lasciati sulle spiagge da erbivori.
La specie è endemica cioè esclusiva del Mediterraneo. Altre specie del genere *Posidonia* sono endemiche dell'Australia. Studiando il dinamismo della prateria si è evidenziata una serie successionale che inizia da una radura, evolve in praticelli a caulerpe e/o a *Halopteris* e *Jania*, a volte passa per una facies a *Cymodocea*, per ospitare plantule germinate da semi o da rizomi staccatisi da praterie adiacenti.

Fiore di *Cymodocea nodosa*

***Cymodoceetum nodosae*.** La specie caratteristica di questa associazione è *Cymodocea nodosa.*
L'associazione è stata descritta per il Golfo di Trieste, dove i prati a *Cymodocea* generalmente vicariano le praterie a *P. oceanica*. Questa associazione che nel Golfo di Trieste ha il suo limite inferiore a 6-7 metri di profondità, nel resto del Mediterraneo si spinge anche a 30-35 metri nell'Infralitorale inferiore.
Si afferma su sedimenti di sabbie con prevalenza di elementi fini scarsamente ossidati (sabbie fini ben calibrate e sabbie fangose in ambiente calmo).
Sulle foglie si sviluppa in maniera impoverita la stessa associazione vegetale fotofila che si afferma sulle foglie di posidonia, sui rizomi invece non vi sono elementi sciafili.

Nanozosteretum noltii. L'associazione è stata descritta per le coste tedesche del Mare del Nord e in Italia sono stati riportati rilevamenti per la Laguna Veneta, dove si afferma nelle velme e nelle paludi costiere. Il rilevamento del neotipo (il tipo nuovamente descritto e regolarmente documentato da rilevamenti in ambiente mediterraneo) è stato effettuato nel Golfo di Trieste.
Forma praticelli poco estesi, alti 1-2 decimetri. In relazione ai valori di salinità, di temperatura e di granulometria del sedimento cambia il corteo di specie animali e vegetali epibionti, accompagnatrici che manifestano ampia valenza ecologica e quindi scarsa fedeltà preferenziale.
I sedimenti fini sui quali si afferma hanno sempre una significativa presenza di processi riduttivi che non permettono l'insediamento delle altre talassofite, ma che consentono l'insediamento di specie del genere *Caulerpa*, dotate di elevata capacità competitiva soprattutto negli ambienti con salinità marina.

***Zosteretum marinae*.** La prima descrizione dell'associazione a *Zostera marina* è stata fatta per le coste olandesi. Il neotipo è stato descritto nella Baia di Panzano alla foce del Timavo.
Il popolamento si presenta in prati e chiazze poco estesi e con una significativa componente di epibionti animali e vegetali. Gli epibionti variano al variare della salinità e della temperatura del corpo idrico e quindi le specie non possono essere attribuite al contingente caratterizzante che rimane monospecifico come nelle altre associazioni a talassofite.
Nella letteratura antecedente al 1950 spesso *Z. marina* è stata confusa con altre talassofite e così i popolamenti da essa caratterizzati. Gli unici popolamenti significativi ancora presenti in Italia sono localizzati nell'Alto Adriatico. In Mediterraneo è possibile ritrovarli in Mar Nero e alla foce dei grandi fiumi e in particolare nei complessi lagunari dei loro delta.

Aggruppamento vegetale a *Halophila stipulacea*. Rilevamenti fitosociologici sono stati pubblicati nello studio di alcuni prati ubicati nel Golfo di Catania, mentre uno studio fitosociologico stagionale è stato realizzato di recente a sud di Siracusa a Capo Meli.
In questa località *Halophila* è associata a due cloroficee fissate al sedimento con strutture simili a radici: *Caulerpa prolifera* e *Caulerpa racemosa* e porta numerosi fiori unisessuati maschili ma nessun fiore femminile.
La flora epifitica delle foglie forma popolamenti fotofili impoveriti come quelli che si sviluppano sulle altre angiosperme marine, non vi sono epifiti sciafili sui rizomi. Raramente forma praticelli puri estesi per alcuni ettari, com'è stato osservato a Vulcano, generalmente si trova in chiazze poco estese o in prati misti con *Cymodocea nodosa*, con *P. oceanica* o con specie del genere *Caulerpa*.

Caulerpa racemosa su "matte" morta di posidonia

■ Associazioni di epifiti delle foglie e dei rizomi delle angiosperme marine

***Myrionemo-Giraudietum sphacelarioidis*.** L'insieme delle specie epifite sulla fronda di posidonia è stato considerato da diversi autori come un aggruppamento distinto. Van der Ben in uno studio specifico ha identificato l'aggruppamento a *Myrionema orbiculare* e *Giraudia sphacelarioides*. L'autore indica come specie caratteristiche: *Myrionema orbiculare*, *Giraudia sphacelarioides*, *Cladosiphon cylindricus*, *C. irregularis*, *Myriactula gracilis*, *Chondria mairei* e *Spermothamnion flabellatum* f. *bisporum*. La presenza di queste specie sulle fronde di posidonia è stata segnalata da altri autori e ciò testimonia la costanza di quest'aggruppamento vegetale sulle foglie delle angiosperme marine. Quest'associazione di epifiti vegetali in maniera impoverita è presente, inoltre, sia sulle foglie di varie angiosperme marine sia sulle fronde di cistoseire e di sargassi dell'infralitorale.

***Flabellio-Peyssonnelietum squamariae*.** Le specie caratteristiche dell'associazione sono: *Peyssonnelia squamaria, Flabellia petiolata, Osmundaria volubilis.* Molinier descrisse l'associazione vegetale sciafila che si sviluppa sui rizomi e più in generale nel sottostrato della prateria a *P. oceanica*, denominandola biocenosi sciafila dei rizomi, anche se la componente faunistica riportata nei rilievi non è nè determinante nè caratterizzante del contingente fondamentale. L'autore la denominò *Udoteo-Peyssonnelietum* e inquadrò quest'associazione, insieme al *Posidonietum oceanicae*, nella classe *Zosteretea*. Secondo Pignatti questa classe raggruppa soltanto la vegetazione marina ad angiosperme. Successivamente questa associazione venne inserita da Boudoresque nell'ordine *Rhodymenietalia* emendando, di fatto, l'associazione sciafila - anche se non formalmente - sia nella componente floristica caratterizzante sia nell'inquadramento ambientale (biotopi sciafili calmi dell'Infralitorale inferiore). Altri ricercatori considerarono quest'associazione come la componente vegetale di una complessa formazione sciafila denominata un tempo "Precoralligeno" e più modernamente come vegetazione sciafila di profondità intermedia nell'Infralitorale, caratterizzata da scarso sviluppo della concrezione organogena data da alghe calcaree. Si ritiene che l'associazione introdotta da Molinier resti sufficientemente definita e caratterizzata nella sua presentazione originale.

INFORMAZIONI AMBIENTALI	associazione a *Posidonia oceanica*	associazione a *Cymodocea nodosa*	associazione a *Nanozostera noltii*	associazione a *Zostera marina*	aggruppamento a *Halophila stipulacea*
profondità	Da 0,50 a 35 m in dense praterie, fino a 60 m in cespugli isolati	Piano infralitorale da 1 a 35 m o poco oltre	Zona di marea, lagune e Infralitorale superiore	Zona di marea e Infralitorale superiore non oltre i 10 m	Piano infralitorale, intervallo di profondità da -1 a -30 m
substrato	Sabbie grossolane con componente organogena. Roccia più o meno coperta da sedimenti	Sabbie fini ben calibrate e sabbie fangose superficiali d'ambiente calmo anche arricchite da materiale organico; rocce coperte da sedimenti	Fango sabbioso e sabbie fangose in ambiente calmo	Fango e sabbie fangose	Sabbie fini ben classate e sabbie fini più o meno infangate
temperatura	15-22 °C, è euriterma ed eurifotica subtropicale, soffre al di sotto di 10 °C e sopra i 29 °C	È una vegetazione euriterma ed eurifotica	È una vegetazione euriterma	10-18 °C, vegetazione microstenoterma	14-24 °C
salinità	37-39 ‰, è stenoalina, non sopporta le acque dissalateal di sotto del 33 ‰ e al di sopra del 41-46 ‰	È una vegetazione eurialina	È una vegetazione eurialina	Acque dissalate con condizioni ottimali tra 20-30 ‰	37-39 ‰
distribuzione geografica	È una vegetazione esclusiva del Mediterraneo distribuita nell'Infralitorale con esclusione di alcuni settori orientali, settentrionali e dello Stretto di Gibilterra	Vegetazione distribuita in tutto il Mediterraneo e nel Mar Nero; si estende anche lungo le coste atlantiche subtropicali dell'Europa e dell'Africa; è frequente anche nelle lagune costiere	Coste atlantiche dell'Europa e delle Isole Britanniche; estesa dalla Norvegia meridionale al Tropico del Cancro; è diffusa in tutto il Mediterraneo; presente anche nei laghi continentali relitti marini Mar Caspio e Lago di Aral	Vegetazione cosmopolita a distribuzione boreale; diffusa, ma non frequente, in Mediterraneo e in Mar Nero	In Italia è presente sulle coste E e NE della Sicilia, di Vulcano e nel Cilento; è diffusa nel Mediterraneo orientale e a Malta; la specie guida è ritenuta lessepsiana (entrata in Mediterraneo dopo il taglio dell'istmo di Suez)
indicatrice di particolari condizioni ambientali	Sabbie grossolane e acque limpide in ambienti con moderato idrodinamismo	Sabbie fini e fangose con presenza di sostanze organiche; è una vegetazione pioniera e può inserirsi nella serie evolutiva dei posidonieti	Fango sabbioso e sabbie infangate in ambiente calmo e in lagune costiere	Acque dissalate e fondali fangosi, attorno a sorgenti sottomarine d'acqua dolce	Esposizione alle onde; ambiente calmo o poco esposto
sensibilità a specifici fattori perturbanti	Infangamento del sedimento, inquinamento delle acque, acque dissalate, ancoraggio di natanti, scarico di materiali da demolizioni e di sedimento di escavo portuale	Scarichi litorali; invasione di specie del genere *Caulerpa* ed estensione delle fasi evolutive dei posidonieti; escavo portuale	Eccessivo apporto di peliti fluviali	Aumento di salinità oltre il 35 ‰, la specie guida è molto sensibile ad infezioni crittogamiche del gruppo delle ruggini	Alterazione del ritmo di sedimentazione e arature della pesca a strascico

Posidonia oceanica emergente

■ La vegetazione ad angiosperme marine in equilibrio dinamico con il clima del Mediterraneo

La vegetazione ad angiosperme marine in Mediterraneo caratterizza la zona del sistema fitale detta piano infralitorale. Il piano infralitorale è limitato superiormente dal livello occupato da specie vegetali che non possono sopportare emersioni prolungate. Il suo livello inferiore corrisponde alla profondità di compensazione tra fotosintesi e respirazione delle angiosperme e delle alghe fotofile, questa profondità dipende dalla penetrazione della luce che è limitata dalla torbidità delle acque.
Nel Mar Mediterraneo questo piano si estende nel bacino occidentale generalmente poco oltre i 35 metri e più in profondità in quell'orientale, ma nell'Adriatico settentrionale non scende sotto i 10 metri e in Mar Ligure sotto i 20 metri.
Riedl nel 1964, a seguito di studi sui fondali rocciosi del Mar Adriatico, ipotizzò che i movimenti delle acque causati dalle onde potessero identificare in questo piano tre ambienti sovrapposti: la zona di "rottura" delle onde dalla superficie fino a circa 3 metri di profondità, caratterizzata da movimenti multidirezionali; la zona d'oscillazione delle onde da 3 a circa 11 metri di profondità, caratterizzata da movimenti bidirezionali ascendenti e discendenti; la zona compresa tra 11 e 20-25 metri (raramente 35-40 m) nella quale il flusso dell'acqua ha un'unica direzione (moto unidirezionale). La prima e la seconda zona sono separate da un limite la cui profondità corrisponde a 2,5 h, dove h indica la media dell'altezza delle onde; il limite tra la seconda e la terza zona corrisponde ad una profondità il cui valore è compreso tra $\lambda/2$ e λ, dove λ corrisponde alla lunghezza dell'onda.
Le tipologie idrodinamiche possono generare differenti forme di prati e di chiazze soprattutto nella successione verticale della prateria a *P. oceanica*; originano strutture a cordoni in presenza d'idrodinamismo unidirezionale, un mosaico di chiazze vive e radure spoglie in presenza di movimenti molto deboli, canaloni senza vegetazione in presenza d'idrodinamismo bidirezionale oscillante. Quando l'idrodinamismo è variabile e la sedimentazione non è stabilizzata nel ritmo di deposizione e nella granulometria, posidonia è vicariata in tutto l'Infralitorale da *Cymodocea nodosa*, mentre le aree calme e con sedimentazione ricca di peliti che si formano verso terra, a ridosso del limite superiore del posidonieto, possono essere colonizzate da prati di *Nanozostera noltii* misti a caulerpe. Le oscillazioni climatiche succedutesi in tutto l'Olocene sono documentate nel Mediterraneo anche dall'espansione e dall'arretramento delle praterie a posidonia soprattutto nell'Alto Adriatico.
Le impronte fossili di piante di *P. oceanica* sono state trovate in alcune formazioni sedimentarie del Pleistocene in Sicilia orientale, mentre altri fossili di specie estinte del genere *Posidonia* sono stati ritrovati nei sedimenti marini del terziario in varie formazioni dell'Europa centrale.
Le Tresse o Trezze (toponimi derivati dalla trecce delle foglie di posidonia nei loro fascicoli o spiaggiate a riva) davanti alle lagune di Grado e di Marano sono, infatti, residui di posidonieti che attualmente stanno evolvendo verso aggruppamenti vegetali con prevalenza di componenti sciafile in parte calcarei, cioè verso la componente vegetale della biocenosi del coralligeno. La stessa dinamica climatica è stata evidenziata su una formazione a Rodoliti sul Dosso di Santa Croce alla foce dell'Isonzo. La vegetazione a posidonia segue, quindi, le vicende climatiche e nel suo limite inferiore entra in rapporti di successione con le formazioni del coralligeno sia nell'Infralitorale sia nel Circalitorale. All'ombra dei rizomi di posidonia, infatti, si sviluppano in condizioni non ottimali specie di alghe calcaree dei generi *Lithophyllum* e *Mesophyllum* che nel coralligeno diventano gli elementi strutturali determinanti per la costruzione organogena.
Alcune curiose formazioni di coralligeno a forma di pinnacoli cilindrici cavi, ritrovate in Liguria e in Sicilia meridionale, sono probabilmente le costruzioni a manicotto di alghe calcaree che si formano attorno ai rizomi nelle mattes morte della parte profonda dei posidonieti. L'evidenza di quest'origine è stata dimostrata in un posidonieto del Golfo di Palermo. Probabilmente le due biocenosi della prateria a posidonia e del coralligeno sono nella loro componente vegetale i popolamenti "*climax*", cioè in equilibrio dinamico con i fattori climatici dell'intero Mediterraneo. Anche i fattori edafici legati alla tipologia dei sedimenti del fondo e alla qualità della colonna d'acqua sovrastante condizionano l'evoluzione della vegetazione ad angiosperme marine, ma nel lungo periodo prevalgono i fattori espressione del clima sui fattori espressione del suolo e dell'acqua.

Atolli di posidonia (La Maddalena, Sardegna)

La fauna: gli invertebrati

MARIA CRISTINA GAMBI · CARLA MORRI

■ La fauna vagile ad invertebrati

Antedon mediterranea su posidonia

Per fauna vagile si intende l'insieme delle forme animali mobili, capaci cioè di attivi spostamenti autonomi, e sedentarie capaci comunque di movimento anche se piuttosto limitato nello spazio o nel tempo. In questa sezione ci occuperemo della componente ad invertebrati della fauna vagile che contiene molte delle specie più tipiche che sono associate con notevole fedeltà ecologica ai sistemi a fanerogame marine in generale e a posidonia in particolare, soprattutto nel comparto dello strato fogliare. La fauna vagile raggruppa uno spettro molto ampio di organismi appartenenti a diversi phyla con caratteristiche morfologiche e dimensionali, richieste ecologiche e ruolo funzionale, molto diversi tra loro. Molte specie della fauna vagile presenti nei sistemi a fanerogame marine si rinvengono, tuttavia, anche in altri habitat vegetati, quali le macroalghe fotofile o anche il coralligeno e quindi sono organismi altamente criptici e nel complesso ad *habitus* soprattutto erbivoro o erbivoro-detritivoro.

I primi studi relativi alla fauna vagile associata a posidonia e ad altre fanerogame di minori dimensioni, che chiameremo "piccole" fanerogame (*Cymodocea, Zostera, Nanozostera* e *Halophila*), sono stati condotti dalla scuola francese intorno alla metà degli anni '60. A queste ricerche si affiancano attualmente una serie di numerosi studi effettuati soprattutto lungo le coste di Italia e Spagna. Ancora poco conosciuta è la fauna associata a questi sistemi nel Mediterraneo orientale, anche se ultimamente alcuni nuovi dati sono disponibili per le coste di Grecia, Turchia e Tunisia. Dal punto di vista metodologico il campionamento della fauna vagile è molto complesso, a volte poco selettivo, e molto variabile e difforme tra i diversi ricercatori. Per lo strato fogliare il metodo più usato è il retino manovrato da un operatore in immersione che con dei colpi energici alla base dei rizomi viene passato sul manto fogliare. Il retino rappresenta una metodologia semi-quantitativa che una volta standardizzata permette di effettuare analisi comparative affidabili. Per la fauna di maggiori dimensioni o a notevole

Il riccio *Sphaerechinus granularis* e alghe sciafile su rizomi di *Posidonia oceanica*

La stella marina *Ophidiaster ophidianus*

mobilità (es. grandi decapodi, misidacei) è stata molto utilizzata anche la gangamella (una piccola rete a strascico, conosciuta anche come gangamo, o con il termine francese di "chalut") e la slitta epibentica. Per la fauna associata ai rizomi e al fondo, la tecnica della sorbona o aspiratore subacqueo è la più utilizzata e sicuramente la meno distruttiva. Questo metodo, inoltre, se effettuato su superfici fisse, permette di ottenere campioni quantitativi. Altre tecniche, infine, come i carotatori, le benne o il taglio diretto di pezzi di "matte" con seghe, coltelli o pale, sono metodi decisamente distruttivi e più impattanti. In generale si deve far presente che non esiste un metodo di campionamento univoco per la fauna vagile e che in rapporto al tipo di organismi di studio, alla loro mobilità, cripticità, comportamento ed ecologia, si dovrebbe elaborare un sistema di campionamento *ad hoc*.

Da un punto di vista tassonomico i principali gruppi della fauna vagile associati ai sistemi a fanerogame appartengono soprattutto a molluschi, crostacei, e anellidi policheti, e in misura minore a nematodi, platelminti ed echinodermi. Platelminti, o vermi piatti, e nematodi sono rappresentati soprattutto da animali di dimensioni molto ridotte, i nematodi in particolare fanno parte di quella che è definita come "meiofauna" (animali al di sotto di 0,5 mm di lunghezza) e sono altamente criptici nei sistemi a fanerogame anche se presentano livelli elevati di diversità. I policheti, o vermi segmentati, sono molto diversificati e ben rappresentati nella fauna associata a posidonia, soprattutto nello strato dei rizomi e nella "matte", dove costituiscono il gruppo di invertebrati dominante. I policheti presentano una organizzazione del corpo di tipo metamerico, cioè una ripetizione seriale di segmenti uguali lungo l'asse antero-posteriore, struttura che si osserva anche negli artropodi, e che viene riproposta nel corso dell'evoluzione nei vertebrati.

I molluschi, che rappresentano un phylum molto ampio di organismi e comprendono anche numerose specie terrestri e d'acqua dolce, sono caratterizzati nella maggioranza delle forme da un involucro calcareo esterno, la conchiglia, che racchiude il corpo dell'animale e che può essere formato da un solo pezzo, spesso avvolto a spirale come in molti gasteropodi, o da due o più pezzi articolati (come nei bivalvi e poliplacofori). Sono invece privi di conchiglia esterna i nudibranchi, tra i gasteropodi, e i cefalopodi (seppie, polpi e calamari) molti dei quali hanno però un sostegno interno (il famoso "osso di seppia"). Nei sistemi a fanerogame sono particolarmente diversificati i gasteropodi, inclusi diversi nudibranchi, e alcuni cefalopodi.

I crostacei (phylum Artropodi) sono uno dei gruppi più diversificati della fauna vagile, e per molti aspetti svolgono un ruolo simile a quello degli insetti (loro parenti prossimi) nei sistemi terrestri e d'acqua dolce. I crostacei associati alle fanerogame sono soprattutto peracaridi, un gruppo che comprende forme di piccole dimensioni (anfipodi, isopodi, tanaidacei, cumacei e misidacei) e con una morfologia peculiare dei pezzi boccali; sono inoltre tutti a sviluppo diretto (incubano le uova in sacche esterne, dette marsupi, da cui escono direttamente i piccoli).

Molto diffusi e abbondanti anche i crostacei decapodi, che presentano invece dimensioni più grandi, 5 paia di zampe ambulatorie (da cui il nome), e forme che sono sia natanti, quali gamberi e gamberetti, che reptanti sul substrato, quali granchi e i comuni paguri. Fanno infine parte della fauna vagile anche i crostacei copepodi arpatticoidi, appartenenti alla meiofauna e gli unici a vita bentonica, rispetto alla maggior parte degli altri copepodi che sono invece tipicamente planctonici.

Gli echinodermi sono infine un gruppo piuttosto frequente nei sistemi a fanerogame anche se con poche specie tutte però molto caratteristiche e ben conosciute; fanno parte infatti di questo phylum le popolari stelle marine e i ricci, nonché le ofiure (o stelle serpentine), le oloturie e i crinoidi (gigli di mare). Nel complesso gli echinodermi hanno una simmetria raggiata del corpo, uno scheletro esterno caratteristico, che nei ricci è il popolare guscio e che si riduce a piccole placche o scleriti nelle stelle marine e nelle oloturie.

Il gasteropode *Gibbula ardens*, tipico pascolatore sulle foglie di *Posidonia oceanica*

La stella marina *Astropecten spinulosus*

Fauna vagile ad invertebrati associata allo strato fogliare di *Posidonia oceanica*. La fauna mobile associata al manto fogliare di posidonia è caratterizzata soprattutto da forme di piccole dimensioni, la maggior parte delle quali è erbivora o erbivora-detritivora e trova rifugio e si alimenta sfruttando il variegato e complesso feltro vegetale epifita presente sulla superficie fogliare stessa. Agli organismi che presentano questo tipo particolare di *habitus* di vita viene dato il nome di "mesoerbivori", forme tipiche anche di molti altri sistemi vegetati costieri. È tra le forme vagili dello strato fogliare che ritroviamo molte tra le specie più caratteristiche associate alle fanerogame poiché è proprio nel manto fogliare che si instaurano quelle condizioni microclimatiche peculiari e uniche che selezionano forme di vita più tipicamente adattate a questi sistemi. È importante evidenziare il fatto che è proprio nella maggioranza dei gruppi della fauna vagile associata allo strato fogliare (crostacei, molluschi, echinodermi) che si osserva il fenomeno delle migrazioni giornaliere lungo l'asse verticale della prateria; il corredo di specie e i valori di abbondanza nelle ore notturne e diurne è quindi molto diverso, ed è anche difficile distinguere per molte forme la loro affinità e appartenenza allo strato fogliare o a quello dei rizomi.

La fauna vagile, legata nel complesso e in vario modo alla dinamica del manto fogliare e dei suoi epifiti vegetali e animali, presenta una notevole variabilità nella composizione e nella struttura dei popolamenti sia nello spazio che nel tempo in dipendenza appunto della elevata dinamica dell'habitat di vita stesso. Gli studi disponibili in Mediterraneo sulle relazioni tra struttura della prateria e fauna vagile, ancora relativamente limitati, suggeriscono una relazione positiva tra densità dei fasci, e quindi anche del manto fogliare, e diversità/abbondanza della fauna, almeno nel corso dello sviluppo stagionale del manto fogliare. Tuttavia, per molti gruppi principali che compongono la fauna vagile si osservano fenomeni di distribuzione a macchie (*patchiness*), mentre non è ancora chiara la scala di variabilità nello spazio, e i fattori ambientali abiotici e biotici che la determinano.

Dal punto di vista funzionale, la fauna vagile possiede un ruolo importante, anche se spesso sottovalutato nel sistema a posidonia, dove maggiore importanza è stata data alla catena o via del detrito, che sembra prevalere in termini energetici e di biomassa. L'insieme degli organismi della fauna vagile costituisce invece la "catena del pascolo", che sfruttando gli epifiti vegetali delle foglie trasferisce materia e energia ai livelli trofici superiori, consumatori secondari e grandi predatori (grandi decapodi, polpi, pesci). Anche se in termini di biomassa la fauna vagile presenta valori nettamente inferiori ai grandi invertebrati detritivori del sistema posidonia (ricci, oloturie, diversi grandi decapodi) o ai filtratori epibionti dei rizomi (spugne, ascidie, briozoi, policheti sabellidi), il più elevato turn-over (ricambio ciclico) dei mesoerbivori, dovuto alle piccole dimensioni e a cicli vitali brevi, compensa la loro produzione netta, per cui le due principali vie di trasferimento energetico nel posidonieto, detrito e pascolo, probabilmente si equivalgono.

Paguro e idrozoi sopra l'apice di una foglia di posidonia

I policheti sono piuttosto scarsi nello strato fogliare (anche nelle ore notturne), sia come numero di specie, sia soprattutto come individui. Si stima che a fronte di una diversità elevata di questo gruppo nello strato dei rizomi e nella "matte" (oltre 250 specie censite in alcune praterie del Tirreno e delle coste spagnole), circa il 5% delle specie è presente anche nel manto fogliare. Tra le specie che si rinvengono con una maggiore frequenza sono degne di nota il nereidide *Platynereis dumerilii*, specie erbivora che si alimenta di macroalghe epifite, l'ofelide *Polyohthalmus pictus*, e diverse specie di piccoli sillidi di tipo interstiziale, quali *Sphaerosyllis* spp., *Exogone* spp., che attaccano il feltro di diatomee epifite, o macrobentonici, quali il genere *Syllis*, che sono in maggioranza carnivore e attaccano epifiti animali, soprattutto colonie di idroidi. I policheti, pur scarsi nel manto fogliare, presentano una maggiore frequenza e diversificazione nelle porzioni intermedie e profonde delle praterie.

I molluschi, soprattutto gasteropodi prosobranchi, sono invece uno dei gruppi dominanti sul manto fogliare e sono rappresentati in maggioranza da mesoerbivori pascolatori, che si nutrono degli epifiti grazie al loro apparato boccale, la radula, specializzato per il raschiamento del substrato. Pur essendo quasi tutti erbivori, ogni specie sembra essersi specializzata per un gruppo particolare di epifiti vegetali in modo da limitare la competizione e sfruttare al massimo la disponibilità trofica del sistema. Tra le forme più tipiche e frequenti dominano sicuramente i rissoidi, un gruppo di piccole dimensioni e a forma globosa tra cui le specie più caratteristiche sono *Rissoa variabilis, R. ventricosa* e *R. violacea*. Altri rissoidi comuni appartengono al genere *Alvania*, con *Alvania discors, Alvania lineata* e al genere *Pusillina.* Altri gasteropodi, caratteristici soprattutto

Il gasteropode *Tricolia tenuis* che pascola su una foglia di posidonia

delle praterie superficiali, sono *Gibbula ardens* e *G. umbilicalis*, i trochidi *Jujubinus striatus* e *J. exasperatus* e i turbinidi *Tricolia pullus*, *T. speciosa* e *T. tenuis*. Si devono anche menzionare specie più ubiquiste e che compiono anche migrazioni verticali tra le foglie e i rizomi, come *Bittium reticulatum*, *B. latreilli* e *Columbella rustica*. Vanno inoltre considerati anche alcuni opistobranchi (gasteropodi a conchiglia ridotta) e nudibranchi (forme senza conchiglia) che si possono incontrare occasionalmente tra le foglie e che sono forme carnivore piuttosto specializzate, nutrendosi di epifiti animali sessili, quali i generi *Doto, Eubranchus* e *Cuthona* che predano gli idroidi, i generi *Polycera* e *Janolus* che attingono a briozoi epifiti, mentre *Goniodoris* e *Berthella* prediligono le forme di tunicati (ascidie) coloniali, e anche forme specializzate nella predazione delle uova di altri invertebrati, quali *Chauvetia mamillata* e *Favorinus branchialis*. Tra i molluschi cefalopodi, infine, natanti a volte tra le foglie non è raro incontrare seppie (*Sepia officinalis*) e sepiole (*Sepiola* sp.) che entrano nelle praterie a scopo alimentare o come rifugio a loro volta dai predatori.

I molluschi rappresentano il gruppo che meglio evidenzia una zonazione dei popolamenti caratteristica lungo la profondità a cui si accompagnano anche peculiari adattamenti morfo-funzionali delle specie (forma della conchiglia, forma del piede e locomozione, dimensioni, tipo di riproduzione, trofismo) collegati con il gradiente ambientale complessivo. In generale le porzioni più superficiali delle praterie (0-5 m) possiedono meno specie, ma più caratteristiche e di maggiori dimensioni (*Gibbula, Jujubinus*); nelle porzioni intermedie (10-15 m circa) si osserva la ricchezza e diversità maggiore, mentre nelle porzioni più profonde (>15-20 m circa) aumentano le specie ubiquiste e l'intrusione di specie provenienti da ambienti limitrofi (fondi molli, detritico costiero, coralligeno ecc.).

Questi organismi presentano quindi una elevata biodiversità e una notevole variabilità nella composizione e struttura delle popolazioni in base all'area geografica, alla stagione, alla profondità e ad altre caratteristiche edafiche, nonché in base anche al ritmo circadiano che alcune forme possiedono. Tuttavia, i generi e alcune delle specie che abbiamo sopra indicato costituiscono un "nucleo" costante che si riscontra in varie situazioni ambientali e aree geografiche del Mediterraneo, pur con molte vicarianze. Nel complesso la maggior parte delle specie di molluschi presenta un ciclo di vita breve (1-2 anni), e un

tipo di riproduzione a sviluppo diretto con deposizione di masserelle di uova e superamento degli stadi larvali all'interno dell'uovo con schiusa diretta di giovanili, una modalità che sembra comunque da mettere in relazione anche con le limitate dimensioni di questi animali nei sistemi a fanerogame.

I crostacei che colonizzano lo strato fogliare sono caratterizzati in prevalenza da peracaridi nell'ambito dei quali predominano gli anfipodi, che per la loro abbondanza rappresentano una delle prede preferenziali di diversi cefalopodi e pesci costituendo un anello cruciale nella rete alimentare del sistema a posidonia che raccorda i produttori primari (pianta-epifiti vegetali) ai livelli trofici superiori. Gli anfipodi, presenti in posidonia con oltre 80 specie, rappresentano uno dei gruppi che va incontro al fenomeno di migrazione giornaliera più evidente e cospicua, con abbondanze nel manto fogliare che nelle ore notturne sono anche un ordine di grandezza superiore rispetto a quelle diurne. Anche se non esiste una comunità ad anfipodi con un corredo di specie e una struttura esclusiva di posidonia e costante nelle diverse praterie studiate, le specie che si incontrano con maggiore frequenza nello strato fogliare sono *Dexamine spinosa, Apherusa chiereghinii, Aora spinicornis, Ampithoe helleri, Caprella acanthifera, Hyale schmidtii, Phtisica marina, Eusiroides dellavallei, Ampelisca pseudospinimana, Maera inaequipes*. La maggior parte di queste specie sono erbivore o erbivore-detritivore, potendo utilizzare anche in questo caso diverse specie di epifiti vegetali, dalle diatomee alle macroalghe filamentose, che vengono rimosse e come spazzolate con le loro antenne munite di

Seppia (*Sepia officinalis*)

Il decapode *Hippolyte inermis*, mimetizzato su una foglia di posidonia

sottili filamenti a formare come dei pettini. Gli anfipodi, come tutti i peracaridi, sono a sviluppo diretto e gli adulti incubano le loro uova; si ritiene che l'elevata diversità di questo gruppo di crostacei in questi sistemi sia stata favorita proprio da questo tipo di riproduzione, che limitando la dispersione nello spazio aumenta la probabilità di isolamento riproduttivo e processi di speciazione e adattamento a condizioni locali particolari.

Gli isopodi sono un altro gruppo di crostacei peracaridi che mostra livelli di diversità inferiori rispetto agli anfipodi, ma un corredo di specie con affinità più marcata per *Posidonia oceanica* e per lo strato fogliare in particolare. È il caso di *Idotea hectica* che rappresenta una delle poche specie erbivore dirette, capaci cioè di attaccare i tessuti viventi delle foglie di posidonia. Altre specie tipiche sono *Astacilla mediterranea* e alcune specie dei generi *Gnathia*, *Cymodoce* e *Cleantis*. Anche gli isopodi vanno incontro a migrazioni giornaliere cospicue con maggiori abbondanze nelle ore notturne.

Tra i peracaridi natanti tra le foglie è degno di nota il gruppo dei misidacei, dei microgamberetti che formano densi sciami che si muovono rapidissimi, e sono anch'essi prede preferenziali di numerosi pesci. Le specie associate alle fanerogame sono rappresentate soprattutto da *Siriella clausii* e *Mysidopsis gibbosa*, alcune specie del genere *Leptomysis*, con *Leptomysis posidoniae* e *L. buergii*, nonché la specie descritta di recente proprio in una prateria italiana *Heteromysis riedli,* dedicata alla memoria di uno dei maggiori biologi marini mediterranei, il viennese Rupert Riedl, antesignano dell'immersione subacquea nella ricerca in biologia marina e dello studio delle grotte sottomarine, oltre che ideatore di un originale schema di zonazione del benthos basato sul gradiente idrodinamico.

Altri gruppi minori di crostacei peracaridi sono tanaidacei e cumacei, presenti con un corredo molto limitato di specie piuttosto ubiquiste, come ad esempio *Leptochelia savignyi*, specie associata a detrito vegetale comune in molti dei sistemi vegetati costieri.

I crostacei decapodi sono un gruppo ben rappresentato sia da forme natanti tra le foglie, sia da forme reptanti che si "arrampicano" sul manto fogliare. La famiglia più diversificata e abbondante tra le forme natanti è quella degli ippolitidi con varie specie del genere *Hippolyte*. *Hippolyte inermis* in particolare è una specie fortemente mimetica caratterizzata da una brillante colorazione verde ma capace di modificare la propria livrea; se ne conosce anche una varietà cromatica di colore rosato che imita il cromatismo degli epifiti, in particolare delle corallinacee incrostanti (*Hydrolithon*). Studi *in situ* e in laboratorio hanno inoltre messo in evidenza il peculiare ciclo vitale e la biologia riproduttiva di questa specie in cui la dieta a diatomee che le post-larve consumano nello strato fogliare, favorisce un'inversione precoce del sesso trasformando i maschi, che rappresentano la totalità degli esemplari alla nascita, in femmine e riequilibrando quindi il rapporto dei sessi nella popolazione.

Il decapode paguro *Calcinus tubularis*

Altre specie di decapodi tipiche del manto fogliare sono *Thoralus cranchii, Palaemon xiphias* e specie del genere *Processa*; queste ultime sono forme carnivore che migrano sulle foglie nelle ore notturne per nutrirsi di altri piccoli invertebrati. Altre specie particolarmente abbondanti, soprattutto durante la notte, sono le forme reptanti dei paguri *Cestopagurus timidus* e *Calcinus tubularis*, e i galateidi *Galathea bolivari* e *Galathea squamifera*.

Tra gli echinodermi, l'unica specie che si possa considerare tipica dello strato fogliare è l'asteroideo *Asterina pancerii*, molto simile alla più comune *Asterina gibbosa*, da cui si differenzia per le dimensioni maggiori e il colore rosato, mentre *A. pancerii* ha una tipica colorazione mimetica verdognola, legata appunto all'habitat di vita. *A. pancerii* rappresenta inoltre un tipico endemismo del Mediterraneo (una specie ristretta cioè al nostro bacino), è una specie strettamente notturna e carnivora che come molte altre stelle si nutre di piccoli molluschi. È una specie che incuba le uova, una caratteristica poco comune negli echinodermi del Mediterraneo e che si potrebbe interpretare come un adattamento alla vita nei sistemi a fanerogame. Tra gli echinodermi presenti nello strato fogliare si deve menzionare anche il comune riccio edule, *Paracentrotus lividus*, che può essere presente con popolazioni molto numerose dentro le praterie di posidonia dove si rifugia tra i rizomi di giorno, mentre nelle ore notturne si sposta lungo le foglie per brucare il feltro epifita, soprattutto con individui giovanili. Caratteristi-

che a questo proposito sono le “impronte” della sua brucatura sull’apice delle foglie più vecchie. Infine è frequente incontrare, posati sulle foglie, esemplari di crinoidi (gigli di mare), *Antedon mediterranea*, che presentano una notevole varietà cromatica e che sono forme anche queste che incubano le uova.

La fauna vagile associata al manto fogliare dei prati formati dalle piccole fanerogame marine (*Zostera marina, Cymodocea nodosa, Nanozostera noltii*) è stata nel complesso meno studiata in Mediterraneo; informazioni maggiori sono disponibili per *Cymodocea nodosa* che dopo posidonia è la pianta marina più ampiamente distribuita anche lungo il gradiente di profondità, potendo raggiungere i 30 metri.

La fauna mobile delle foglie di *Cymodocea* non differisce da quella rilevata in posidonia, se non per il numero inferiore di specie che si riscontra a livello di tutti i gruppi più caratteristici (anfipodi, isopodi, molluschi, policheti), cioè una comunità impoverita rispetto a quella di posidonia. È il caso degli echinodermi che sono quasi assenti nei sistemi a piccole fanerogame ad eccezione del minuto riccio *Psammechinus microtuberculatus* che proprio per le dimensioni ridotte può brucare sulle foglie di *Cymodocea* mentre è assente su posidonia. A fronte tuttavia di una minore biodiversità complessiva, alcune specie possono mostrare abbondanze maggiori. È il caso di alcuni policheti sillidi interstiziali dei generi *Sphaerosyllis* spp. ed *Exogone* spp., del mollusco *Bittium reticulatum* o di *Jujubinus gravinae* che sembra un vicariante ecologico di *J. exasperatus* e *J. striatus* tipici di posidonia, nonché di alcuni peracaridi (come il tanaidaceo

Asterina pancerii, la stella marina tipica del posidonieto

Leptochelia savignyi, gli anfipodi *Synchelidium haplocheles* e *Pariambus typicus*). In generale, la minore complessità del manto fogliare di questa pianta, dovuta alle ridotte dimensioni delle foglie e alla dinamica temporale più accentuata, sembrano favorire specie di dimensioni inferiori e ad *habitus* interstiziale.

La fauna vagile in *Cymodocea* presenta variazioni stagionali di abbondanza molto più evidenti e marcate rispetto a *Posidonia*, in relazione alle maggiori variazioni della densità dei fasci nei prati e della morfologia del manto fogliare durante l’anno. L’entità della colonizzazione della fauna dipendono quindi in larga misura dalla densità del prato e dalle condizioni ambientali complessive. In condizioni idrodinamiche di forte esposizione, ad esempio, i prati di *Cymodocea* scompaiono in inverno poiché i fasci vengono scalzati e rimossi dal moto ondoso: si può quindi immaginare la dinamica estrema di questi sistemi e le implicazioni per le comunità associate.

In uno dei pochi studi sperimentali manipolativi disponibili in Mediterraneo, la riduzione e la rimozione progressiva e completa del manto fogliare in *Cymodocea* provocano effetti drammatici sulla struttura della fauna, con il crollo dell’abbondanza e della presenza stessa di alcuni gruppi. In condizione di forte idrodinamismo o con densità ridotte dei fasci, come nei prati più profondi (15-20 m) o in inverno, i sistemi a *Cymodocea* non differiscono da un fondo molle nudo; è coerente quindi che nell’ambito della bionomia bentonica della scuola francese, questi sistemi siano definiti come “facies ad epiflora” delle sabbie fini.

Il riccio di mare *Psammechinus microtuberculatus*

La fauna vagile ad invertebrati associata ai rizomi e al fondo. La fauna associata allo strato dei rizomi di *Posidonia* e al fondo è rappresentata da speci appartenenti a numerosi phyla, molti dei quali sono stati menzionati prima poiché presenti anche nello strato delle foglie. Le forme vagili associate ai rizomi sono costituite nel complesso da organismi di maggiori dimensioni, forme meno specializzate e più ubiquiste, che si possono rinvenire anche in altri habitat vegetati, o anche in biotopi di fondo molle poiché legati al tipo di sedimento in cui si impianta la posidonia. Oltre ad alcuni dei gruppi caratteristici del manto fogliare, che, come abbiamo visto prima, compiono notevoli migrazioni diurne tra i rizomi e le foglie (anfipodi, isopodi, tanaidacei, molluschi), le forme che più di frequente si rinvengono nello strato dei rizomi-fondo sono soprattutto, policheti, crostacei decapodi, molluschi ed echinodermi. Una notevole presenza e importanza hanno anche alcuni gruppi meno cospicui come i platelminti, o della meiofauna, quali nematodi e copepodi arpatticoidi.
Nel complesso, come osservato per la fauna sessile, si deve notare come anche per la fauna mobile presente nel fondo e nei rizomi si rilevi una affinità inferiore per il sistema a posidonia, rispetto a quella che vive in permanenza sulle foglie o vi si sposta soprattutto nelle ore notturne. A livello dei rizomi e del fondo si verifica una riduzione dell'idrodinamismo e della luce, mentre aumenta la sedimentazione del particellato sospeso che viene come catturato dal manto fogliare. L'attenuazione di questi fattori, che si riducono ulteriormente lungo la profondità, e la presenza di sedimentazione fanno sì che la fauna associata ai

Il decapode *Pilumnus hirtellus*

rizomi presenti una zonazione meno evidente, più sfumata o in alcuni casi del tutto assente sia lungo il gradiente di profondità, sia tra praterie diverse. Inoltre, in rapporto al tipo di substrato in cui la prateria è insediata (roccia, fondo detritico, sabbia grossolana, sabbia-fangosa ecc.), e ai diversi tassi di sedimentazione locali, la fauna associata può arricchirsi in varia proporzione di specie di fondo duro o tipiche di sedimenti di natura molto diversa. L'abbondanza della fauna associata a questi comparti della prateria è anche in questo caso influenzata dalla densità dei fasci, cioè dal grado di disponibilità effettiva di substrato per la colonizzazione, e dalla tipologia a grande scala dei prati. La distribuzione più o meno continua o a macchie del prato e la presenza di radure, canali o altre interruzioni della continuità del prato stesso, instaura una situazione a mosaico che favorisce la presenza di altre specie e aumenta la biodiversità complessiva.

Un isopode sopra una foglia di *Posidonia oceanica*

I policheti presentano nello strato dei rizomi e nel fondo la loro massima diversificazione, anche se non si può identificare una comunità tipica di posidonia. Il popolamento a policheti associato alle fanerogame marine è più che altro caratterizzato dalla commistione di specie a diversa ecologia, provenienti da ambienti vegetati, habitat di fondo duro o di fondo molle, che non da specie esclusive. Fanno eccezione alcune forme che sembrano più fedelmente associate a *Posidonia*, quali *Pontogenia chrysocoma*, *Pholoe minuta*, *Kefersteinia cirrata*, o la specie sedentaria *Polyophthalmus pictus*. In generale circa un terzo delle specie di policheti in questo comparto della prateria appartiene alla famiglia dei sillidi, sia con forme macrobentoniche come *Syllis garciai, S. columbretensis* e *S. gerlachi*, che interstiziali come *Sphaerosyllis* spp., *Exogone* spp. e *Salvatoria* spp..
Altre famiglie molto diversificate nello strato dei rizomi sono i fillodocidi, i polinoidi, i nereididi e gli esionidi, e alcune specie cospicue, quale l'afroditide *Laetmonice hystrix* (verme di fuoco), un predatore che dai fondi fangosi limitrofi frequenta la prateria probabilmente per alimentarsi. Una menzione a parte meritano alcune forme di eunicidi che vivono all'interno delle scaglie di posidonia (basi delle foglie cadute che permangono nel rizoma stesso a formare un tipico rivestimento a manicotto) in cui scavano gallerie sinuose caratteristiche. Queste forme costituiscono una categoria particolare, quella dei perforatori, e rappresentano tra i pochi metazoi che riescono a perforare il

Lysidice ninetta, polichete perforatore delle scaglie di *Posidonia oceanica*

Nematonereis unicornis, polichete perforatore delle scaglie di *Posidonia oceanica*

coriaceo tessuto delle scaglie e ad utilizzare e rimobilizzare un tipo di detrito alquanto inappetibile nel sistema posidonia, attaccato solo da flora fungina e batteri. Fanno parte dei perforatori le specie *Lysidice ninetta, Lysidice collaris*, *Nematonereis unicornis* e *Marphysa fallax.* Le forme perforatrici dei policheti sono state descritte per la prima volta nelle praterie lungo le coste italiane e sono state poi rinvenute in altre aree del Mediterraneo (Spagna, Francia, Croazia, Turchia, Grecia). Esse colonizzano i rizomi di posidonia in tutta l'area di distribuzione della pianta, con maggiore frequenza nelle porzioni intermedie e profonde delle praterie dove si insediano di preferenza fra le scaglie di 2-4 anni di età (intesi come anni lepidocronologici).

All'interno delle scaglie queste specie sono presenti durante tutto l'anno: vi raggiungono anche la maturità sessuale nel periodo estivo e si riproducono generando larve pelagiche che favoriscono la loro dispersione su larga scala.

I molluschi associati allo strato dei rizomi sono caratterizzati, oltre che da molte delle specie presenti anche nello strato fogliare appartenenti ai generi *Alvania, Gibberula, Jujubinus, Pusillina* e *Bittium*, che come abbiamo prima accennato si spostano attivamente tra rizomi e foglie durante il giorno, anche da forme di maggiori dimensioni come i ceritidi, *Cerithiopsis tubercularis*, *C. minima* e *Cerithium vulgatum*, i muricidi *Hexaplex trunculus* (murice tronco) e *Bolinus brandaris* (murice spinoso) e rappresentanti di altre famiglie quali *Conus mediterraneaus* e *Calliostoma laugeri.*

In praterie impiantate su roccia, come gran parte dei sistemi lungo le coste siciliane ad esempio, non è raro rinvenire tra i rizomi anche molte specie di fondo duro come le orecchie di mare (*Haliotis tuberculata*), e le cipree (*Erosaria spurca* e *Luria lurida*) i cui gusci vuoti è dato spesso di osservare nelle radure e nei canali alla base delle "matte", mentre attaccati ai rizomi o nei ciottoli sul fondo si osservano anche le forme sedentarie dei chitoni (molluschi poliplacofori quali *Lepidopleurus cajetanus*). Nelle radure "intermatte" non è raro incontrare specie vistose come l'opistobranco *Umbraculum mediterraneum*, o

il tritone (*Charonia lampas*), questo ultimo incluso anche nel catalogo delle specie minacciate e protetto dalla Direttiva Habitat. Infine, tra i cefalopodi si devono ricordare il comune polpo (*Octopus vulgaris*) e la polpessa (*Octopus macropus*) di cui è comune osservare le tipiche tane al limite delle praterie o nelle radure e nei canali "intermatte". Questi cefalopodi sono fra i predatori più attivi e voraci all'interno delle praterie, attaccando in prevalenza crostacei decapodi e altri molluschi (come orecchie di mare e molti bivalvi) ed essendo attivi soprattutto di notte.

Tra i crostacei peracaridi, che come abbiamo visto prima rappresentano gli animali che compiono le maggiori migrazioni verticali tra rizomi e foglie, meritano una menzione speciale alcuni isopodi poichè più legati allo strato dei rizomi come *Cleantis prismatica* che vive inserendo parte del corpo all'interno di pezzi di radice di *Posidonia* portandoseli in giro e rifugiandosi all'interno in caso di bisogno, e il limnoride associato alle scaglie *Limnoria mazzellae*, specie dedicata alla memoria della botanica studiosa di posidonia, Lucia Mazzella. Questa specie in particolare costituisce, assieme ai policheti eunicidi di cui abbiamo parlato sopra, il gruppo delle specie perforatrici delle scaglie. *Limnoria mazzellae* costruisce gallerie alveolari complesse nelle scaglie più recenti dei rizomi (0-1 anno di età) e iniziando in genere dalla ligula della scaglia stessa. In tali gallerie la specie vive con vere e proprie famiglie costituite da due o più adulti e numerosi giovanili presenti soprattutto nel periodo estivo. *Limnoria mazzellae*, particolarmente abbondante in estate e soprattutto nelle porzioni più superficiali delle praterie con condizioni idrodinamiche più forti, rappresenta un caso emblematico di speciazione legata a posidonia, la specie si è differenziata infatti rispetto alle altre del genere *Limnoria*, che sono forme perforatrici del legno, probabilmente proprio in relazione all'adattamento ad un microambiente così peculiare come le scaglie di questa fanerogama. Lo sviluppo diretto, comune a tutti gli isopodi, è senza dubbio un adattamento che ha favorito questo processo di speciazione. I peracaridi dominano inoltre in un microambiente molto particolare che si forma stagionalmente nelle praterie, i banchi di detrito, cioè accumuli sul fondo di foglie, fasci e talee di posidonia, che si concentrano in radure e canali, o sui limiti superiori e inferiori della prateria. Tali microhabitat hanno un carattere piuttosto effimero, essendo correlati con la massiccia caduta delle foglie in autunno e con le condi-

Polpo (*Octopus vulgaris*)

zioni idrodinamiche locali che ne favoriscono la formazione o la repentina rimozione (mareggiate, correnti di fondo). I limitati studi su questi banchi di detrito hanno messo in evidenza la presenza di densi popolamenti di anfipodi gammaridi del genere *Gammarus*, con specie che sono assenti dallo strato fogliare (*G. aequicauda, G. subtypicus, G. crinicornis*) e che sembrano quindi legate in modo specifico a questo habitat. Altre specie tipiche sono gli anfipodi *Atylus* spp. e *Melita hergensis,* e gli isopodi *Idotea hectica* e *I. baltica*. Il ruolo di questi piccoli crostacei detritivori nella frammentazione del detrito fogliare è fondamentale per riciclare nel sistema una fonte di carbonio altrimenti inutilizzata e che andrebbe perduta. Riducendo meccanicamente la pezzatura e dimensione del detrito questi organismi ne favoriscono la degradazione ulteriore, da parte di batteri e di flora fungina, e ne permettono anche l'utilizzo da parte di altri detritivori, quali le oloturie come vedremo in seguito.

La maggior parte degli altri crostacei associati allo strato dei rizomi e al fondo è costituita da decapodi, soprattutto forme reptanti, che raggiungono in questo comparto livelli di diversità e di abbondanza di un ordine di grandezza superiore a quelli rilevati nel manto fogliare. Anche a livello dei rizomi le specie di paguri dominanti sono *Cestopagurus timidus* e *Clibanarius erythropus*, che utilizzano le conchiglie morte di numerosi gasteropodi associati anch'essi a posidonia.

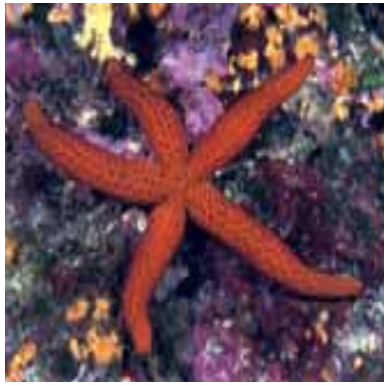
Altre specie frequenti sono *Athanas nitescens, Pisidia longimana, Alpheus dentipes*, *Processa edulis, Galathea* spp., e tra i granchi diverse specie di portunidi, xantidi e maidi che possono raggiungere dimensioni ragguardevoli (come *Macropipus* spp. e *Maja* spp.). I decapodi reptanti sono in generale forme detritivore che consumano il detrito fogliare e i suoi epibionti e sono molto mobili e attive sposandosi in continuazione sia sul fondo che tra rizomi e le foglie. Non mancano tuttavia anche specie predatrici di altri invertebrati (*Processa* spp., *Galathea* spp.), alcune delle quali come *Dromia personata* e *Scyllarus arctus* provenienti da altri habitat limitrofi; questi animali sono a loro volta prede di pesci (triglie, scorfani) e cefalpodi (polpi e polpesse) e svolgono quindi anch'essi un ruolo essenziale nella rete trofica del posidonieto.

Il decapode *Processa* sp. su un prato di *Cymodocea nodosa*

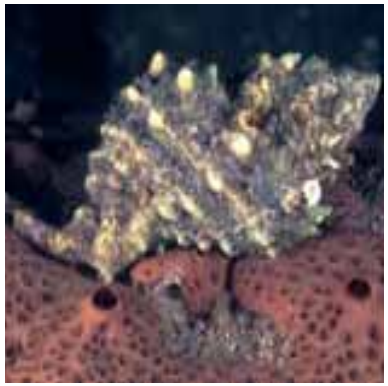
Tra gli organismi vagili comuni tra i rizomi, le specie cospicue più frequenti sono senza dubbio gli echinodermi, in particolare i ricci e le oloturie. Tra i ricci le specie più tipiche sono il riccio edule *Paracentrotus lividus* e il riccio di prateria *Sphaerechinus granularis*, quest'ultima specie presenta un'ampia variazione cromatica delle spine che vanno dal viola scuro al bianco. Entrambe le specie di ricci brucano prevalentemente sui rizomi (anche se piccoli di *Paracentrotus* possono arrampicarsi a brucare sulle foglie), rimuovendo sia detrito che gli epifiti vegetali, e lasciando caratteristiche "impronte" anche sulle scaglie.

Le oloturie sono organismi tipici dei limiti o delle zone di confine in generale dei prati, incluse radure e canali "intermatte", nonché si rinvengono spesso nei banchi di detrito di cui si è accennato prima: sono infatti dei divoratori continui di sedimento e fine detrito fogliare da cui ricavano l'energia necessaria per

L'oloturia *Holothuria tubulosa*



La stella marina *Echinaster sepositus*



Il mollusco gasteropode *Hexaplex trunculus*

vivere e che ri-espellono in forma di caratteristici cordoncini di sedimento compattato dal loro muco intestinale. Questa incessante attività alimentare fa delle oloturie i maggiori organismi "bioturbatori" delle praterie, in grado di rimaneggiare giornalmente grandi quantità di sedimento. Le specie più comuni su posidonia sono *Holothuria polii* e *H. tubulosa*. Queste specie, che nella fase adulta non hanno predatori naturali, danno luogo inoltre ad una curiosa simbiosi con un pesciolino, il *Carapus acus*, che vive all'interno del loro intestino.

Merita infine ricordare altri echinodermi che occasionalmente frequentano le praterie di posidonia, come le stelle marine *Echinaster sepositus*, *Marthasterias glacialis* e *Ophidiaster ophidianus*, specie che sono molto più comuni nei fondi duri superficiali associati alle alghe fotofile; e le ofiure o stelle serpentine, *Acrocnida brachiata* e *Amphipholis squamata* forme che trovano all'interno della prateria, nel denso intreccio dei rizomi, le condizioni di vita criptiche che prediligono. Questi organismi sono tutti attivi predatori soprattutto di bivalvi e ricci associati ai rizomi e al sedimento.

Nei sistemi formati dalle altre piccole fanerogame, i rizomi sono sempre ipogei e quindi non si può individuare uno strato specifico. Le piccole fanerogame si insediano in genere su substrati incoerenti di sabbia più o meno infangata, o di fango (in aree di laguna, di estuario o portuali) e quindi ospitano molte delle specie tipiche di questi ambienti. L'epifauna associata al fondo è quindi molto ridotta, poiché così è in genere nei fondi molli. Risultano molto ridotti sia i crostacei decapodi, ad eccezione di qualche paguro, sia gli echinodermi, ad eccezione del già citato *Psammechinus microtuberculatus* e di qualche ofiura. Tra le specie cospicue di molluschi che si incontrano più di frequente su *Cymodocea* e *Zostera*, ricordiamo solo i gasteropodi *Bolinus brandaris* ed *Hexaplex trunculus*.

Vale la pena menzionare che esistono anche limitate osservazioni sulla fauna associata ad un'altra piccola fanerogama, *Halophila stipulacea*. I pochi studi disponibili mostrano una fauna associata molto simile a quella di *Cymodocea*, che risente molto delle condizioni sedimentarie ed ecologiche locali e con alcune specie più abbondanti, quali il gasteropode *Bittium reticulatum* e gli anfipodi *Caprella acanthifera* e *Gammarella fucicola*.

L'infauna della "matte", delle radure e del "turf". La "matte" costituisce, come già descritto nei capitoli precedenti, una biocostruzione tipica di posidonia, e deriva dalla crescita orizzontale e verticale dei rizomi di questa pianta e dal sedimento e dai detriti organogeni che si accumulano sul fondo e nell'intreccio di radici e rizomi. La "matte" rappresenta quindi un substrato peculiare in quanto possiede caratteristiche sia di fondo duro (radici, porzione ipogea dei rizomi, resti calcarei di organismi, ciottoli ecc.) che di fondo molle; possiede inoltre un livello di compattezza e penetrabilità molto variabile in base alle condizioni ambientali a cui la prateria è sottoposta in termini di bilancio sedimentario e di idrodinamismo. La "matte" può quindi svilupparsi per pochi centimetri fino ad alcuni metri e in base al tipo di sedimento e alle condizioni di compattezza può risultare più o meno favorevole e idonea alla colonizzazione da parte della fauna.

La complessità e compattezza della "matte" rendono il prelievo e lo studio di questo ambiente particolarmente difficoltoso e ad elevato impatto. Anche per

Fasolara (*Callista chione*), mollusco bivalve tipico della "matte" di posidonia

questi motivi, la fauna della “matte” è la meno studiata e conosciuta rispetto ad altri comparti del sistema *Posidonia*.

La fauna che vive all’interno della “matte” fa parte dell’infauna, cioè l’insieme degli animali che vivono all’interno del substrato. La “matte” inoltre persiste lungamente alla morte dei fasci e di intere porzioni di prateria e viene definita come “matte” morta; anche nel caso della “matte” morta la colonizzazione della fauna persiste. A causa della presenza di sedimento fine e dell’azione compattante dei rizomi, la “matte” presenta condizioni di ossigenazione solo nei livelli più superficiali del sedimento, in genere nei primi 5-10 cm, mentre al di sotto di questo strato le condizioni si fanno sempre più anossiche (mancanza di ossigeno). Questo aspetto ha notevoli ripercussioni per la fauna che nella “matte” si concentra nei primi centimetri e si riduce drasticamente in profondità. Fanno eccezione alcune forme tubicole o che scavano gallerie e che possono penetrare nei livelli più profondi, perché riescono comunque a mantenere un contatto esterno cioè con la superficie del sedimento.

L’infauna della “matte” è dominata da policheti e da poche specie di altri gruppi, quali molluschi, soprattutto bivalvi, e alcuni tra decapodi ed echinodermi. Molto ben rappresentati anche alcuni gruppi della meiofauna come nematodi e crostacei arpatticoidi, concentrati soprattutto nei primissimi centimetri del sedimento (1-2 cm).

I policheti nella “matte” presentano un corredo di specie caratteristiche dei sedimenti misti sabbio-fangosi con forme detritivore scavatrici che ingeriscono sedimento, quali capitellidi e maldanidi, e forme detritivore superficiali quali spionidi, paraonidi, cirratulidi, lumbrinerididi e nereididi. Nel complesso oltre 180 specie di policheti si rinvengono nella “matte”.

Tra i molluschi dominano i bivalvi, che sono il gruppo più tipico dei fondi molli, assieme agli scafopodi. Specie preferenziali per questo tipo di ambiente sono le specie eduli del tartufo di mare (*Venus verrucosa*) e della fasolara (*Callista chione*), il cui prelievo a scopi commerciali implica l’uso di sistemi di pesca distruttivi per la “matte” e la prateria stessa. Tra le specie più ubiquiste associate alla “matte” ricordiamo anche *Plagiocardium papillosum, Tellina balaustina, Lucinella divaricata*, *Glans trapezia, Venericardia antiquata*, e lo scafopode *Antalis vulgaris*. Tra i gasteropodi, anche se meno frequenti ricordiamo alcune specie carnivore che vivono parzialmente infossate nel sedimento e si nutrono di bivalvi, come *Tectonatica filosa, Lunatia poliana, Nassarius* (*Hima*) *incrassatus*. Si deve ricordare inoltre un solo decapode caratteristico della “matte”, *Upogebia deltaura*, una specie detritivora che forma gallerie profonde e molto articolate e complesse attraverso le quali comunica con la superficie del sedimento. Nel complesso, il popolamento della “matte” viva non differisce molto da quello della “matte” morta, gli studi in proposito sono però piuttosto limitati e questo tipo di confronto necessiterebbe di approfondimenti ulteriori.

Spatangus purpureus, riccio irregolare tipico delle radure del posidonieto

Un ambiente particolare che si riscontra infine nelle praterie di posidonia è costituito dalle tasche di sedimento detritico presenti nelle radure e nei canali, strutture di discontinuità della prateria e in genere circondate da “matte” esposta e ben sviluppata. In questi ambienti il sedimento è piuttosto grossolano e costituito in gran parte da detrito organogeno, derivato cioè dai gusci calcarei degli organismi che vivono nella prateria stessa, quali molluschi, echinodermi, briozoi, madreporari. Queste zone rappresentano aree di erosione della prateria, dove si scarica e si concentra gran parte dell’energia idrodinamica ambientale, le correnti di fondo e l’azione del moto ondoso sono quindi particolarmente forti e formano spesso sul fondo i tipici ripple-mark (onde di sabbia). È a causa di queste particolari condizioni dinamiche che nelle radure e nei canali si accumulano anche i banchi di detrito di cui si è fatto cenno prima. L’infauna di queste tasche di sedimento grossolano è costituita da forme tipiche dei sedimenti detritici costieri, tra cui segnaliamo solo gli elementi più caratteristici e vistosi, i bivalvi del genere *Glycymeris* (piede d’asino) e *Tellina*, e i ricci irregolari *Brissus unicolor* e *Spatangus purpureus*, i cui gusci vuoti è dato spesso di osservare sulla superficie del sedimento.

La fauna associata al sedimento dei prati formati dalle altre piccole fanerogame marine presenta le specie caratteristiche dei comuni fondi incoerenti la cui composizione è essenzialmente funzione delle caratteristiche granulometriche del sedimento stesso. La presenza della copertura vegetale e di rizomi e radici ipogei tuttavia, influenza in qualche misura le caratteristiche del sedimento. Ad esempio, in prati misti superficiali di *Cymodocea nodosa* e *Nanozostera noltii*, con densità dei ciuffi che per la presenza di entrambe le specie superano i 2000 fasci per metro quadro, si può formare uno spesso e compatto scalino costituito da sedimento, radici e rizomi denominato “turf” che presenta percentuali di fango molto elevate rispetto alla limitata profondità. Nel “turf” si instaurano condizioni anossiche (prive di ossigeno) dopo i primissimi centimetri di profondità (0-5 cm). In questo ambiente la fauna, anche in questo caso per la maggioranza policheti, si concentra nello strato più superficiale del sedimento, mentre più in profondità rimangono solo poche specie adattate ai bassissimi tassi di ossigeno, quali alcuni policheti capitellidi (*Heteromastus filiformis, Capitella* sp.) e il bivalve *Lucinella divaricata* che possiede nei tessuti del mantello dei batteri simbionti chemiosintetici.

■ Fauna sessile

Il termine sessile indica organismi che vivono fissi ad un substrato, senza possibilità di distaccarsene: in generale, sono molto rappresentati in mare sui fondi rocciosi e ovunque vi siano substrati duri cui aderire fermamente. Sui fondi di sabbia e fango, gli organismi sessili sono ovviamente limitati a quei piccoli substrati duri (pietre, conchiglie, ecc.) dispersi tra i sedimenti. Le foglie e i rizomi delle fanerogame marine offrono alla fauna sessile un substrato del tutto particolare, che spesso richiede specifici adattamenti. Le foglie delle fanerogame, in particolare, ondeggiano e si rinnovano periodicamente; le loro dimensioni permettono l'insediamento solo di organismi di piccola taglia. I rizomi sono relativamente più stabili, ma comunque selettivi rispetto ai fondi rocciosi da cui proviene la fauna sessile che li può colonizzare. L'adattamento a queste condizioni fa sì che le specie sessili delle fanerogame, e che quindi vengono più propriamente chiamate epifite, siano spesso differenti da quelle che si trovano su altri substrati: questo è particolarmente vero per le foglie di *P. oceanica*, un po' meno per i rizomi e per le altre fanerogame, dove la fauna epifita è meno caratteristica.
Le fanerogame giocano quindi un ruolo estremamente importante nell'ecologia e nell'evoluzione della fauna sessile. I substrati duri rocciosi rappresentano infatti una porzione minima dei fondi marini litorali, occupati per lo più da distese sedimentarie, ovviamente inospitali per la fauna sessile, che può riuscire a colonizzarle secondo due principali modalità: "saltando" da una piccola "isola"

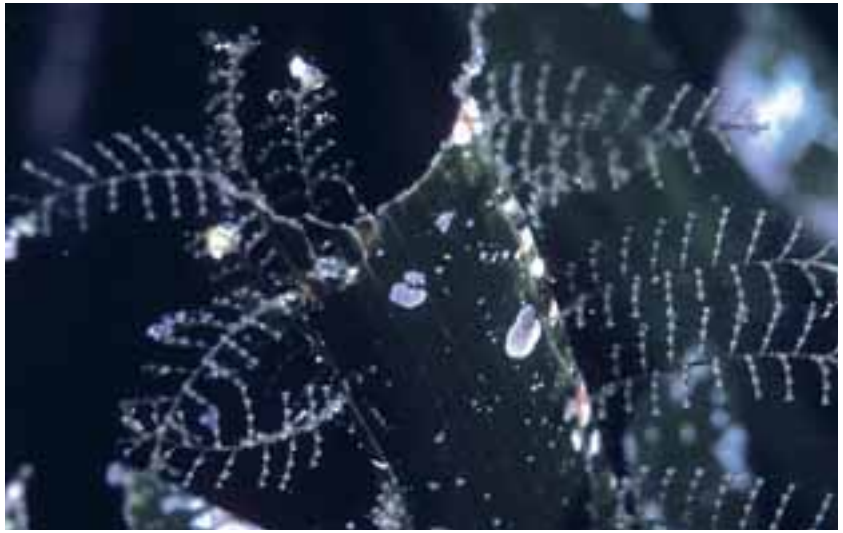
Electra posidoniae, briozoo epibionte esclusivo delle foglie di posidonia

di substrato duro ad un'altra, evitando così il contatto diretto con il sedimento; oppure affrontando direttamente l'ambiente ostile, sviluppando adattamenti per non sprofondare nel sedimento. Quest'ultima modalità è quella adottata da specie di più grossa taglia, originando, ad esempio, le attinie fossorie e le pennatule, mentre la modalità di saltare di isola in isola è stata adottata soprattutto da specie opportuniste, di piccola taglia e con ciclo vitale breve: tuttavia questa necessità ha portato a fenomeni di specializzazione ecologica nel caso di epibiosi di organismi viventi, come sui molluschi (alcuni idroidi, ad esempio, vivono esclusivamente su bivalvi, gasteropodi o paguri in conchiglie di gasteropodi) o, appunto, fanerogame. In Mediterraneo, *P. oceanica* è la fanerogama che forma le praterie più vaste e stabili, offrendo quindi un'opportunità concreta e affidabile di evitare l'ambiente sedimentario: non deve quindi stupire se gli unici veri casi di epifitismo specializzato si trovano proprio sulle posidonie. Nella maggior parte dei casi, le specie sessili che colonizzano le fanerogame sono coloniali: le colonie si originano per gemmazione da un individuo fondatore, sviluppatosi a partire da una singola, minuscola larva insediatasi sul substrato. La colonialità può essere considerata una strategia vincente per monopolizzare un substrato adatto, una volta trovatolo. In generale, gli epifiti delle fanerogame appartengono a diversi gruppi tassonomici, dai più semplici come i protozoi, fino ai più evoluti, come i cordati.

Idrozoi epibionti su foglie di posidonia

I protozoi sono organismi unicellulari un tempo classificati tra gli animali ma oggi ascritti ad altri regni: hanno generalmente dimensioni microscopiche, ma alcune specie sono visibili ad occhio nudo. Sulle fanerogame, sono rappresentati soprattutto dalla classe dei foraminiferi.
I poriferi o spugne rappresentano il tipo di animali più primitivo. Comprendono quasi esclusivamente specie sessili, di dimensioni e forme molto varie. Le specie osservabili nelle praterie di fanerogame appartengono a due classi: le calcisponge, che comprendono poche specie solitamente di piccole dimensioni, e le demosponge, che comprendono la stragrande maggioranza dei poriferi.
Gli cnidari sono un vasto tipo di animali, caratterizzati dalla presenza di cellule urticanti (cnidocisti) e di due morfologie alternative: polipo e medusa. Sono i polipi ad essere in molti casi sessili, mentre le meduse sono di solito liberamente natanti. I polipi possono essere solitari o coloniali, a seconda delle specie. Sulle fanerogame, la classe più rappresentata è quella degli idrozoi (sia con polipi sia, più raramente, con meduse), ma sono presenti anche alcune specie di antozoi.

Gli anellididi comprendono per la maggior parte forme vagili. Alcune specie di policheti, tuttavia, sono sessili in quanto vivono all'interno di tubi da esse stesse secreti e fissi al substrato; i tubi possono essere di consistenza mucosa, fangosa, pergamenacea, gommosa, come nella famiglia dei sabellidi, o essere addirittura calcarei, nei serpulidi e negli spirorbidi. Alcuni rappresentanti di queste famiglie si possono trovare anche sulle fanerogame.
Può sorprendere che gli artropodi, rappresentati in mare soprattutto dai crostacei, comprendano specie sessili: queste si trovano nei cirripedi, cui appartengono i noti "denti di cane". Talvolta si possono ritrovare sulle fanerogame.
I briozoi sono un tipo di animali quasi tutti coloniali. Ogni colonia è costituita da numerosi individui, detti zoidi, di minuscole dimensioni. Le colonie possono invece essere anche molto grandi e sono tipicamente sessili, incrostanti o erette. Sulle fanerogame si rinvengono specie appartenenti a tre ordini: ciclostomi, con zoidi calcificati e tubulari; cheilostomi, con zoidi anch'essi calcarei e a forma per lo più di scatola; ctenostomi, con zoidi a sacchetto non calcificati.
Infine anche il tipo dei cordati comprende alcune specie sessili: si tratta di rappresentanti dei tunicati appartenenti alla classe degli ascidiacei. Vi appartengono sia specie solitarie o "semplici" sia specie coloniali: i minuscoli individui che compongono le colonie prendono il nome di ascidiozoidi e possono rimanere uniti solo da uno stolone basale, e si parla quindi di ascidie "sociali", oppure essere completamente inglobati in una tunica comune, originando così le ascidie "composte". Alcune specie possono colonizzare le fanerogame.



Aglaophenia harpago, idrozoo epibionte su foglie di posidonia

Fauna epifita delle foglie di *Posidonia oceanica*. Tra gli epifiti delle foglie delle posidonie è possibile trovare rappresentanti di moltissimi tipi animali: solo tra gli cnidari e i briozoi, tuttavia, si trovano alcune specie così altamente specializzate che non si rinvengono su nessun altro tipo di substrato. Tali specie vengono quindi definite "caratteristiche esclusive". Il loro livello di specializzazione fa sì che esse risultino dominanti rispetto ai numerosi altri colonizzatori delle foglie, tanto da arrivare spesso a costituire il 95% dell'intero popolamento animale epifita. Poiché *P. oceanica* è una fanerogama endemica del Mediterraneo, risulta inevitabile che anche queste specie siano a loro volta endemiche. Per contro, esse sono similmente ripartite in tutto il bacino: salvo pochissime eccezioni, la fauna epifita esclusiva delle posidonie è sempre la stessa, indipendentemente dalla posizione geografica all'interno del Mediterraneo.
I briozoi sono generalmente gli animali più abbondanti, in termini di superficie fogliare ricoperta, e ciò in particolare ad opera di una singola specie caratteristica esclusiva: *Electra posidoniae*. Si tratta di un cheilostomo dalle colonie incrostanti, nastriformi, debolmente calcificate. Anche gli altri briozoi esclusivi delle foglie di *P. oceanica* appartengono ai cheilostomi e hanno colonie incrostanti, che sono però tondeggianti anziché nastriformi: si tratta di *Collarina balzaci*, *Fenestrulina joannae* e *Ramphostomellina posidoniae*. Quest'ultima è per ora nota solo per il Mar Egeo e potrebbe dunque rappresentare un'eccezione al fatto che la fauna epifita delle posidonie sia diffusa in tutto il Mediterraneo.
Molti altri briozoi sono comuni sulle foglie, senza però esserne esclusivi. Si possono ricordare, tra gli ctenostomi, *Mimosella verticillata*, *M. gracilis* e *Pherusella tubulosa*; tra i cheilostomi, le specie del genere *Aetea* (*A. anguina*, *A. lepadiformis*, *A. sica*, *A. truncata*), *Celleporina caliciformis*, *Chorizopora brongniartii*, *Fenestrulina malusii*, *Haplopoma impressum* e *Microporella ciliata*; tra i ciclostomi *Disporella hispida*, *Patinella radiata* e *Tubulipora plumosa*.
Anche gli idroidi possono essere quantitativamente e qualitativamente molto importanti. Quattro specie sono caratteristiche esclusive: *Aglaophenia harpago*, dalle colonie a forma di piuma alta circa 15 mm, *Orthopyxis asymmetrica*, dalle colonie stoloniali alte qualche millimetro, *Pachycordyle pusilla*, anch'essa con piccole colonie stoloniali ma polipi nudi, e *Sertularia perpusilla*, con colonie erette alte fino a circa 7 mm. L'esclusività di *Aglaophenia harpago* e *Pachycordyle pusilla* non è strettissima in quanto entrambe sono state rinvenute anche su *Cymodocea nodosa*. Esiste inoltre una specie di *Sertularella* che sembra essere esclusiva delle foglie di *P. oceanica* ma che ancora attende una descrizione formale da parte degli specialisti.
Un caso interessante dal punto di vista ecologico evolutivo è rappresentato da *Monotheca obliqua*. Si tratta di una specie con colonie pennate alte fino a 40 mm, comune su diversi substrati e sulle foglie delle posidonie: alcune differen-

ze morfologiche hanno fatto distinguere una forma *typica*, con ampia distribuzione ecologica sui fondi duri tra 5 e 30 m di profondità, e una forma *posidoniae*, esclusiva delle foglie di *Posidonia oceanica*. La specializzazione dell'habitat potrebbe portare all'isolamento genetico delle due forme, e quindi *Monotheca posidoniae*, come è talvolta chiamata, potrebbe rappresentare un esempio di speciazione incipiente.

Numerose altre specie di idroidi si possono trovare frequentemente sulle foglie delle posidonie, senza però mostrarne una particolare predilezione. Tra le specie più citate nella letteratura specialistica, si possono ricordare *Aglaophenia picardi*, *Antennella secundaria*, *Campanularia hincksi*, *Clytia hemisphaerica*, *Dynamena disticha*, *Eudendrium simplex*, *Halecium pusillum*, *Obelia dichotoma* e *Obelia geniculata*. Gli idroidi tipici delle posidonie non hanno la fase di medusa: questo è stato considerato come un adattamento che consente loro di rimanere all'interno dell'habitat per il quale si sono specializzati; le meduse, infatti, potrebbero essere allontanate dalle correnti e finire in aree prive di posidonie. Come sempre succede quando si ha a che fare con la biodiversità, ci sono però curiose eccezioni; una di queste è *Cladonema radiatum.* I polipi sono riuniti in piccole colonie, semplici o poco ramificate che si innalzano da una idroriza reptante. Non sono esclusivi delle foglie di *P. oceanica* ma vi sono frequenti e talvolta abbondanti. Le meduse, a forma di campana e grosse 3 o 4 mm, anziché essere liberamente natanti strisciano sulle foglie, aderendovi con speciali dischi adesivi posti sui tentacoli. Anche *Olindias phosphorica* e *Scolionema suvaense* mostrano adattamenti simili.

Anche tra gli antozoi esiste una specie caratteristica esclusiva delle foglie di *P. oceanica*: la piccola attinia *Paractinia striata*, il cui polipo è di colore marroncino con striature longitudinali. A voler essere pignoli, le attinie non sarebbero da annoverare tra la fauna sessile, in quanto il loro disco basale, pur aderendo fermamente al substrato, non vi si salda, consentendo all'animale piccoli spostamenti. La specializzazione di *P. striata* per le foglie delle posidonie, resa possibile da un disco basale adesivo ampio e corpo appiattito, la accomuna per molti versi ai tipici epifiti sessili.

Altre specie più o meno caratteristiche si trovano tra i foraminiferi sessili, quali ad esempio *Cibicides lobatulus*, *Iridia serialis* e *Rosalina globularis*. Tutti i rimanenti animali che colonizzano, a volte anche in abbondanza, le foglie delle posidonie non ne sono però caratteristici: tra i più frequenti spirorbidi e ascidie.

Gli spirorbidi sono rappresentati sia da specie con il tubo avvolto in senso orario (*Pileolaria militaris, Simplaria pseudomilitaris*) sia da specie col tubo avvolto in senso antiorario (*Janua pagenstecheri, Neodexiospira pseudocorrugata*); hanno diametro generalmente inferiore a 2 mm.

Gli ascidiacei sono sempre rappresentati sulle foglie da specie composte: la più comune è sicuramente *Botryllus schlosseri*, di consistenza gelatinosa e di colore vivace e vario. *Botrylloides leachi*, forse più frequente su altre fanerogame, si distingue per gli ascidiozoidi disposti in serie lineari anziché a rosetta.

Gli epifiti delle foglie di *P. oceanica* si trovano a vivere su un substrato in continuo divenire: le foglie si accrescono a partire dalla base ma gli apici sono soggetti a continue rotture, sia per azioni meccaniche sia per la brucatura da parte di organismi erbivori; nuove foglie si producono all'interno dei fasci, mentre quelle più vecchie, e quindi esterne, vengono via via perse. La struttura e la dinamica della comunità epifita ne risultano condizionate di conseguenza.

Le specie caratteristiche esclusive si insediano prevelentemente sulle foglie interne, e quindi più giovani, in modo da evitare la competizione con specie più agguerrite che possono installarsi sulle foglie esterne, più vecchie, già abbondantemente colonizzate. Questo è stato osservato sia per il briozoo *Electra posidoniae*, sia per gli idroidi *Aglaophenia harpago*, *Monotheca obliqua*, *Orthopyxis asymmetrica* e *Sertularia perpusilla*. Studi sperimentali hanno dimostrato che le planule di questi idroidi si insediano solo sulle foglie verdi, e quindi non colonizzate da altri organismi, come sono tipicamente le foglie giovani.

Similmente, le specie caratteristiche esclusive sembrano colonizzare le foglie a partire dalla loro base, così da occupare nuovi settori di foglia man mano che si formano. Tale comportamento è mostrato in particolare dal briozoo *Fenestrulina joannae* e dagli idroidi *Monotheca obliqua*, *Orthopyxis asymmetrica* e *Sertularia perpusilla*. Tuttavia, l'idroide esclusivo *Aglaophenia harpago* si trova soprattutto sulla parte apicale delle foglie, così come il briozoo non esclusivo *Aetea truncata*;

Medusa dell'idrozoo *Cladonema radiatum*

Briozoi

per contro, la parte centrale è preferita dal briozoo esclusivo *Electra posidoniae* e dall'idroide non esclusivo *Antennella secundaria*. L'insediamento apicale da parte di specie non specializzate è da interpretarsi come un esempio di acrofilia, cioè della tendenza, da parte dei filtratori passivi, ad insediarsi in posizioni che consentano di attingere più facilmente alle risorse alimentari sospese nella colonna d'acqua. Per monopolizzare più rapidamente la superficie disponibile, le colonie di molte specie si sviluppano parallelamente al bordo della foglia, in modo di potersi accrescere maggiormente nel senso della lunghezza. Questo fenomeno è illustrato in maniera particolarmente evidente da *Electra posidoniae* e da *Sertularia perpusilla*.

Sono note anche differenze di insediamento tra le due facce delle lamine fogliari, legate al fatto che la colonizzazione sulla faccia esterna procede di solito più lentamente. È possibile che ciò dipenda dal fatto che le facce esterne sono meno protette e quindi più esposte ad abrasioni che possono complicare l'adesione e lo sviluppo di organismi appena insediati. Molti idroidi, sia caratteristici (*Monotheca obliqua* e *Orthopyxis asymmetrica*) sia non caratteristici (*Antennella secundaria*), prediligono la faccia interna, così come alcuni briozoi non caratteristici (*Aetea* e *Mimosella*); l'idroide caratteristico *Sertularia perpusilla* sembra invece preferire la faccia esterna. Nella colonizzazione di un substrato flessibile e caduco come le foglie delle posidonie sono importanti alcuni adattamenti, che si riscontrano soprattutto nelle specie esclusive.

La flessibilità del substrato richiede inevitabilmente altrettanta flessibilità da parte delle colonie degli epifiti, spesso molto lunghe o estese. Questo rappresenta indubbiamente un problema per i briozoi cheilostomi: non a caso gli zoidi di *Electra posidoniae* sono solo debolmente calcificati e i delicati peduncoli degli zoidi eretti di *Aetea anguina* e *A. sica* hanno speciali anellazioni che li rendono flessibili. *Fenestrulina joannae*, una specie crostosa con zoidi ben calcificati, si sviluppa maggiormente in acque calme o più profonde, dove l'idrodinamismo è comunque minore. Per contro, il continuo fluttuare delle foglie richiede da parte degli epifiti irrobustimenti di alcune strutture, che potrebbero essere facilmente logorate dalle continue sollecitazioni meccaniche o abrase dallo sfregamento delle foglie: negli idroidi si assiste alla formazione di particolari inspessimenti o setti con funzione di rinforzo, e questo soprattutto in ambienti soggetti a maggiore idrodinamismo.

La caducità delle foglie fa sì che gli idroidi delle posidonie abbiano una vita più corta dei loro consimili che vivono su altri substrati. Le foglie più esterne diventano brune e si distaccano: gli idroidi che vi sono insediati non sopravvivono a lungo perché le foglie distaccate rotolano o si accumulano sul fondo, in condizioni ambientali del tutto sfavorevoli. Una riproduzione precoce è l'unica possibilità per il mantenimento della specie. La riproduzione sessuale è poco frequente e le specie affidano la loro persistenza soprattutto alla riproduzione vegetativa. Una delle specie epifite strette più abbondanti, *Orthopyxis asymmetrica*, ha un periodo di riproduzione sessuata molto breve in estate, con scarsa produzione di gonoteche (cioè di organi sessuali). Come altri idroidi, ha invece molto sviluppato il fenomeno della stolonizzazione: una parte appositamente modificata della loro colonia è in grado di "agganciare" una foglia limitrofa e di aderirvi, staccandosi poi dalla colonia originaria. Questi stoloni propagulari sono prodotti abbondantemente in tutte le stagioni. In *Monotheca obliqua*, *Orthopyxis asymmetrica* e *Sertularia perpusilla*, questi stoloni hanno l'aspetto di un semplice prolungamento flessibile con un rigonfiamento apicale; in *Aglaophenia harpago* e in una specie, ancora non descritta, di *Sertularella* hanno forme più complesse, rispettivamente ad uncino o a chela. La grande diffusione della stolonizzazione comporta spesso casi di concentrazione: una specie può essere abbondante in una data zona e completamente assente nelle immediate vicinanze. La capacità di persistenza e la riduzione della sessualità fa sì che molti degli epifiti di *Posidonia oceanica* siano presenti tutto l'anno. Questo è stato constatato in particolare sia per alcuni idroidi (*Aglaophenia harpago*, *Monotheca obliqua*, *Sertularia perpusilla*) sia per alcuni briozoi (*Mimosella verticillata*, *Chorizopora brongniartii*, *Electra posidoniae*). Quasi altrettanti, però, sembrano invece essere più frequenti in precisi momenti stagionali: primavera (*Clytia hemisphaerica*, *Disporella hispida*, *Dynamena disticha*, *Pachycordyle pusilla*), estate (*Eudendrium simplex*, *Halecium pusillum*, *Paractinia striata*) o autunno (*Orthopyxis asymmetrica*), senza che sia possibile stabilire corrispondenze tra stagionalità e livello di specializzazione per le foglie di *P. oceanica*. È da sottolineare, tuttavia, che gli studi sono troppo scarsi per poter trarne conclusioni generali.

Idroidi epifiti sulle foglie di *Posidonia oceanica*

La superficie fogliare varia tipicamente con la profondità, risultando maggiore presso la superficie. Anche la comunità epifita si modifica con la profondità, dal punto di vista sia qualitativo sia quantitativo.

L'abbondanza totale degli epifiti è solitamente maggiore a bassa profondità, ma il numero di specie è minore. La maggior ricchezza specifica in profondità è però dovuta soprattutto a specie a larga ripartizione ecologica. Le caratteristi-

che esclusive di *P. oceanica* sono in genere più rappresentate a bassa e media profondità: questa constatazione viene considerata una prova a supporto della teoria che vede *P. oceanica* originaria di acque basse e presente anche a maggiori profondità solo a causa dell'abbassamento del livello marino nell'ultimo periodo glaciale.
Scendendo più nel dettaglio, prediligono profondità non superiori ad una quindicina di metri *Aglaophenia harpago*, *Collarina balzaci*, *Electra posidoniae*, *Orthopyxis asymmetrica* e *Sertularia perpusilla*. *Monotheca obliqua* ha solitamente un'ampia distribuzione batimetrica, mentre le specie che sembrano preferire le maggiori profondità sono *Antennella secundaria*, *Clytia hemisphaerica*, *Halecium pusillum* e *Pachycordyle pusilla*. Queste tendenze generali possono essere contraddette in situazioni locali, in relazione ad esempio all'esposizione al moto ondoso. La distribuzione batimetrica degli epifiti è infatti dettata principalmente dall'idrodinamismo: è così che molti idroidi si insediano alla base delle foglie, più riparata, presso la superficie e sugli apici, più esposti, in profondità.
Lo studio della fauna epifita delle foglie di *P. oceanica* affianca ad aspetti scientifici di grande interesse, legati soprattutto ai problemi di adattamento e di ecologia evolutiva, importanti aspetti applicativi. Gli epifiti sono infatti indicatori sensibili di disturbi naturali o antropici, in grado di registrare più precocemente della pianta ospite le alterazioni ambientali derivanti dallo scadimento della qualità delle acque.

Il briozoo *Margaretta cereoides*

Fauna epifita dei rizomi di *Posidonia oceanica*. La fauna epifita dei rizomi è più eterogenea e generalista rispetto a quella delle foglie, essendo composta da specie che popolano anche i substrati duri dell'infralitorale e del circalitorale. Ne risulta una comunità che presenta una elevata ricchezza specifica ma in generale una minore abbondanza. Le specie presenti sono, con rare eccezioni, differenti da quelle delle foglie. Anche sui rizomi, tuttavia, i gruppi dominanti sono gli idroidi e i briozoi.
L'idroide più comune è *Sertularella ellisii*. Le sue colonie, che possono raggiungere i 50 mm di altezza, hanno idrocauli eretti semplici o ramificati, dal caratteristico andamento a zig-zag. Oltre che sui rizomi, si rinviente in ambienti diversi, dai prati algali al coralligeno e alle grotte sottomarine, dalla superficie fino a circa 100 m di profondità. Presenta aspetto molto variabile a seconda dell'habitat, tanto che in passato ne furono descritte diverse varietà. Tra le numerose altre specie di idroidi rinvenibili sui rizomi, si possono citare *Cladocoryne floccosa*, *Kirchenpaueria pinnata*, *Sertularia distans* e *Aglaophenia picardi*; le ultime due specie sono tra i pochi esempi di idroidi che colonizzano sia i rizomi sia le foglie, limitatamente alla parte basale.
Molte specie di briozoi si trovano, oltre che negli ambienti rocciosi, nei fondi detritici, caratterizzati dall'abbondanza di piccoli substrati duri sparsi nel sedimento. Non deve pertanto stupire la loro abbondanza sui rizomi delle posidonie, generalmente sottoposti ad una sedimentazione più o meno intensa. Se la sedimentazione è elevata, possono abbondare alcuni ctenostomi, quali *Nolella stipata*, *N. dilatata*, *Bowerbankia imbricata*, *Amathia lendigera* e *Pherusella tubulosa*, quest'ultima comune anche sulle foglie. Anche il piccolo cheilostomo *Aetea truncata* può rinvenirsi sia sulle foglie sia sui rizomi. Ma sono soprattutto i cheilostomi di grande taglia a caratterizzare i rizomi, specialmente se la sedimentazione non è eccessiva; si tratta sempre di specie più facilmente rinvenibili nel coralligeno e/o sui fondi detritici. Uno degli esempi più significativi è *Margaretta cereoides*, dalla colonia arborescente alta fino a 5 cm, molto ramificata e fissata debolmente al substrato; i rami sono a forma di bastoncino e sono collegati tramite un corto e stretto peduncolo corneo che li rende snodati. Il colore è roseo o beige. Oltre che alla base dei rizomi delle posidonie vive su fondi detritici, per lo più da 10 a 50 m.
Reteporella grimaldii, conosciuta col nome comune di trina di mare, predilige invece i fondi coralligeni. Le sue colonie, alte fino a 10 cm, sono costituite da espansioni laminari erette, ondulate e variamente ripiegate; le lamine sono fenestrate come reti e sono fragilissime. Hanno colore rosa brillante o arancio, ma decolorano rapidamente a secco. *Turbicellepora magnicostata* e *Calpensia nobilis* hanno colonie incrostanti che possono formare spessi manicotti intorno ai rizomi; quest'ultima specie è più abbondante nel sud del Mediterraneo.

Il policheto tubicolo *Sabella spallanzanii*

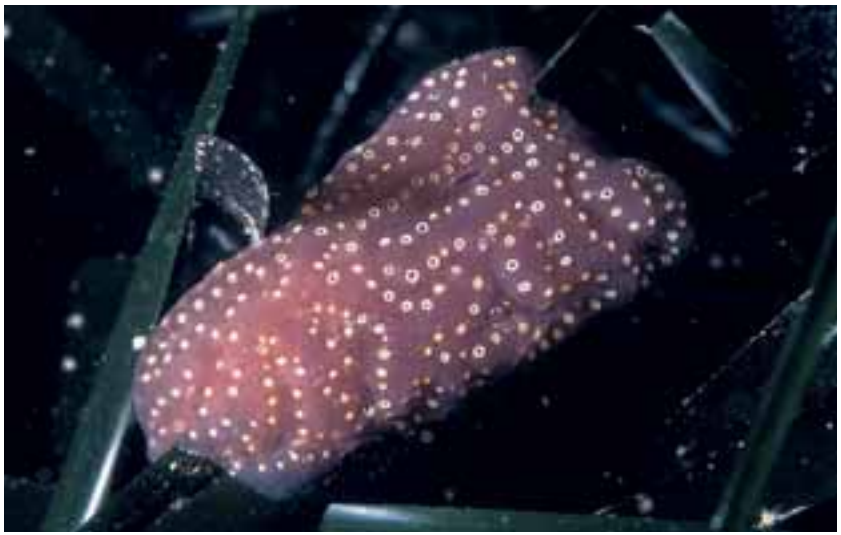
L'attinia *Alicia mirabilis*

Miniacina miniacea è una piccola (circa 1 cm) specie coloniale che può a prima vista essere scambiata per un briozoo: si tratta in realtà di un foraminifero. Le sue colonie hanno forma irregolarmente ramificata e colorazione rossa. Si trovano nel coralligeno, nelle grotte e in altri ambienti rocciosi, ma sui rizomi delle posidonie possono essere così abbondanti che gli scheletri calcarei delle colonie morte si accumulano talvolta in quantità notevoli sulle spiagge antistanti grandi praterie di posidonie, originando vistose fasce rosate sul bagnasciuga.
Tra gli altri invertebrati epifiti dei rizomi, sono i poriferi a comparire col maggior numero di specie. Ciononostante, il popolamento di spugne che vive nelle praterie di posidonie è eterogeneo, e rappresenta una selezione impoverita di quello dei fondi duri litorali: mancano ad esempio le specie endolitiche (all'interno della roccia) e quelle insinuanti. Non si può quindi parlare di un popolamento di poriferi tipico delle posidonie. Tra le specie che più frequentemente vi si ritrovano, si possono innanzitutto menzionare alcune calcisponge, quali *Leucosolenia botryoides* e *L. variabilis*, dall'aspetto di masserelle tubulose ramificate e biancastre, e *Sycon raphanus*, dalla forma a barilotto. Grazie alle loro piccole dimensioni (1-2 cm) possono talvolta insediarsi anche sulle foglie, soprattutto in acque ricche di particellato sospeso. Tra le numerose demosponge, *Mycale contarenii* sembra prediligere profondità ridotte ed è stata ritrovata anche sulle foglie. *Hymeniacidon perlevis* ha forma incrostante e colore arancio-rossastro. Una comune e curiosa specie è *Chondrilla nucula*, dall'aspetto di cuscinetti sferici o allungati, uniti tra loro in insiemi che possono superare i 20 cm; tali cuscinetti hanno superficie liscia e colore variabile tra il violaceo e il bruno-verdastro per la presenza di cianobatteri fotosintetici simbionti ("zoocianelle"). Infine, deve essere ricordata *Calyx nicaeensis*: ha tipicamente forma di coppa, alta 5-20 cm, con consistenza fibrosa e colore bruno. Comunissima fino agli anni '60-'70 del XX secolo, è oggi diventata estremamente rara; non sono note le cause della sua rarefazione, forse legate ad una malattia.
Tra gli antozoi che abitano i rizomi delle posidonie si possono citare tre specie che preferiscono le praterie più profonde. La prima è l'attinia *Alicia mirabilis*,

dal forte potere urticante: il polipo contratto appare come una piccola masserella ma quando espanso può superare i 50 cm d'altezza, mostrando una colonna verde-giallastra con grappoli di vescicole gialle o arancioni e numerosi tentacoli. Gli esemplari piccoli possono anche aderire alle foglie. La seconda è la gorgonia *Eunicella singularis*, dalle colonie erette, alte fin oltre 50 cm e con ramificazioni strette e parallele che le conferiscono una caratteristica forma a candelabro; ha colore bianco sporco o grigio-giallastro per la presenza di microalghe simbionti ("zooxantelle"). La terza, infine, è la madrepora coloniale *Cladocora caespitosa*: le colonie hanno forma di cuscinetti globosi e incrostanti, grossi mediamente una ventina di centimetri; i polipi hanno una colorazione bruno-verdastra dovuta anche in questo caso a zooxantelle. Mentre la stragrande maggioranza degli animali sessili si nutrono filtrando o catturando le particelle organiche sospese nell'acqua, queste ultime due specie sono capaci, insieme alla già citata *Chondrilla nucula*, di integrare la loro dieta con i prodotti dei loro microsimbionti: questi ultimi forniscono soprattutto carboidrati, mentre la filtrazione permette di ottenere proteine e lipidi.
I policheti sessili che più facilmente si possono trovare sui rizomi delle posidonie appartengono ai sabellidi e ai serpulidi. I primi sono rappresentati da una specie ben nota a tutti i subacquei e agli acquariofili: *Sabella spallanzanii*, dal caratteristico pennacchio branchiale avvolto a spirale e vistosamente variopinto, comunemente bruno-giallastro striato di viola, di bruno-arancio, di blu, a volte bianco. Due altre comuni specie sono *Bispira mariae*, con due lobi branchiali avvolti a spirale, e *Sabella pavonina*, col ciuffo branchiale ad imbuto, non spiralato. Diversi serpulidi, tutti non caratteristici, possono insediarsi sui rizomi; tra le specie più vistose vi sono *Serpula vermicularis*, dal tubo rosa o giallastro, lungo circa 5 cm, rugoso o spesso carenato; *Protula tubularia*, dal tubo cilindrico e liscio, di colore bianco candido e lungo anche più di 20 cm; *Salmacina dysteri*, che si presenta solitamente in ammassi friabili di tubicini lisci e bianchi, ognuno lungo al massimo 6-7 mm.

Il tunicato coloniale *Aplidium conicum*

Un cirripede che può occasionalmente trovarsi sui rizomi delle posidonie è *Verruca spengleri* (in passato confusa con la simile specie extramediterranea *V. stroemia*): si riconosce per il guscio di forma irregolare, grigiastro o brunastro, di circa 5 mm di diametro.
Per quanto riguarda gli ascidiacei, diverse specie possono colonizzare i rizomi delle posidonie. Le ascidie composte sono rappresentate sia da forme massive come *Aplidium conicum* sia, e soprattutto, da forme incrostanti come *Diplosoma listerianum*, *Didemnum fulgens* e *D. coccineum*. Occasionalmente si può trovare l'ascidia sociale *Clavelina lepadiformis*, diffusissima in vari altri ambienti. Tra le ascidie semplici, infine, *Phallusia mammillata* e *Halocynthia papillosa* possono essere comuni. La prima, volgarmente chiamata pigna di mare, ha tunica consistente e mammellonata di colore biancastro traslucido, con lunghezza anche superiore a 15 cm. La seconda, chiamata patata di mare, è di poco più piccola e ha colore rosso carminio nella parte superiore e giallo arancio verso la base.



Il tunicato coloniale *Didemnum fulgens*

L'idroide *Laomedea angulata*

Fauna epifita delle altre fanerogame.
La fauna epifita delle altre fanerogame è molto più povera in specie, e più rarefatta, rispetto a quella delle posidonie: mentre è quasi impossibile trovare un fascio di posidonie privo di epifiti, questa situazione è comune per le altre fanerogame. Forse anche per questo motivo, le conoscenze sugli epifiti delle altre fanerogame sono nel complesso scarse: la maggior parte degli studi riguarda *Cymodocea nodosa*, qualcosa si sa su *Nanozostera noltii*, poco su *Zostera marina*, nulla sugli esemplari mediterranei di *Halophyla stipulacea*.
Contrariamente a quanto visto per *P. oceanica*, sulle foglie delle altre fanerogame marine non si trovano vere specie esclusive, ma tutt'al più preferenziali. È significativo che anche quando *P. oceanica* forma praterie miste con altre fanerogame, i relativi popolamenti epifiti rimangono distinti, composti da specie diverse che mostrano stringenti parallelismi negli adattamenti morfo-funzionali ai gradienti ambientali, in primo luogo all'idrodinamismo.
I rizomi delle altre fanerogame sono generalmente poco cospicui rispetto a quelli delle posidonie, e spesso sono del tutto o in parte infossati nel sedimento; sono pertanto scarsamente colonizzati, spesso dalle stesse specie presenti sulle foglie. In questi casi, si verifica un fenomeno di nanismo, con riduzione della taglia delle colonie insediate sulle foglie rispetto a quelle insediate sui rizomi: i migliori esempi si trovano negli idroidi, e in particolare nelle colonie di *Eudendrium* che mantengono sui rizomi il loro portamento eretto, mentre sulle foglie appaiono prostrate e prive di ramificazioni verticali. Un aspetto ecologico importante consiste nel fatto che le altre fanerogame, e soprattutto *Zostera marina* e *Nanozostera noltii*, sono più eurialine di posidonia e possono quindi penetrare nelle lagune salmastre: la fauna epifita si può quindi trovare composta da specie tipiche di questi ambienti, già adattate a vivere in condizioni ambientali severe e capaci di colonizzare vari tipi di substrato.
Nonostante tutte queste differenze, i gruppi principali di epifiti sono ancora una volta cnidari e briozoi. Gli idroidi sono senz'altro il gruppo più studiato. Le specie censite sulle diverse fanerogame sono relativamente numerose, ed è pertanto possibile abbozzare alcune considerazioni generali.
Il maggior numero di specie di epifiti è stato rinvenuto su *Cymodocea nodosa* (peraltro la specie più studiata). È da ricordare la presenza di *Aglaophenia harpago* e di *Pachycordyle pusilla*, due specie che vivono soprattutto sulle foglie di *P. oceanica* e che colonizzano *C. nodosa* solo occasionalmente. La maggioranza delle altre specie, invece, ha ripartizione ecologica più ampia: molte sono comuni costituenti del fouling, come *Clytia hemisphaerica* e *Obelia dichotoma*, oppure sono epibionti di vari organismi, come *Campanularia volubilis*. Il maggior numero di specie, e anche la maggiore abbondanza, sono state osservate in autunno; si è riscontrato inoltre un cambiamento della specie dominante con la stagione: *Clytia hemisphaerica* in inverno e primavera, *Campanularia volubilis* in estate, *Laomedea angulata* in autunno. *L. angulata* è l'unico idroide che mostra una certa preferenza per le foglie delle fanerogame, mentre l'affine *L. calceolifera* prediligerebbe i fondi rocciosi: talvolta, tuttavia, le due specie sono state trovate insieme sulle fanerogame. *L. angulata* è l'unica a essere presente su tutte le fanerogame studiate ma è particolarmente frequente su *C. nodosa*. Ha colonie non ramificate, alte circa 1 cm, di colore bianco sub-trasparente; mostra una capacità di stolonizzazione comparabile a quella delle specie esclusive di *P. oceanica*. Un'altra specie rinvenuta su diverse fanerogame, seppur più comune su altri substrati, è *Ventromma halecioides*, dalle colonie pinnate ed erette che possono superare i 10 cm di altezza ma che rimangono più piccole e più gracili sulle fanerogame.

L'attinia *Paranemonia cinerea*

Quando le fanerogame penetrano in acque salmastre, alle specie già citate si può aggiungere anche *Pachycordyle napolitana*, le cui colonie, di dimensioni inferiori al centimetro, si possono riconoscere anche sulle tipiche fanerogame lagunari del genere *Ruppia*. Se la salinità diventa particolarmente bassa, l'unico idroide epifita che si può rinvenire (ad esempio su *N. noltii*) è *Cordylophora caspia*, simile alla specie precedente ma capace di tollerare acque quasi dolci, dove colonizza le foglie di *Potamogeton*, presentandosi con colonie non ramificate, alte 0,5-1 cm.
Oltre agli idroidi, sulle fanerogame lagunari si può trovare un altro cnidario che offre lo spunto per illustrare un caso di vicarianza ecologica: l'antozoo *Paranemonia cinerea*. Si tratta di un'attinia di piccole dimensioni (circa 1 cm di diametro e 6 mm d'altezza), il cui colore verde oliva con fasce longitudinali più chiare la rende particolarmente mimetica sulle foglie di *Zostera* e *Ruppia* su cui si insedia. Su queste fanerogame, *P. cinerea* assume in pratica lo stesso ruolo che ha *Paractinia striata* su *Posidonia*!
Ancora più interessante è il caso del briozoo *Electra pilosa*, che su *Cymodocea* e *Zostera* rimpiazza l'affine *E. posidoniae*, penetrando occasionalmente anche in laguna. Più strettamente lagunare è invece *Tendra zostericola*, un altro cheilostomo incrostante, che si insedia preferenzialmente sulle foglie di *Zostera*.
Spirorbidi e ascidiacei, spesso con le stesse specie che si trovano sulle foglie delle posidonie, colonizzano occasionalmente anche le altre fanerogame.

La fauna: vertebrati

PAOLO GUIDETTI

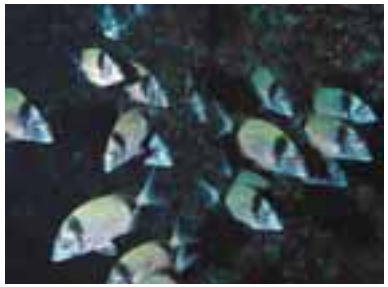
■ Premessa

Tanuta (*Spondyliosoma cantharus*)

Affrontare l'argomento relativo ai vertebrati associati alle fanerogame marine mediterranee significa sostanzialmente trattare della fauna ittica associata alle praterie sommerse che tali piante marine formano in ambiente costiero.
Nel Mar Mediterraneo, infatti, non esistono i grandi mammiferi erbivori o rettili (come dugonghi o tartarughe marine) che vivono in stretta associazione con le praterie di fanerogame marine e che da queste traggono nutrimento come accade in aree extramediterranee. La fauna ittica associata in particolare a *Posidonia oceanica* è stata studiata da molti biologi marini principalmente lungo le coste francesi, italiane e spagnole. Per contro, la fauna ittica associata ad altre fanerogame marine ha ricevuto una minore attenzione, sebbene vi sia stato in anni recenti un crescente interesse.
Come accennato in capitoli precedenti, *P. oceanica* differisce dalle altre fanerogame marine mediterranee (le più comuni sono *Cymodocea nodosa* e *Nanozostera noltii*, le quali possono formare prati misti a bassa profondità) per la maggiore complessità strutturale (es. in termini di struttura tridimensionale e altezza dei fasci fogliari, presenza dell'apparato dei rizomi e della "matte", varietà dei substrati di impianto), per il maggiore intervallo batimetrico attraverso il quale si possono sviluppare le sue praterie, per la tipologia degli ambienti colonizzati (ambienti tipicamente marini per *P. oceanica*; ambienti riparati, incluse lagune costiere con acque salmastre per le altre fanerogame) e anche per la diversa dinamica temporale su scala annuale (*P. oceanica* mantiene sostanzialmente la sua architettura, mentre *C. nodosa* e *N. noltii* possono ridurre anche drasticamente la copertura e la densità dei fasci fogliari durante la stagione invernale). Tutto ciò, come facilmente immaginabile, influisce sulla composizione e dinamica annuale del popolamento ittico associato

Salpe (*Sarpa salpa*)

Menole (*Spicara maena*)



Sarago fasciato (*Diplodus vulgaris*)

nonché sul ruolo che tali sistemi a fanerogame possono svolgere durante alcune fasi cruciali del ciclo di sviluppo di molte specie ittiche (es. nell'ospitare le fasi giovanili).
Prima di entrare nel merito della fauna ittica associata alle fanerogame marine mediterranee, va premesso che il termine "associato" verrà usato in questo capitolo *sensu lato* per definire le specie ittiche che si possono trovare, con maggiore o minore frequenza, in sistemi a fanerogame e che possono frequentare tali sistemi per scopi differenti. Le specie ittiche definite come "associate" in qualche modo operano una scelta tra habitat differenti, selezionando le fanerogame marine per usi specifici durante gli stadi adulti e/o giovanili, per es. come habitat in cui predare o brucare, nascondersi dai predatori, riprodursi, etc. Questa grande varietà di "usi" che tali specie fanno dei sistemi a fanerogame è alla base del ragguardevole numero di specie ittiche che tali sistemi possono ospitare. Ciò implica che i sistemi a fanerogame contribuiscono in modo essenziale al mantenimento della biodiversità ittica in ambiente costiero mediterraneo.
Tale varietà di specie ittiche associate alle fanerogame marine mediterranee si realizza, in maggior dettaglio, in relazione ad un legame più o meno stretto con le praterie di fanerogame e all'uso dello spazio: vi sono specie che popolano la colonna d'acqua al di sopra del manto fogliare, specie che nuotano poco sopra o all'interno del manto fogliare e specie che si situano alla base delle piante, sui rizomi o sul substrato su cui le piante stesse si insediano. Dal punto di vista trofico, le praterie di fanerogame ospitano pesci erbivori, detritivori (o meglio pesci che si nutrono anche di detrito) e carnivori di diverso ordine e tipologia (es. zooplanctonofagi e piscivori), i quali per altro possono stabilmente frequentare le praterie di fanerogame oppure recarsi in tali habitat solo per fare brevi escursioni finalizzate alla ricerca di prede; altre ancora seguono un più preciso ciclo nittemeriale (i.e. giorno/notte), per cui si possono osservare in praterie di *P. oceanica* prevalentemente o esclusivamente di notte o di giorno.

■ I pesci associati alle praterie a fanerogame

Tra le specie ittiche che comunemente occupano la colonna d'acqua al di sopra delle praterie di *P. oceanica* si può certamente annoverare la castagnola (*Chromis chromis*), un piccolo pesce planctonofago che forma di giorno banchi anche immensi. Durante la notte gli individui adulti di questa specie scendono tra le foglie di *P. oceanica* per cercare rifugio. Sebbene l'ambiente più adatto per la ricerca di rifugi notturni sia rappresentato dai fondali rocciosi infralitorali ricchi di anfratti, adulti e giovanili di questa specie (questi ultimi colorati di blu elettrico) possono trovare riparo adeguato anche nelle praterie di *P. oceanica*. Oltre alle castagnole, anche zerri (*Spicara smaris*), menole (*Spicara maena*), boghe (*Boops boops*) e occhiate (*Oblada melanura*), tutti pesci essenzialmente planctonofagi, possono frequentemente essere osservati nella colonna d'acqua al di sopra delle praterie di *P. oceanica*. In siti particolarmente riparati dal moto ondoso è possibile osservare anche banchi di latterini (*Atherina* sp.) stazionare al di sopra delle foglie di *Posidonia*.
Tra i pesci che si possono riscontrare sulle praterie di *P. oceanica* vi sono anche i cefali o i muggini (come *Liza aurata*), caratterizzati da una dieta almeno parzialmente costituita da detrito. Alcuni ritengono che i mugilidi frequentino le praterie di *P. oceanica* soprattutto in estate per poi abbandonarle in inverno, ma non pare che questo sia valido ovunque. I muggini possono nuotare in acqua libera, anche poco al di sotto della superficie, così come è possibile

Dentice (*Dentex dentex*)

osservarli sul fondo, soprattutto nei punti in cui il detrito di *P. oceanica* e gli invertebrati ad esso associati tendono ad accumularsi in grandi quantità (es. nei canali "intermatte" o negli avvallamenti dei substrati sabbiosi nei pressi delle praterie di *P. oceanica*).

Il dentice (*Dentex dentex*), uno dei più grandi ed efficienti pesci predatori dei sistemi costieri mediterranei, è sicuramente tra le specie di maggiori dimensioni che è possibile incontrare, anche in sciami di decine di individui, al di sopra del manto fogliare di *P. oceanica*. Il dentice può raggiungere 1 m di lunghezza totale, è spiccatamente gregario ed è un predatore essenzialmente piscivoro (ovvero un pesce che si ciba soprattutto di altri pesci). L'arrivo di un banco di dentici (così come di altri grandi predatori) è spesso preannunciato dalla fuga in massa dei piccoli pesci (es. castagnole, boghe) che occupano la colonna d'acqua sopra le praterie sommerse. Oltre ai dentici, non è raro osservare nelle praterie di *P. oceanica* altre specie di pesci predatori, come il barracuda (*Sphyraena viridensis*) e *S. sphyraena*, le ricciole (*Seriola dumerili*) e le spigole o branzini (*Dicentrarchus labrax*). I barracuda solitamente sostano in banco al di sopra delle foglie di *P. oceanica*, sono ritenute specie ad affinità per le acque più calde e il loro aumento in molte aree del mediterraneo è da molti studiosi imputato al noto fenomeno del riscaldamento delle acque marine. Le due specie di barracuda si differenziano, come è stato evidenziato di recente da ricercatori dell'Università di Genova, macroscopicamente sia per la taglia massima che possono raggiungere, sia per la colorazione. *Sphyraena viridensis*, infatti, può superare il metro di lunghezza, mentre *S. sphyraena* supera appena il mezzo metro. La prima, inoltre, ha una serie di inconfondibili bande scure trasversali sul corpo, mentre la seconda ha generalmente una livrea scura sul dorso e argentata nella parte ventrale. Le ricciole sono in costante movimento quasi sempre imbrancate, in particolare quando la loro taglia è ridotta. La spigola, anche essa sempre in movimento a mezz'acqua alla ricerca di prede sopra il manto fogliare di *Posidonia*, frequenta non solo habitat a fanerogame, ma la si può trovare anche in ambienti rocciosi, su substrati incoerenti, in zone esposte al moto ondoso, così come in zone riparate, in acque salmastre e perfino in ambiente portuale.

Barracuda (*Sphyraena viridensis*)

Donzella (*Coris julis*)

Donzella pavonina (*Thalassoma pavo*)

Molte specie ittiche vivono più strettamente associate al manto fogliare di *P. oceanica*. Si tratta di specie che nuotano poco al di sopra delle foglie e/o tra le foglie, come molti pesci appartenenti alla famiglia dei labridi. Tra questi il tordo nero (*Labrus merula*) e il tordo marvizzo (*Labrus viridis*), tra i più grandi tordi mediterranei, che possono assumere una grande varietà di livree, ma che tuttavia tendono ad assumere una livrea verdastra quando vivono associati a *P. oceanica*. Si tratta di specie di una certa dimensione (circa 45-50 cm di lunghezza massima) con abitudini alimentari predatorie (si cibano di invertebrati e, in minor misura, di piccoli pesci). A questi si aggiungono pesci come il tordo pavone (*Symphodus tinca*), la donzella (*Coris julis*), il tordo ocellato (*Symphodus ocellatus*) e, soprattutto nelle aree più meridionali del Mediterraneo, la donzella pavonina (*Thalassoma pavo*). Si tratta di specie di dimensioni massime inferiori rispetto ai labridi del genere *Labrus* (dai 40 cm di lunghezza massima del tordo pavone ai 12 del tordo ocellato) e caratterizzate da spiccate differenze nella livrea, nelle dimensioni e nella morfologia del corpo in relazione al sesso (dimorfismo sessuale). Generalmente gli individui di sesso maschile sono più grandi e hanno una colorazione più vistosa, soprattutto durante la fase riproduttiva. Un labride piuttosto comune su *P. oceanica* è anche il tordo codanera (*Symphodus melanocercus*). Questo pesce di piccole dimensioni (lunghezza massima pari a 14 cm) è un caratteristico pesce pulito-

Salpa (*Sarpa salpa*)

re che interagisce con tantissime altre specie ittiche, tra cui il tordo pavone, diversi saraghi (sparidi del genere *Diplodus*) e piccoli serranidi come lo sciarrano (*Serranus scriba*) e la perchia (*Serranus cabrilla*). Il tordo codanera, come tutti i pesci pulitori, si ciba di ectoparassiti, muco, squame, tessuti infetti e residui di cibo che rimuove dal corpo di altri pesci. Viene definita "stazione di pulitura" un punto in cui tali labridi pulitori vengono "invitati" ad operare da altri pesci secondo rituali comportamentali specifici: il pesce che si vuole fare pulire invita il pulitore assumendo posture particolari, per es. ponendosi semi-verticalmente o verticalmente con la testa in giù o in su, immobile, spesso con la bocca spalancata e tutte le pinne e le branchie aperte.

Altri labridi di piccole dimensioni (tra i 12 e i 18 cm di lunghezza totale a seconda della specie) che comunemente si possono trovare su *P. oceanica* appartengono sempre al genere *Symphodus* e sono essenzialmente pesci carnivori che si cibano di piccoli invertebrati vagili (es. echinodermi, molluschi, policheti, crostacei) che si trovano tra le foglie, sui rizomi e nel sedimento alla base dei fasci fogliari di *P. oceanica*. Tra questi ricordiamo il tordo fasciato (*Symphodus doderleini*), il tordo rosso (*S. mediterraneus*), il tordo musolungo (*S. rostratus*) e il tordo verde (*S. roissali*). Il tordo grigio (*S. cinereus*), per contro, lo si ritrova più comunemente nei tratti di fondale sabbioso confinanti con *P. oceanica* o nei pressi delle praterie in cui si accumula detrito fogliare. Sia il tordo musolungo, sia il tordo grigio possono assumere livree varie, ma mostrano spesso una livrea verde chiaro quando vivono in praterie di *P. oceanica*.

Molte sono le specie di sparidi che si possono trovare associate al manto fogliare di *P. oceanica.* Prima di tutte va rammentata la salpa (*Sarpa salpa*), che rappresenta la più importante specie ittica essenzialmente erbivora (almeno da adulta) del sistema litorale mediterraneo. Le salpe, che possono raggiungere fino a 50 cm di taglia massima, sono pesci che sovente formano banchi costituiti anche da centinaia di individui. Tale gregarismo si riscontra sia nei giovanili (che hanno una dieta onnivora), sia negli adulti. Come molti vertebrati erbivori terrestri, le salpe si spostano imbrancate e nel momento in cui un individuo percepisce la possibile presenza di un predatore, uomo compreso, l'intero sciame fugge velocemente in maniera coordinata. Sebbene le salpe siano presenti anche in ambiente roccioso (dove brucano le macroalghe), è comune osservarle mentre brucano le foglie di *P. oceanica* lasciando sulle foglie stesse il classico segno a mezza luna del loro morso (vedi fig a pag 41).

Sarago (*Diplodus annularis*)

Quel che ancora non è del tutto chiaro, dal momento che le salpe brucano spesso gli apici epifitati delle foglie di *P. oceanica*, è se la loro dieta sia essenzialmente erbivora (tenuto presente che i tessuti vegetali vivi delle foglie di *P. oceanica* non hanno un grande valore energetico) o se nella dieta entrino in proporzione non trascurabile anche gli epifiti, cioè i vegetali (alghe) e gli animali del benthos sessile che si insediano, crescono e vivono sulle foglie di *P. oceanica*. Tali epifiti, per altro, risultano particolarmente abbondanti sugli apici delle foglie più vecchie. È fuori di dubbio, tuttavia, che l'erbivorìa delle salpe può essere così intensa da determinare differenze nell'altezza media delle foglie di *P. oceanica* tra le praterie in cui le salpe sono abbondanti (e grandi) e quelle in cui le salpe sono pressoché assenti.

Tra gli sparidi del genere *Diplodus* (che include pesci comunemente definiti come saraghi), lo sparaglione (*D. annularis*) è sicuramente quello che più di tutti si trova associato a *P. oceanica*. È il più piccolo tra i saraghi (ha una lunghezza massima pari a 25 cm) e ha una colorazione argentea con sfumature giallo-verdastre grazie alla quale si mimetizza bene tra le foglie di *P. oceanica*. Si nutre essenzialmente di piccoli invertebrati sessili e vagili che trova anche sulle foglie di *Posidonia*. Gli altri saraghi, cioè il sarago maggiore (*D. sargus*), il sarago pizzuto *(D. puntazzo*) e il sarago fasciato (*D. vulgaris*), si incontrano frequentemente in associazione a *P. oceanica*, sebbene siano molto frequenti anche sui fondali rocciosi. Queste tre specie hanno un valore economico per la pesca di molto superiore allo sparaglione e raggiungono taglie di gran lunga maggiori (il sarago maggiore e il fasciato raggiungono i 45 cm di taglia massima, il sarago pizzuto può arrivare fino a 60 cm). Sebbene le loro diete non siano del tutto simili (soprattutto per il sarago pizzuto), tutti e tre si cibano di invertebrati in alcuni casi anche di dimensioni relativamente grandi, come i ricci di mare adulti. Un altro sparide che si trova tipicamente associato a *P. oceanica* è la tanuta (*Spondyliosoma cantharus*). La tanuta può raggiungere i 60 cm di lunghezza massima e si nutre di invertebrati e di meduse. Sebbene gli esemplari di grosse dimensioni siano presenti soprattutto in ambiente roccioso (principalmente sulle secche profonde), gli esemplari giovanili e di taglia media si possono osservare spesso mentre nuotano in acque libere sopra le praterie di *Posidonia*. Tra gli sparidi che è possibile incontrare su *P. oceanica* sono ancora da ricordare l'orata (*Sparus auratus*) e il pagello fragolino (*Pagellus erythrinus*).

Un esemplare femminile di pesce pappagallo (*Sparisoma cretense*)

Un'altra specie comunemente associata a *P. oceanica* è la corvina (*Sciaena umbra*). Si tratta di un pesce che può raggiungere dimensioni cospicue (circa 70 cm di lunghezza totale), spesso gregario e che si ciba soprattutto di invertebrati. Solitamente poco mobile per il fatto che lo si ritrova aggregato nei pressi delle tane, se disturbato, oltre ad emettere suoni, si rifugia negli anfratti rocciosi o tra le foglie di *P. oceanica*.

Corvina (*Sciaena umbra*)

Nelle aree più a sud del Mediterraneo è possibile osservare i pesci pappagallo (*Sparisoma cretense*) nuotare solitari o in piccoli gruppi in vicinanza del manto fogliare di *P. oceanica*. Questi pesci, dotati di un robusto becco, hanno una dieta che comprende spesso foglie di *P. oceanica* epifitate nelle parti più apicali. Anche in questo caso, così come per la salpe, non si sa ancora bene l'importanza degli epifiti in termini energetici rispetto al tessuto vegetale, tenuto presente che in ambiente roccioso i pesci pappagallo mediterranei brucano alghe calcaree (come *Halimeda tuna*, anche essa spesso epifitata) così come piccoli invertebrati sessili dotati di strutture calcaree (come i briozoi).

La cernia bruna (*Epinephelus marginatus*) è un grosso pesce predatore stanziale e territoriale, che può superare abbondantemente il metro di lunghezza totale e vivere fino a 50 anni. Si può osservare su *P. oceanica* soprattutto quando le praterie sono frammiste a substrati rocciosi che offrono tane adeguate. La cernia bruna e la corvina sono prede ambite dei pescatori subacquei. La loro tendenza a non fuggire velocemente in acqua libera, ma a rifugiarsi all'interno delle tane nei pressi delle zone in cui sono avvistate, fa sì che queste specie siano particolarmente a rischio di estinzione locale nelle aree in cui la pesca subacquea è particolarmente intensa. Tale situazione ha spinto paesi come la Francia ad adottare una moratoria su queste specie, la quale prevede il divieto di cattura da parte dei pescatori non professionisti.

Oltre alla cernia, le praterie di *P. oceanica* sono frequentate da altri due serranidi di dimensioni decisamente più piccole (intorno ai 35 cm di taglia massima), già prima menzionati per essere spesso associati a labridi pulitori. Si tratta dello sciarrano e della perchia, anche esse specie territoriali e piscivore (data la loro mole ridotta le loro attenzioni sono rivolte a specie ittiche di piccole dimensioni o, nella maggior parte dei casi, a forme giovanili). Solo in alcune praterie di *P. oceanica* dell'Adriatico centro-settentrionale, lungo la sponda orientale croata, è riportato anche il sacchetto (*Serranus hepatus*).

La triglia di scoglio (*Mullus surmuletus*), malgrado il nome, si può spesso trovare in habitat a *P. oceanica* così come in fondali rocciosi frammisti a sabbia. Si possono osservare triglie di scoglio nuotare al di sopra del manto fogliare di *Posidonia*, ma è sicuramente più facile incontrare triglie intente a cercare i piccoli invertebrati di cui si nutrono nelle chiazze sabbiose all'interno delle praterie di *Posidonia*, seguite spesso da una corte di altre specie (es. tordi e piccoli saraghi) che sfruttano il polverone alzato dalle triglie per afferrare qualche piccolo invertebrato reso facilmente disponibile. La triglia di fango (*Mullus barbatus*), per contro, è più comunemente associata a fondali incoerenti, sebbene alcuni Autori la riportino come presente (ma non in abbondanza e soprattutto come stadi giovanili) nelle praterie di *Posidonia* non superficiali.

Il grongo (*Conger conger*) e la murena (*Muraena helena*) sono tipicamente associati a substrati rocciosi ricchi di anfratti. Durante la notte, tuttavia, questi voraci predatori si muovono verso le praterie di *P. oceanica* situate nei pressi dei fondi rocciosi alla ricerca di prede. All'interno delle praterie nuotano alla base dei fasci fogliari, in vicinanza quindi del substrato su cui *P. oceanica* è insediata. Altre specie che, soprattutto di notte, si trovano all'interno delle praterie di *Posidonia* sono i piccoli gadidi come la motella mediterranea (*Gaidropsarus mediterraneus*) e la motella comune (*G. vulgaris*), gli ofididi come il galletto pinnegialle (*Ophidion rochei*) e il galletto rosso (*Parophidion vassali*) e, infine, il gattuccio (*Scyliorhinus canicula*).

Pesce ago (*Syngnathus typhle*) perfettamente mimetizzato

Alcune specie ittiche si sono per così dire evolute sulla base della loro associazione con *P. oceanica*. Si tratta in particolare dei pesci ago (*Syngnathus acus* dal muso più appuntito e *S. typhle* dal muso più alto e un profilo più verticale), i quali si nutrono soprattutto di piccoli invertebrati vagili. Questi pesci possono presentare sia una colorazione verde chiaro, sia marrone, imitando in tal modo nel colore le foglie di *Posidonia* vive (verdi) e morte (che assumono una colorazione marrone). Per mimetizzarsi meglio, in aggiunta, i pesci ago stazionano spesso in posizione verticale, parallelamente alle foglie di *Posidonia* all'interno delle praterie, ondeggiando insieme alle stesse foglie messe in movimento dal moto ondoso o dalle correnti. Altri famosi rappresentanti dei signatidi che si possono osservare nelle praterie di *Posidonia*, spesso attaccati con la coda ai rizomi o alle foglie, sono i cavallucci di mare (*Hippocampus* spp.).

Diverse sono le specie appartenenti ai gobiesocidi (detti succiascoglio) che sono riportate come specie associate a *P. oceanica*. Tra di esse si può ricordare il succiascoglio comune (*Lepadogaster candollei*) e il succiascoglio verde (*Opeatogenys gracilis*). Questo'ultimo è un piccolo pesce di colore verde che aderisce alla foglie di *Posidonia*, mimetizzandosi perfettamente.

Appoggiato alla base dei fasci fogliari o direttamente sul substrato di impianto dei fasci fogliari di *P. oceanica* si trovano spesso lo scorfano nero (*Scorpaena porcus*) e, in minor misura, lo scorfanotto (*S. notata*) e lo scorfano rosso (*S. scrofa*). Tutti gli scorfani sono pesci predatori che attendono le prede acquattati sul fondo, le risucchiano aprendo velocemente la grossa bocca dotata di

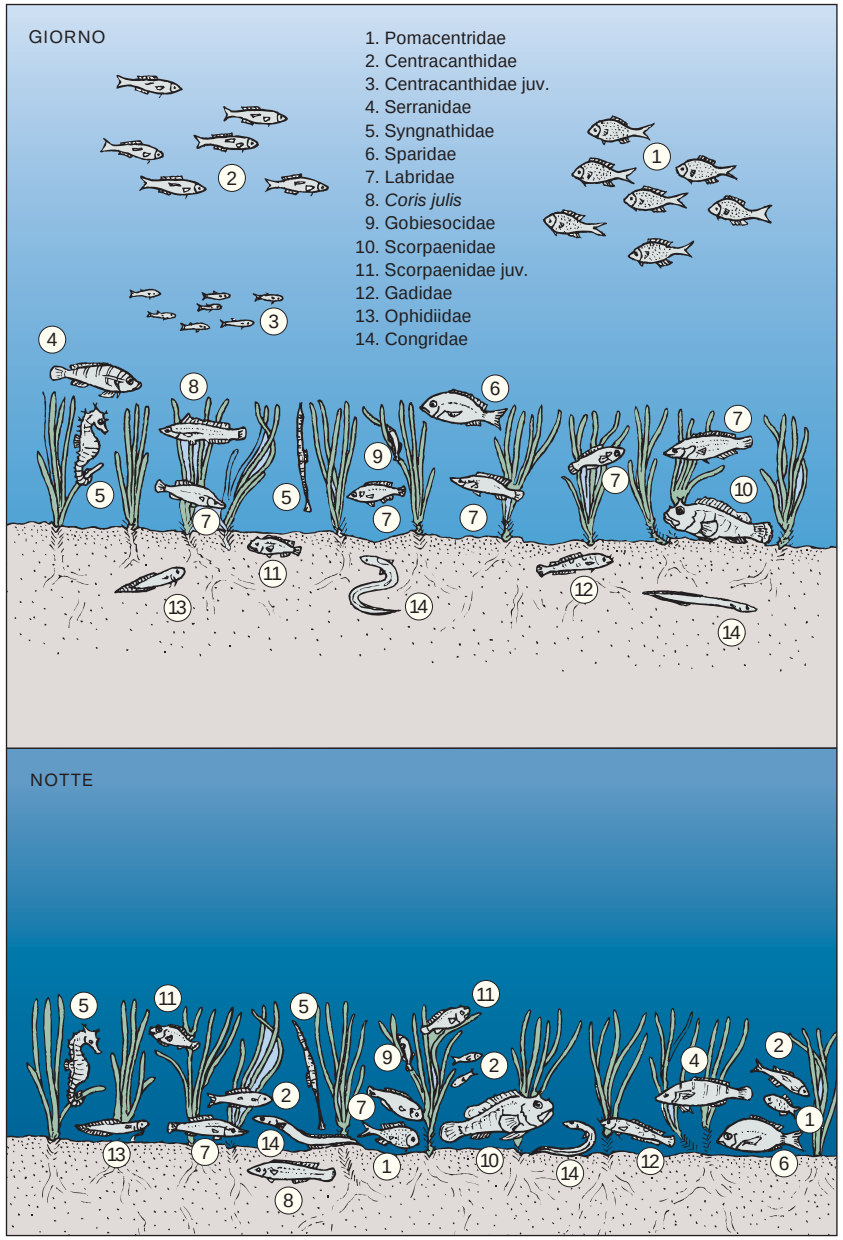
Scorfano nero (*Scorpaena porcus*)

Pesce coniglio scuro (*Siganus luridus*)

denti con cui le afferrano saldamente prima di ingoiarle. Appoggiati sul fondo al di sotto del manto fogliare possono essere osservati anche i ghiozzi, come il ghiozzo geniporo (*Gobius geniporus*), il ghiozzo bocca rossa (*G. cruentatus*) e il ghiozzo paganello (*G. paganellus*), alcuni blennidi (volgarmente detti bavose) come la bavosa gattorugine (*Parablennius gattorugine*) o pesci piatti come il rombo di rena (*Bothus podas*). Tra i gobidi va anche annoverato il ghiozzetto quagga (*Pomatoschistus quagga*), un piccolo ghiozzo che è caratteristico per il fatto che viene spesso osservato elevarsi dal fondo e permanere in acqua libera, a non molta distanza (circa 1 metro) dal substrato. Più di rado sono stati osservati anche triglidi come il cappone ubriaco (*Chelidonichthys lastoviza*).
Nei punti in cui la prateria presenta una "matte" alta che ad un certo punto va incontro ad un processo di erosione per il subentrato deficit di sedimentazione si può creare un microhabitat particolare, rappresentato da piccoli anfratti semibui costituiti dagli spazi liberi tra i rizomi. In questo microhabitat, oltre ai piccoli di castagnola, è possibile in alcuni casi osservare anche il re di triglie (*Apogon imberbis*), piccoli pesci spiccatamente sciafili (attirati dagli ambienti bui) e tipicamente associati a substrati rocciosi ricchi di anfratti o ad ambienti di grotta sommersa. Nelle sabbie all'interno o nei pressi delle praterie di *P. oceanica* è possibile osservare altre specie ittiche come le tracine (*Trachinus* spp.), il pesce prete (*Uranoscopus scaber*) o il pesce lucertola (*Synodus saurus*), i quali passano gran parte del loro tempo infossati in attesa che le loro prede passino nelle vicinanze.
Va ricordato che la fauna ittica mediterranea è in continua evoluzione e che alcuni cambiamenti sono dovuti all'azione dell'uomo, come nel caso delle specie ittiche che sono entrate in Mediterraneo in seguito all'apertura del canale di Suez e che si stanno espandendo velocemente attraverso la progressiva colonizzazione di nuove aree. Tra le specie che si possono trovare associate a *P. oceanica* in alcune zone del mediterraneo meridionale e che non sono native del bacino vi è il pesce coniglio scuro (*Siganus luridus*). Questo pesce è essenzialmente erbivoro e si può osservare mentre nuota o bruca sulle foglie di *P. oceanica*, a volte imbrancato con salpe o pesci pappagallo.

■ Variazioni temporali

La descrizione della fauna ittica necessita ancora di qualche elemento al fine di comprenderne la dinamica nel tempo. L'ittiofauna di *P. oceanica*, infatti, può cambiare su scala stagionale, ma anche sulla più breve scala giornaliera. Durante l'anno i cambiamenti possono essere legati ai cicli di vita di molte delle specie ospitate nelle praterie di *Posidonia*. Per esempio, alcune specie che sfruttano *P. oceanica* come habitat per l'insediamento o il reclutamento degli stadi giovanili, possono mostrare abbondanze totali maggiori (dovute spesso alla presenza di classi di taglia relative ad individui di piccole dimensioni) solo in specifici periodi dell'anno (in *Posidonia* ciò avviene soprattutto in primavera e inizio estate). Per quel che concerne la composizione in specie dei popolamenti ittici così come le abbondanze relative, non sono state osservate grosse differenze tra inverno ed estate a Port Cros (Francia) considerando la sola porzione adulta dei popolamenti. A Ischia, invece, si è osservata in inverno una riduzione del numero di specie e delle abbondanze dei pesci, escludendo quelli più legati alla colonna d'acqua. Non è noto, tuttavia, se queste differenze siano attribuibili ad una effettiva emigrazione dalla prateria di *P. oceanica* in inverno oppure ad una minore mobilità dei pesci durante la stagione più fredda.
Di gran lunga più marcati sono i cambiamenti che possono verificarsi tra giorno e notte. Sia la ricchezza di specie, sia il numero complessivo dei pesci presenti nelle praterie di *P. oceanica*, infatti, aumentano di notte. Ciò è dovuto principalmente alla presenza durante la notte di congridi, gadidi e ofididi, tutti pesci predatori notturni che abbandonano i rifugi diurni all'interno della "matte", nei concrezionamenti o tra le rocce presenti all'interno delle praterie di *Posidonia*. Per contro, castagnole, menole e zerri tendono a scendere tra le foglie di *Posidonia* durante la notte. Gli scorfani presentano il loro picco di attività alimentare durante la notte e tendono a salire sulle foglie di *Posidonia* (soprattutto gli esemplari di taglia contenuta). Di giorno gli adulti stanno sul fondo o sui rizomi, mentre i piccoli si infilano all'interno della "matte" o altri anfratti naturali. I labridi di notte sono quasi del tutto inattivi, scendono verso il fondo tra le fronde di *Posidonia* e restano pressoché immobili. In generale i vari studi riportano un numero piuttosto variabile di specie ittiche associate a *P. oceanica*, dell'ordine di 30-50 specie. Tale variabilità è dovuta da una parte a differenze nella composizione specifica dei popolamenti tra differenti settori del Mediterraneo, ma è in parte attribuibile anche al metodo utilizzato in ogni singolo studio.
Dal punto di vista del popolamento complessivo, i labridi dominano certamente in termini di numero di specie, seguiti dagli sparidi. In termini di numero di individui, invece, sono le specie gregarie e planctonofaghe che occupano la colonna d'acqua (castagnole, menole, boghe) a risultare dominanti (possono rappresentare fino al 90% degli individui).



Schema della distribuzione verticale delle principali famiglie di pesci nelle praterie a posidonia di giorno e di notte

Dal punto di vista dell'organizzazione trofica della fauna ittica va detto che, come già accennato, gran parte delle specie ittiche più strettamente associate a *P. oceanica* si nutrono di piccoli invertebrati e questi sono sostanzialmente legati alla catena del detrito piuttosto che a quella dell'erbivoria. La porzione di produzione primaria che viene utilizzata dagli erbivori e quindi veicolata ai livelli trofici superiori è, infatti, trascurabile. Molti invertebrati rappresentano le prede di un gran numero di pesci associati alle praterie di *P. oceanica*. A loro volta, questi pesci sono le prede di grossi predatori piscivori.

Pesce ago (*Syngnathus acus*)

Per quel che concerne le forme giovanili, è noto che in molte regioni temperate le praterie di fanerogame svolgano un ruolo di cruciale importanza, quello cioè di costituire i cosiddetti asili nido (nurseries) in cui gli stadi giovanili di molti pesci, incluse molte specie di importanza economica (ad esempio per la pesca), trascorrono i periodi più precoci della loro vita. Dal punto di vista del ciclo vitale, dopo la fecondazione le uova di gran parte delle specie ittiche costiere restano nelle acque del largo, sebbene vi siano diverse specie ittiche (come i ghiozzi) che hanno uova bentoniche. Dopo un certo tempo avviene la schiusa delle uova da cui escono le larve che, dopo un tempo variabile (in genere qualche settimana), si dirigono verso la costa. Alla fase larvale pelagica segue la metamorfosi durante la quale le post-larve si adattano via via ad una fase più spiccatamente bentonica. A seconda della specie, questi stadi precoci mostrano delle chiare preferenze per habitat differenti. Avendo piccole dimensioni (a volte inferiori a 2 cm), i giovanili sono spesso soggetti ad intensa predazione per cui necessitano di habitat in cui trovare rifugio oltre che cibo.

Per dovere di chiarezza, va detto che molti ittiologi sono soliti definire "insediamento" la transizione tra la fase pelagica e quella bentonica, mentre il "reclutamento" è la fase in cui gli individui di una nuova generazione di una certa specie si aggiungono alla popolazione adulta. Queste due fasi sono distinte per le specie i cui giovanili si insediano in habitat differenti da quelli in cui si trovano gli adulti, mentre si sovrappongono per le specie le cui post-larve selezionano o prediligono lo stesso habitat in cui si trovano gli adulti della stessa specie. Tali termini non sono da confondere con "colonizzazione" che, invece, identifica il processo con cui una specie va ad occupare un'area geografica in cui non era presente in precedenza (come le specie entrate in Mediterraneo attraverso il canale di Suez).

Le praterie di fanerogame, a livello globale, sembrano essere particolarmente adatte a svolgere il ruolo di nursery, soprattutto dove esse si sviluppano in acque basse, spesso anche all'interno di ambienti salmastri come le lagune costiere o le foci dei fiumi. In Mediterraneo molti hanno trasposto questo ruolo a *P. oceanica* come fosse un automatismo, mentre i dati sono disponibili solo per un numero piuttosto ristretto di località del Mediterraneo nord-occidentale. Di certo è che la lista delle specie che usano le praterie di *P. oceanica* come nursery ne contiene molte di scarso interesse per la pesca, tra cui diversi tordi del genere *Symphodus* (come tordo ocellato, tordo rosso) e *Labrus* (tordo nero). Tra gli sparidi, lo sparaglione e la tanuta (in minor misura il pagro, *Pagrus pagrus*) sembrano prediligere le praterie di posidonia durante le fasi giovanili. Durante la fase giovanile, per altro, la colorazione di molte specie è particolarmente appropriata per il mimetismo tra le foglie di *Posidonia*. La triglia di scoglio è, per contro, una specie di rilevante interesse economico la quale sfrutta anche le praterie di posidonia durante le fasi giovanili, così come lo scorfano nero e la menola. Gran parte dei giovanili delle specie citate sono presenti nella tarda primavera o estate, mentre poche sono le specie i cui giovanili sono osservati durante le stagioni in cui le acque sono più fredde. Oltre ai giovanili, che identificano una fase particolarmente precoce del ciclo vitale, molte specie frequentano le praterie di *P. oceanica* come subadulti; sono spesso le stesse specie i cui adulti vivono associati alle praterie (come salpa, perchia, tordo rosso, donzella).

Sarago fasciato (*Diplodus vulgaris*)

Tordo marvizzo (*Labrus viridis*)

La fauna ittica associata ad altre fanerogame marine mediterranee ha ricevuto sicuramente una minore attenzione rispetto ai popolamenti ittici associati a *P. oceanica*. Scarsissime sono le conoscenze sulla fauna ittica associata a *Zostera marina*. Un vecchio studio condotto sulle praterie di *Z. marina* e *Nanozostera noltii* nei pressi di Rovigno (Croazia) ha permesso di elencare oltre 30 taxa della fauna ittica associati a queste fanerogame. Gran parte di questi taxa sono già stati menzionati per *P. oceanica*, mentre la presenza di taxa come alcuni gobidi (ghiozzi come il ghiozzo nero, *Gobius niger*) e soleidi (sogliole) rivela la natura sabbiosa o sabbiosa-fangosa dei substrati di impianto dei prati formati da queste fanerogame minori. In ambienti riparati a profondità bassa, sia in ambienti tipicamente marini come la baie riparate, sia in acque salmastre come nelle lagune costiere, è possibile osservare la presenza di prati misti di *C. nodosa* e *N. noltii*. La fauna ittica associata a questi prati, tuttavia, ha ricevuto una certa attenzione solo negli ultimi anni e, attualmente, gli studi disponibili sono pochi e localizzati.

Una serie di studi condotti in alcune baie del Golfo di Olbia (Sardegna) caratterizzate da acque leggermente dissalate rispetto alle condizioni tipicamente marine (intorno al 36‰) ha messo in evidenza quanto sia importante la copertura a *C. nodosa* e *N. noltii* (da qui in poi chiamate "piccole fanerogame") per la fauna ittica associata. All'interno dei prati studiati sono stati censiti 23 taxa della fauna ittica campionando ogni mese con censimenti visuali durante il ciclo di un intero anno. I latterini risultano i più frequenti e abbondanti durante tutto l'anno, seguiti da alcuni labridi come il tordo grigio, il tordo pavone e il tordo marvizzo, e alcuni sparidi come l'orata, il sarago fasciato, lo sparaglione e la salpa. Gran parte delle altre specie sono risultate essere meno abbondanti o occasionali. Relativamente frequenti sono risultati essere sia l'aguglia (*Belone belone*), sia lo sciarrano. Per le due specie si trattava di individui di taglia media rispetto al massimo raggiunto. Entrambe sono specie predatrici piscivore: le aguglie sono state a volte osservate inseguire e catturare i latterini, mentre gli sciarrani sono stati osservati mentre tendevano agguati ai giovanili di altre specie. Per le specie ittiche associate ai prati di piccole fanerogame non è possibile fare una distinzione tra le specie associate al fondo o ai rizomi, rispetto alle specie che nuotano tra le foglie o poco al di sopra del manto fogliare, come visto per la fauna ittica associata a *P. oceanica*. Le piccole fanerogame, infatti, hanno una struttura meno complessa, foglie più basse e più sottili, l'apparato dei rizomi è più lasso e non formano "matte". Diversamente da *P. oceanica*, quindi, non si identifica un ambiente

meno illuminato alla base dei fasci fogliari per cui non vi sono habitat adatti per esempio a specie ittiche tipicamente sciafile (re di triglie). Diversamente da *P. oceanica*, inoltre, le piccole fanerogame si insediano solo su substrati incoerenti. Questo fa sì che tra le specie che si possono trovare associate a prati di piccole fanerogame, soprattutto quando tali prati si sviluppano in ambienti costieri molto riparati e con l'afflusso di acque dolci, vi siano anche specie tipicamente associate ai substrati sabbiosi o fangosi-sabbiosi, come la mormora (*Lithognathus mormyrus*), il ghiozzo nero e il ghiozzo rasposo (*Gobius bucchichi*), quest'ultimo spesso associato ad anemoni di mare (*Anemonia viridis*).

Per quel che concerne la dinamica temporale della fauna ittica bisogna tenere presente che i prati di piccole fanerogame vanno incontro ad una maggiore variabilità nella loro struttura durante l'anno rispetto alle praterie di *P. oceanica*. Per esempio, i prati a piccole fanerogame studiati nel Golfo di Olbia hanno mostrato un chiaro ciclo annuale della densità di fasci fogliari che è passata dai quasi 2000 fasci/m^2 dell'estate ad un numero di fasci inferiore a 1000 nell'inverno. Ciò ha implicato una notevole riduzione della complessità dell'habitat a fanerogame e una minore disponibilità di rifugi per i pesci associati. Parallelamente al ciclo della densità dei fasci fogliari, si è assistito anche ad un cambiamento della temperatura dell'acqua tra i 25 °C dell'estate e i 13-14 °C dell'inverno. Questi cambiamenti nelle condizioni ambientali e nella densità dei fasci sono risultati essere correlati a variazioni importanti della fauna ittica durante l'anno. La ricchezza di specie tra l'estate e l'inverno è scesa da 15-18 a 3-4. Il numero totale

Mormora (*Lithognathus mormyrus*)

di pesci non cambia molto nel complesso, ma solo perché la stragrande maggioranza di individui è rappresentata dai latterini, per i quali è forse più importante la protezione offerta contro i pesci predatori dalla bassa profondità (dove tuttavia divengono più vulnerabili per altri predatori, come gli uccelli marini) che non la copertura vegetale. Se si osservano per contro le abbondanze di pesci senza il contributo dei pesci planctonofagi, l'immagine che ne scaturisce è molto diversa. Il numero medio di pesci censiti sulla superficie standard di 150 m^2, infatti, varia tra circa 20-100 individui in estate-autunno (quando la densità dei fasci fogliari è alta) per scendere a pochi individui (anche meno di 5) tra dicembre e aprile (in corrispondenza di valori minori di densità dei fasci fogliari). Le specie le cui abbondanze aumentano o diminuiscono in relazione all'aumento o alla diminuzione della densità dei fasci fogliari sono il tordo pavone, il tordo grigio, il tordo marvizzo, la triglia di scoglio, lo sparaglione, il sarago fasciato, la salpa e l'orata.

Occhiata (*Oblada melanura*)

Un fatto importante è che la stragrande maggioranza degli esemplari osservati era rappresentata da giovanili o subadulti. Questo suggerisce che le piccole fanerogame possano avere un più specifico ruolo di nursery rispetto alla stessa *P. oceanica*. La totalità degli individui osservati appartenenti a specie importanti economicamente come l'orata, il pagro, la mormora e l'occhiata, così come una proporzione non trascurabile delle triglie di scoglio, saraghi fasciati e saraghi maggiori erano rappresentati da esemplari giovanili. Nel complesso, la triglia di scoglio e lo sparaglione sono parsi utilizzare questi prati di piccole fanerogame alla stregua delle praterie di *P. oceanica* per l'insediamento dei giovanili e le prime fasi di sviluppo dei subadulti. Bassa profondità e presenza del manto fogliare rendono questi habitat particolarmente adatti per i giovanili di specie ittiche.

Tra le specie ittiche osservate, quelle che mantengono anche una cospicua proporzione della popolazione adulta come associata ai prati di piccole fanerogame sono il tordo verde (20% di adulti), il tordo grigio (12%), la triglia di scoglio (7%) e lo sparaglione (6%). Il maschio del tordo grigio, in particolare, è stato osservato costruire i propri nidi all'interno dei prati a piccole fanerogame studiati utilizzando fronde di macroalghe alla deriva, sassolini e foglie di piccole fanerogame. Molti degli esemplari di tordo verde sono stati osservati in presenza di accumuli di ciottoli e piccoli sassi all'interno dei prati. Giovanili e adulti di triglia di scoglio erano quasi sempre osservati mentre ricercavano le loro piccole prede sondando con i barbigli tra la sabbia alla base dei fasci fogliari delle piccole fanerogame o nelle chiazze sabbiose all'interno o ai margini dei prati.

Studi condotti sui popolamenti ittici associati a prati a fanerogame marine (*C. nodosa*, *N. noltii* e *Zostera marina*) della Laguna di Venezia hanno evidenziato una situazione molto differente rispetto a quella del Golfo di Olbia. La ricchezza specifica è risultata essere dell'ordine dei 30-40 taxa associati. Le specie ittiche dominanti sono risultate essere il pesce ago di rio (*Syngnathus abaster*), il pesce ago cavallino, i latterini (*Atherina boyeri*) e il ghiozzo go (*Zosterisessor ophiocephalus*). Da notare che gran parte delle specie censite erano rappresentate quasi esclusivamente da esemplari adulti. I prati a fanerogame della Laguna di Venezia, da questa prospettiva, sembrano svolgere un ruolo importante in termini di habitat in cui avviene la riproduzione (soprattutto per i pesci ago e i go), mentre il ruolo di nursery pare essere trascurabile. In generale, la funzione di nursery delle fanerogame è spesso attribuita alla riduzione della mortalità da predazione dei giovanili grazie alla protezione fornita dal manto fogliare.
Esistono, tuttavia, dei limiti alla complessità architetturale e alla omogeneità di habitat oltre i quali non si realizza più un bilanciamento ottimale tra la riduzione del rischio di predazione e l'ottimizzazione della attività di ricerca delle proprie prede, spesso assicurata dalla presenza di habitat di diverso tipo nelle vicinanze di quello che meglio offre protezione dai predatori. L'omogeneità dei prati a fanerogame della Laguna di Venezia rispetto ad altri habitat può essere alla base della scarsità di forme giovanili di pesci, maggiormente presenti in zone in cui le fanerogame sono disposte a chiazze su fondi incoerenti non vegetati. C'è da dire per altro che i prati a fanerogame ospitano anche abbondanti adulti appartenenti a diverse specie di pesci predatori dei giovanili, come il go e i pesci ago, in grado di cibarsi sia di invertebrati vagili, sia di larve e giovanili di teleostei.

Tordo pavone (*Symphodus tinca*)

Tordo grigio (*Symphodus cinereus*)

Oltre alle fanerogame native del mar Mediterraneo va aggiunta un'altra specie entrata nel bacino attraverso il Canale di Suez, si tratta di *Halophila stipulacea*. L'unico studio condotto sulla fauna ittica ad essa associata è stato eseguito in Sicilia orientale, in un sito in cui il prato si sviluppava intorno ai 20 m di profondità, e ha consentito di censire 30 specie. Le specie più frequentemente osservate sono risultate essere la donzella pavonina e lo sparaglione, seguite dalla donzella, il tordo musolungo, la triglia di scoglio, il sarago fasciato, l'occhiata, la perchia e il ciarrano. In termini di abbondanza, sebbene la frequenza di osservazione non sia stata molto elevata, la salpa è risultata essere mediamente la specie più abbondante, seguita dalla donzella, l'occhiata e la triglia di scoglio. La struttura di taglia del popolamento ittico associato non ha mostrato la presenza di individui di grandi dimensioni per le specie censite, mentre per 8 specie più del 25% degli individui registrati era costituito da esemplari di piccola taglia o giovanili, in particolare per scorfano nero, occhiata e sarago fasciato.
Nel complesso, così come osservato per la fauna ittica delle piccole fanerogame del Golfo di Olbia, è stata osservata una maggiore ricchezza specifica in estate e autunno, mentre i valori minimi sono stati registrati in inverno. La densità totale ha seguito un andamento stagionale simile, con valori massimi in estate-autunno e valori minimi in inverno. Questo pare essere piuttosto interessante tenuto presente che *H. stipulacea* mantiene una architettura strutturale elevata e comunque stabile durante l'anno, il che suggerisce che le differenze stagionali osservate siano attribuibili ad altri fattori (ad esempio la temperatura dell'acqua).
La fauna ittica associata a *H. stipulacea* campionata nella Sicilia orientale ha rivelato similarità e differenze rispetto ai popolamenti associati ad altre specie di fanerogame. In tutti i sistemi a fanerogame risulta palese la dominanza di pesci appartenenti alle famiglie di labridi e sparidi. *Halophila stipulacea*, differentemente dalle altre fanerogame, ha mostrato una fauna ittica caratterizzata da una certa scarsità di pesci planctonofagi e dalla presenza di specie come lo scorfano di fondale (*Helicolenus dactylopterus*) e la bavosa ocellata (*Blennius ocellaris*), le quali sono specie tipiche di ambienti incoerenti più profondi. Essendo, tuttavia, l'unico studio disponibile non si può concludere se tali differenze siano realmente dovute alla presenza di *H. stipulacea* oppure alle caratteristiche locali del sito studiato, influenzato dalle particolari condizioni del vicino Stretto di Messina.

Aspetti di conservazione e gestione

CARLO NIKE BIANCHI · FRANCESCO CINELLI · GIULIO RELINI

■ Norme nazionali e internazionali per la protezione

Fiore di posidonia

Tutte le specie di fanerogame italiane presenti nelle acque marine e/o salmastre, sono considerate meritevoli di salvaguardia e conservazione come specie e/o come habitat e sono elencate nelle liste di accordi e/o convenzioni internazionali.
Purtroppo nella Direttiva Habitat, recepita dall'Italia con il "Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche, D.P.R. n° 357 del 8.9.1997 (G.U. n° 248 del 23.10.1997)", è citata, tra tutte le fanerogame marine, soltanto *Posidonia oceanica* e questa come habitat (allegato I) e non come specie (allegati II e IV). Questo è un grosso problema perché la 43/92 è la norma più importante e cogente per la conservazione della natura, essendo l'unica ad avere un vero potere sanzionatorio. La Convenzione di Berna sulla Conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa del 1979, è stata ratificata dall'Italia nel 1981 (legge 503 del 5/8/81), ma soltanto nel 1996 i suoi allegati riguardanti i vegetali sono stati modificati (recepiti dall'Italia nel 1998) con l'inserimento di varie specie, tra cui *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceanica* e *Zostera marina*. Queste sono state inserite nell'allegato 1, riguardante le specie vegetali rigorosamente protette per la cui conservazione occorre proteggere anche gli habitat in cui sono inserite. È l'unica convenzione, per il momento, in cui anche *C. nodosa* è considerata specie da proteggere in modo rigoroso.
Un contributo fondamentale a superare le mancanze della Direttiva Habitat in ambiente marino, viene fornito dalla nuova Convenzione di Barcellona (1995) che ha diversi protocolli, tra cui il "Protocollo relativo alle aree specialmente protette e alla diversità biologica in Mediterraneo" (SPA/BIO), il quale non si limita alle acque territoriali, fatto del tutto innovativo. Ogni paese firmatario

Lo scarico di sedimenti fini a mare causa l'intorbidimento delle acque e crea problemi al posidonieto

della Convenzione di Barcellona è invitato a creare zone specialmente protette per la conservazione degli habitat e delle specie, mentre la creazione delle ASPIM (Area Specialmente Protetta di Interesse Mediterraneo) viene stabilita dalle Parti Contraenti, sulla base dei criteri elencati nell'allegato 1 del protocollo SPA/BIO. Negli allegati 2 e 3 sono elencate rispettivamente le specie in pericolo o minacciate e quelle che necessitano di una gestione razionale. Per gli habitat bentonici è stato fatto uno schema di classificazione sulla base della classica bionomia bentonica di Peres e Picard e di conoscenze fitosociologiche. Dei 161 habitat elencati, 61 sono stati ritenuti determinanti e, pertanto, la loro protezione è indispensabile per il mantenimento della biodiversità mediterranea. La selezione è stata fatta attraverso cinque criteri: vulnerabilità, valore naturalistico, rarità, valore estetico, valore economico e in base ai punteggi ottenuti, gli habitat sono stati suddivisi in tre categorie:

D - determinanti (se hanno ottenuto il massimo punteggio in almeno due criteri: protezione rigorosa);

R - rimarchevoli (1 solo massimo e sono considerati meritevoli di particolare attenzione e gestione);

NR - non importanti (quelli che non hanno ottenuto alcun punteggio massimo).

Per quanto riguarda gli habitat riguardanti le fanerogame nell'allegato 2 del protocollo SPA/BIO (specie minacciate o in pericolo), sono elencate tra le Magnoliofite marine: *Posidonia oceanica*, *Zostera marina*, *Nanozostera noltii* (= *Zostera noltii* e *Z. nana*).

Posidonia oceanica e *Caulerpa prolifera*

Al fine di rafforzare le misure di protezione e di cooperazione tra i paesi, nel 1999 è stato approvato un piano di azione per la protezione dei vegetali marini in Mediterraneo. Tale piano, il cui stato di attuazione viene verificato ogni due anni dalle Parti Contraenti, ha individuato quali azioni prioritarie a livello nazionale e internazionale:

- assicurare la conservazione delle specie e delle formazioni vegetali attraverso misure legali di protezione e una loro migliore conoscenza;
- evitare la perdita e il degrado delle praterie di magnoliofita marine e delle altre formazioni vegetali, in quanto habitat di specie marine, e mantenerle in uno stato di conservazione soddisfacente;
- assicurare la conservazione di quelle formazioni che possono essere considerate monumenti naturali quali le barriere (recifs-barriers) di posidonia, le biocostruzioni.

L'istituzione di Aree Marine Protette può essere in molti casi una misura indiretta per la protezione delle fanerogame marine, infatti molte delle 26 AMP italiane (istituite al giugno 2007) racchiudono all'interno dei loro confini praterie di magnoliofita e in particolare di *P. oceanica* ed è in corso la loro mappatura.

I criteri che concorrono a determinare l'inserimento di un'area nella lista ASPIM, sono relativi alla presenza di specie rare, endemiche o minacciate, alla rappresentatività ecologica, al grado di biodiversità, alla naturalità, alle peculiarità dell'habitat, all'importanza scientifica, alla rappresentatività culturale.

Eunicella cavolini e *Antedon mediterranea*

Piani di gestione, valutazione di incidenza

Giulio Relini

I piani di gestione dei siti Natura 2000 devono considerare in modo complessivo le caratteristiche ecologiche e socio-economiche di ciascun sito. Scopo della direttiva Habitat, e in particolare dei piani di gestione dei SIC, è quello di mantenere in uno stato di conservazione soddisfacente gli habitat e le specie individuati all'interno del sito prescelto. Il principio della pianificazione integrata è quello che maggiormente considera l'insieme delle esigenze di tutela e valorizzazione dei sistemi ambientali.

Valutazione di incidenza

L'art. 6 della direttiva "Habitat" e l'art. 5 del D.P.R. di attuazione n. 357 prevedono che ogni piano o progetto che possa avere incidenze significative su un SIC debba essere sottoposto ad una opportuna valutazione d'incidenza che tenga conto delle specifiche caratteristiche e degli obiettivi di conservazione del sito stesso tentando in applicazione del principio di prevenzione, di limitare l'eventuale degrado degli habitat dell'allegato 1 e la perturbazione delle specie dell'allegato 2 per cui il sito in esame è stato designato; ciò anche al fine di evitare l'apertura di procedure d'infrazione da parte della Commissione Europea.

L'Autorità competente a valutare la relazione d'incidenza è quella nazionale. È interessante notare che la valutazione d'incidenza non è limitata agli interventi ricadenti esclusivamente nei territori proposti come siti Natura 2000, ma anche alle opere che, pur sviluppandosi al di fuori di tali aree, possono comunque influire su di esse. La valutazione infatti deve essere interpretata come uno strumento di prevenzione che analizzi i possibili effetti degli interventi in un contesto ecologico dinamico e che consideri le correlazioni esistenti fra i vari siti e il loro contributo alla coerenza globale della struttura e della funzione ecologica della rete Natura 2000. Inoltre l'art. 6 prevede che nel caso di valutazione di incidenza negativa un piano o un progetto possa essere realizzato nei siti caratterizzati da habitat e specie non prioritari, in mancanza di soluzioni alternative, solo per motivi imperativi di rilevante interesse pubblico, inclusi motivi di natura sociale ed economica: in questo caso lo Stato Membro deve adottare ogni misura compensativa necessaria per garantire la tutela della coerenza globale della rete Natura 2000.

Un posidonieto in buono stato di conservazione

Le indicazioni sulla metodologia procedurale e sui contenuti per la corretta realizzazione della valutazione d'incidenza sono riportati nel sito della Commissione Europea, DG Ambiente all'indirizzo http://europa.eu.int/comm/enviroment/eia/home.htm.

Lo stato di conservazione del posidonieto ha un ruolo determinante nella valutazione della qualità delle acque.

Con l'entrata in vigore della nuova Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE), si ha una legislazione innovativa nella politica comunitaria della acque, in quanto affronta i problemi della salvaguardia e tutela delle acque, considerando gli ambienti acquatici nella loro complessità e definendo gli obiettivi di qualità ambientale da raggiungere attraverso diversi elementi di qualità biologici, idromorfologici, chimici e chimico-fisici. La novità della normativa sta nel fondamentale ruolo assunto dagli elementi biologici, in particolare, per la valutazione dello stato ecologico delle acque costiere marine e quale rappresentante del fitobenthos, è stata scelta *Posidonia oceanica*.

In relazione all'importanza assunta dalle praterie a posidonia in Mediterraneo e delle numerose ricerche ad essa dedicate, è normale e conveniente che essa venga assunta quale indicatore dello stato ecologico delle masse d'acqua costiere, in particolare quelle che si trovano sopra i fondi molli (incoerenti). Il problema sta nel trovare un indice globale descrittore e caratterizzante la posidonia, valido per tutti i paesi mediterranei della U.E. Tra i vari parametri proposti, i seguenti tre sono stati selezionati a livello europeo:

- densità dei fasci fogliari;
- percentuale dei rizomi plagiotropi, cioè di quelli che si accrescono orizzontalmente (paralleli al substrato);
- superficie fogliare per fascio, che integra l'insieme delle caratteristiche morfologiche (numero di foglie e loro dimensione).

Altri parametri potranno essere utilizzati, la cui scelta sarà condizionata dal tipo di rete di controllo che verrà organizzata.

Posidonia e VIA

Negli studi che sono richiesti per la valutazione di impatto ambientale (VIA), secondo la normativa italiana e la Direttiva Europea 11/1995, sono necessarie informazioni sulla vegetazione e in particolare sulle fanerogame marine della fascia costiera. Occorre fornire una cartografia (1:10.000), distribuzione batimetrica, inventario floristico e una descrizione fitosociologica, le pressioni antropiche, una valutazione sullo stato di conservazione.

La protezione della prateria di posidonia è prevista anche dalle leggi n° 426 del 9/12/98 (Nuovi interventi in campo ambientale) e n° 93 del 23/3/2001 (Disposizioni in campo ambientale).

La Liguria è stata la prima regione italiana a legiferare in modo specifico sulle fanerogame marine e in particolare su *P. oceanica* con la Deliberazione di Giunta Regionale (D.G.R.) n° 646 del 8/6/2001, riguardante il regolamento per la valutazione di impatto dei progetti di gestione costiera sui SIC. Sono state inoltre approvate le norme tecniche per la valutazione dello stato di conservazione delle praterie di *P. oceanica* (D.G.R. 1533, 2005).

Queste norme sono anche di grande utilità pratica perché forniscono gli strumenti di valutazione e di intervento, sia agli Amministratori, che ai progettisti di opere marittime. Questi ultimi ora possono sapere, grazie anche alla disponibilità di una dettagliata cartografia regionale georeferenziata, se il loro progetto è o no compatibile con la conservazione degli habitat (biocenosi) sensibili.

Un ulteriore strumento di pianificazione è costituito dalla cartografia (alla scala 1:10.000) con delimitazione ufficiale dei 26 SIC liguri (D.G.R. 1561, 2005), anche se la protezione del SIC di un habitat prioritario deve essere assicurata indipendentemente dai confini identificati in un determinato tempo. La prateria di posidonia potrebbe aumentare la sua superficie nel tempo e tutta l'area deve essere protetta, non solo quella all'interno dei confini riportati nella cartografia.

Pinna nobilis e una chiazza di *Posidonia oceanica*

Atolli di *Posidonia oceanica*

La Direttiva Habitat e SIC. La Direttiva 43/92/CEE del 21/05/1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche, definisce i concetti di conservazione, gli habitat e le specie prioritari e di interesse comunitario, le zone di conservazione, le aree di collegamento ecologico funzionale, l'introduzione e la reintroduzione. Strategica è la costituzione di una rete di Zone (o Aree) Speciali di Conservazione (ZSC), denominata Natura 2000, formata dai siti in cui si trovano gli habitat di cui all'allegato I (classificati secondo Corine Biotopes Project) e le specie di cui all'allegato II. I criteri per l'individuazione di tali siti sono riportati nell'Allegato III della 43/92. Ogni stato membro è impegnato alla costituzione della rete dei siti proposti, anche con il contributo delle regioni. Tali siti, una volta accettati da un'apposita Commissione, vengono definiti Siti di Importanza Comunitaria (SIC). Per ogni sito viene riempito un formulario abbastanza complesso che descrive le caratteristiche biotiche e abiotiche e fornisce una valutazione sulle specie e gli habitat presenti.
Il Ministero dell'Ambiente ha svolto una ricerca, denominata BioItaly, per l'individuazione e la mappatura dei siti di pregio naturalistico, sulla base degli Allegati I (habitat) e II (specie) della 92/43 e su altri criteri di emergenze naturalistiche.
Per quanto riguarda Rete Natura 2000 la regione biogeografica mediterranea è la più estesa delle tre presenti sul nostro territorio nazionale (alpina, continentale, mediterranea) e comprende 1337 su 2500 dei siti di importanza comunitaria (SIC), la maggior parte elencati nell'allegato B del D. M. 03/04/2000. Quelli più strettamente marini sono una settantina e sono stati individuati prevalentemente per la presenza di posidonia e grotte marine. In molte regioni purtroppo, pur essendo presenti estese praterie di posidonia, non sono stati creati SIC. L'elenco dei SIC e delle ZPS in mare sarebbe di gran lunga più numeroso se gli habitat di riferimento fossero quelli di SPA/BIO e non solo quelli della 43/92: dei 61 Habitat ritenuti meritevoli di protezione in Mediterraneo secondo il protocollo SPA/BIO, 60 sono presenti anche in Italia, tutte le 14 macrofite dell'allegato 2 di SPA/BIO sono presenti in Italia, dei 37 invertebrati e 37 vertebrati (tralasciando le specie d'acqua dolce e gli uccelli) dello stesso allegato rispettivamente 35 e 33 si trovano anche in Italia. Il nostro paese ha quindi un patrimonio di biodiversità tra i più alti e diversificati in Mediterraneo, che occorre salvaguardare e valorizzare. Uno dei problemi attuali è la mancante o scarsa valutazione economica dei beni naturali. Alcuni tentativi sono stati fatti proprio per posidonia.

■ Metodi di sorveglianza

L'importanza ecologica dell'ecosistema a *P. oceanic*a e le normative nazionali e internazionali che ne sanciscono la protezione fanno sì che sia indispensabile sorvegliarne lo stato di salute. L'obiettivo di questa sorveglianza è triplice:
- tenere sotto controllo un ecosistema di grande valore patrimoniale, ma vulnerabile, al fine di scoprire rapidamente ogni alterazione;
- utilizzare questo ecosistema come un indicatore biologico della qualità complessiva degli ambienti litorali;
- valutare l'efficacia delle politiche di conservazione e gestione della fascia costiera. A tale scopo è necessario scegliere dei siti dove ritornare periodicamente per seguire nel tempo la dinamica del posidonieto e l'evoluzione della sua vitalità.

La quasi totalità dei dati necessari deve essere raccolta in immersione subacquea autonoma: è dunque indispensabile che ricercatori e tecnici che si occupano della sorveglianza del posidonieto siano anche provetti sommozzatori, con preparazione specifica all'immersione scientifica. I parametri che è necessario misurare possono essere rilevati a tre diversi livelli di complessità ecologica: l'analisi degli ecosistemi comprende infatti lo studio degli individui, delle popolazioni e delle comunità. Nel caso dell'ecosistema a *P. oceanica*, l'individuo è la pianta, la popolazione è la prateria, la comunità è l'insieme di organismi che vivono associati alla prateria.

Sorveglianza del posidonieto con sommozzatore scientifico e veicolo filoguidato

Livello della pianta. Sui fasci di *P. oceanica* è possibile effettuare una serie di misure biometriche che forniscono sia informazioni sullo sviluppo vegetativo della pianta, direttamente utilizzabili come tali, sia dati utili per successivi indici derivati. Allo studio morfometrico è possibile affiancare anche una tecnica retrospettiva chiamata "lepidocronologia": essa è analoga alla dendrocronologia e permette di ricostruire a posteriori la storia recente di un rizoma di *P. oceanica*.

- Numero medio di foglie per ciuffo

Si effettua direttamente il conteggio, distinguendo le tre categorie di foglie. Anche se la produzione di foglie è continua per tutto l'anno, questo parametro può rivelare un ritmo stagionale.

- Lunghezza, larghezza e superficie fogliare

Si misurano al millimetro con un righello. Sono parametri di base, utili anche per il calcolo di parametri derivati.

- Rapporto tra parti brune e parti verdi della foglia

Si calcola come rapporto percentuale tra misure lineari (al millimetro).

- Lepidocronologia

Al termine del loro periodo vegetativo, i lembi fogliari di *P. oceanica* si distaccano mentre le basi, essendo ricche di lignina e tannini, permangono attaccate al rizoma per moltissimi anni e prendono il nome di "scaglie". In funzione del rango di inserzione lungo il rizoma, lo spessore delle scaglie presenta delle variazioni cicliche secondo il periodo dell'anno in cui le foglie hanno vissuto (massimo in estate-autunno, minimo in inverno-primavera).

Balisage e rilevamento fotografico del limite inferiore del posidonieto

Livello della prateria. Lo studio della prateria comprende la caratterizzazione della sua morfologia, la definizione dei suoi limiti e valutazioni numeriche del manto vegetale. Queste ultime possono essere combinate con le misure biometriche effettuate a livello della pianta per ottenere nuovi indici sintetici. Le procedure di sorveglianza richiedono di installare transetti o quadrati permanenti in porzioni determinate della prateria. Un transetto può essere materializzato sul fondo da picchetti disposti ad intervalli regolari e uniti da una cima metrata, oppure essere semplicemente costituito da una tratta tra due punti localizzati in superficie con sistema satellitare GPS. I quadrati permanenti sono invece aree circoscritte, solitamente di 6x6 m (più raramente 10x10 m), e sono anch'essi visualizzati da picchetti. Una particolare tecnica per seguire l'evoluzione dei limiti è quella del picchettaggio (più frequentemente chiamato con il termine originale francese di *balisage*) che permette di ottenere una precisa documentazione fotografica della loro posizione nel tempo.

Posidonieto danneggiato

- Fisionomia della prateria

Descrizione qualitativa di base, indispensabile per inquadrare e interpretare i dati quantitativi puntiformi.

- Natura e profondità dei limiti

Vengono rilevati attraverso protocolli descrittivi e misure strumentali di profondità, distinguendo tra limiti sfumati, netti o erosi e tra sani o regressivi.

- Picchettaggio (*balisage*) dei limiti

Si effettua tramite posa lungo il limite di una serie di picchetti, che vengono poi rilevati topograficamente e fotograficamente, a scadenze fisse.

- Proporzione di rizomi plagiotropi

Si valuta in percentuale, dopo aver contato un adeguato numero di rizomi distinguendoli in plagiotropi e ortotropi.

- Scalzamento dei rizomi

Viene misurato come distanza fra il livello del sedimento e la parte inferiore del rizoma nel caso di rizomi plagiotropi; come distanza tra sedimento e base della foglia più esterna nel caso di rizomi ortotropi. È indice di deficit sedimentario.

- Copertura

Percentuale della porzione di fondale ricoperta (in proiezione verticale) da posidonia o anche da altre fanerogame o alghe (in particolare delle specie di *Caulerpa*).

- Indice di Conservazione CI (*Conservation Index*)

Rappresenta la proporzione di *P. oceanica* viva: l'indice varia da 0 (solo "matte" morta) a 1 (solo posidonia viva).

- Indice di Sostituzione SI (*Substitution Index*)

Misura l'importanza proporzionale della presenza di altre fanerogame o di specie di *Caulerpa* all'interno di una prateria: l'indice va da 0 (nessuna sostituzione, vi è solo posidonia) e 1 (manca posidonia ed è presente solo il sostituto).

- Indice di Cambiamento di Fase PSI (*Phase Shift Index*)

L'abbondanza di "matte" morta o di specie sostitutrici rappresenta un cambiamento di fase nell'ecosistema delle praterie di posidonie. Secondo questo indice, che assume valori compresi tra 0 (situazione ottimale con solo *P. oceanica*) e 1 (situazione profondamente alterata con solo *Caulerpa racemosa*), una fase dominata da un sostituto alieno altamente invasivo è da considerarsi peggiore di una fase dominata da un sostituto nativo del Mediterraneo.

- Densità dei fasci

Rappresenta il numero di fasci di *P. oceanica* per m^2.

- Densità relativa

In origine denominata impropriamente densità globale, combina copertura e densità.

- Indice fogliare LAI (*Leaf Area Index*)

Superficie fogliare per unità di superficie di fondale; si calcola moltiplicando la densità dei fasci per la superficie fogliare media per fascio e si esprime in m^2/m^2. È un parametro sintetico della vitalità della prateria, correlabile alla produzione primaria.

- Coefficiente A

Pari alla proporzione di apici fogliari rotti sul totale delle foglie campionate.

Conteggio dei fasci di *Posidonia oceanica*

Livello della comunità associata. Data la ricchezza e complessità della comunità associata, le tecniche di studio delle diverse componenti sono altrettanto varie e diversificate. Molte di queste sono estremamente specializzate e vengono adottate solo per studi particolari, non per la sorveglianza di routine dell'ecosistema a *P. oceanica*. Gli invertebrati vagili dello strato fogliare vengono campionati con un retino da sfalcio, mentre per gli invertebrati vagili associati allo strato dei rizomi e al sedimento superficiale si utilizza una sorbona. L'infauna della "matte" e del sedimento si raccoglie con speciali carotatori adattati per l'uso subacqueo, o con particolari zappe e pale in grado di penetrare e tagliare la "matte". Per tutte queste componenti i tradizionali attrezzi di superficie come benne e draghe sono poco efficienti. Il prelievo diretto di un certo numero di fasci viene usato per la flora e la fauna sessile dei rizomi e per gli organismi perforatori che vivono all'interno delle scaglie e che comprendono alcune specie di policheti e di isopodi.

Occhiate (*Oblada melanura*)

Ai fini della sorveglianza, gli aspetti relativi alla comunità associata più studiati riguardano la fauna ittica, gli epifiti fogliari e l'incidenza del pascolo degli erbivori.

- Fauna ittica

Il tradizionale campionamento di pesci (e di grandi invertebrati vagili) con il gangamo, una sorta di piccola rete a strascico, è stato oggi quasi completamente abbandonato in favore delle tecniche di censimento visivo (visual census). L'abbondanza e la diversità di pesci, la presenza di esemplari di grossa taglia, la numerosità di giovanili possono essere indicatori di buone condizioni dell'ecosistema a *P. oceanica*.

- Epifiti fogliari

L'analisi della comunità epifita può essere condotta con tecniche speditive di rilevamento quantitativo dei principali taxa. L'Indice di Epifitismo si basa sulla percentuale di ricoprimento degli organismi rispetto alla superficie del lembo fogliare. Piuttosto che le singole specie si preferisce valutare categorie di organismi predefinite. Elaborazioni successive dei dati permettono la valutazione di diversi indici sintetici.

- Incidenza del pascolo degli erbivori

Il metodo più rapido e semplice per valutare l'intensità del pascolo è rappresentato dall'Indice di Pascolo (percentuale di foglie il cui apice o bordo risulta inciso dai morsi di pesci, isopodi, o ricci).

Danni provocati dalla catena di un'ancora

■ Cause della regressione del posidonieto

La regressione e distruzione della prateria di fanerogame marine, documentate a livello mondiale, sono dovute a cause naturali e a cause antropiche. Fra le prime che, nelle acque italiane, fino ad ora, sono state di entità limitata, si possono ricordare le malattie, l'azione di tempeste e soprattutto uragani. Molto più gravi sono le conseguenze di molteplici attività antropiche che impattano sulle praterie, la cui regressione, in molte parti del Mediterraneo, ha avuto un'accelerazione, dopo il 1950, con l'intensa urbanizzazione e industrializzazione della costa, in particolare nel Mediterraneo Nord-Occidentale. In Liguria è stata valutata una riduzione del posidonieto del 10-30%, ad Alicante in Spagna del 52% e addirittura del 90% in una zona di Marsiglia. Alcuni autori francesi già negli anni Cinquanta avevano avanzato l'ipotesi che la regressione del posidonieto fosse in qualche modo legata al cattivo adattamento di questa fanerogama alle attuali condizioni idrologiche e climatiche del Mediterraneo e soprattutto del Mediterraneo NW. L'ipotesi si basa su due fatti principali:

- la rarità della fioritura e quindi della produzione di semi;
- l'invecchiamento degli individui ricavato dallo spessore delle "mattes" che lasciano supporre una longevità di diversi millenni.

Comunque è difficile pensare che l'imponente regressione sia principalmente legata ai sopra menzionati fenomeni naturali, anche perché *Posidonia* ha resistito a crisi ben più gravi, quali la famosa crisi Messiniana (prosciugamento di gran parte del Mediterraneo) e alle glaciazioni. È ragionevole pensare che l'uomo sia la principale causa attuale della regressione. Molti e ben documentati studi hanno dimostrato che le numerose attività umane gravanti sulla fascia costiera (eccessiva urbanizzazione, sfruttamento turistico, inquinamento, discariche, pesca illegale, acquacoltura selvaggia, nautica da diporto, ripascimenti etc.) minacciano la sopravvivenza delle fanerogame, sia come individui sia come habitat. Anche se non è facile affermare quale delle due sia più grave, l'uso di una graduatoria dell'impatto, riferita al tempo necessario affinché l'effetto dell'impatto divenga reversibile, consente di dire che la distruzione dell'habitat è sempre irreversibile e che la scomparsa degli individui, nel migliore dei casi, avviene per tempi lunghi per specie annuali (come *Ruppia cirrhosa* e *R. maritima*) o per specie pioniere quali *C. nodosa* e *N. noltii* e nel peggiore dei casi è irreversibile su scala umana per specie climax come *P. oceanica* o specie rare come *Z. marina*.

Ricoprimento da parte di opere marittime. La costruzione di opere marittime può avere un impatto diretto, ad esempio, distruggendo il posidonieto, per ricoprimento, cioè costruzione di terrapieni, dighe, moli sopra la prateria, o anche ad effetti delle modifiche delle correnti e del moto ondoso. Ci sono poi gli effetti indiretti dovuti all'attività nel porto e ai possibili inquinamenti e scarichi di varia natura. Certe volte la costruzione di una diga foranea può confinare una parte della prateria all'interno del porto. La possibilità della sua sopravvivenza dipende da molteplici fattori, anche se l'esperienza dimostra che, nella maggior parte dei casi, il posidonieto isolato all'interno del porto scompare in un tempo relativamente breve. Tuttavia le capacità di sopravvivenza aumentano se il porto è piccolo, senza scarichi inquinanti provenienti sia da terra che dai natanti ed è ben esposto ad un idrodinamismo che consenta un buon ricambio delle acque interne, ulteriormente facilitato dalla presenza di banchine costruite su piloni.
È ormai assodato, inoltre, che una parte significativa dei danni provocati dalla costruzione di opere marittime è legata al periodo dei lavori e in particolare alle modalità tecniche seguite nel cantiere.

Effetti sul posidonieto di una discarica di sedimenti fini

Ripascimento, discariche. L'antropizzazione della costa e in particolare, in gran parte d'Italia, il moltiplicarsi di approdi turistici e il ripascimento artificiale delle spiagge, sono tra i principali responsabili del degrado ambientale. Soprattutto quest'ultima attività è veramente deleteria perché, il più delle volte, eseguita con materiali e modalità inidonei su vasta scala e ripetuta perché, alla prima mareggiata, il materiale viene disperso sui fondali; ne consegue che ogni anno o comunque molto spesso è necessario rifare la spiaggia e, di nuovo, il fondale viene "infangato" con distruzione della prateria di posidonia, che è il principale baluardo di protezione delle stesse spiagge nei confronti del moto ondoso. Viene profondamente alterata la granulometria dei fondali e, al minimo movimento del mare, il fango viene sollevato intorbidando le acque, con ovvie conseguenze sul piano ecologico e anche estetico.
Con la scusa del ripascimento delle spiagge, che in molte parti d'Italia sono in netta regressione, sono state aperte ogni anno numerosissime discariche, attraverso le quali venivano (negli ultimi anni molto meno) scaricati in mare i più diversi materiali provenienti da scavi per la costruzione di case, strade, ferrovie, ecc., dalla demolizione di costruzioni in cemento e mattoni e persino da

residui di lavorazioni industriali. Anche quando viene utilizzata la tecnica del ripascimento morbido, prelevando cioè sabbie relitte dai fondi marini, rischi per la posidonia non sono scongiurati, come dimostra l'emblematico caso del ripascimento della spiaggia dei Maronti nell'isola d'Ischia dove per un errore nella collocazione della cava di sabbia, in meno di 24 ore sono stati distrutti dalla pompa scavatrice 4 ettari di posidonieto.

Variazioni degli apporti fluviali. I fiumi costieri possono avere un impatto sulle praterie di *P. oceanica* attraverso gli apporti di acqua dolce (che comporta una diminuzione della salinità nelle acque costiere), di nutrienti (essenzialmente sali di azoto e di fosforo) e di sedimenti. La portata dei fiumi costieri italiani è soggetta a forti variazioni sia stagionali sia interannuali. Stagionalmente si assiste infatti ad alternanze tra piene e morbide, mentre le variazioni interannuali sono legate ai cicli climatici, descritti ad esempio da certi indici come il NAO (North Atlantic Oscillation): quando l'indice NAO è negativo il clima dell'Europa meridionale e del bacino mediterraneo è umido e piovoso (e quindi il ruscellamento aumenta). Queste fluttuazioni sono naturali e possono spiegare il fatto che le praterie non si installano in maniera permanente nell'area influenzata dal pennacchio delle piene maggiori. L'azione dell'uomo ha però alterato in vario modo le fluttuazioni naturali della portata dei fiumi.
La messa in opera di sbarramenti smorza i picchi di portata durante le piene, almeno nella fase iniziale; il contenimento dell'acqua nei bacini di ritenuta e il suo utilizzo a fini agricoli diminuiscono la quantità di acqua dolce che arriva direttamente al mare. Entrambi questi aspetti dovrebbero avere un effetto positivo sui posidonieti, che mal sopportano la diminuzione di salinità. Per contro, la canalizzazione dei corsi d'acqua, che spesso si accompagna alle opere di regimentazione, accentua i picchi di portata durante le piene, con chiari effetti negativi sulle praterie. Le aree di "matte" morta nelle vicinanze della foce dei fiumi sono pertanto sensibilmente aumentate negli ultimi decenni. Un esempio recentemente studiato riguarda il fiume Centa (Liguria): questo corso d'acqua attraversa una piana intensamente coltivata e ha subìto modificazioni importanti negli ultimi decenni: la prateria che un tempo si estendeva ininterrotta lungo il tratto di costa antistante è stata sostituita da una distesa di "matte" morta lunga 5 km, corrispondenti ad oltre 200 ettari, davanti e ai lati della sua foce.

Variazioni dei flussi sedimentari, materiale sospeso, torbidità. Il regime sedimentario svolge un ruolo determinante nel mantenimento del posidonieto in condizioni ottimali. L'accumulo o l'erosione dipendono dal moto ondoso e dalle correnti, che possono essere fortemente modificate dalla costruzione di opere marittime che, quindi, agiscono sul trasporto e distribuzione dei materiali sedimentari.

Le strutture perpendicolari alla costa, soprattutto se di una certa dimensione, deviano le correnti verso il largo e causano una forte sedimentazione a monte (alla base della diga) e una erosione a valle. Le dighe parallele alla costa agiscono soprattutto sul moto ondoso con conseguenze simili.
Il tasso di sedimentazione deve essere compatibile con il ritmo di accrescimento dei rizomi e quello di erosione con il mantenimento dei rizomi; infatti, una eccessiva erosione scopre i rizomi, rendendoli più esposti alle rotture e scalzamento (estirpazione). Un accumulo eccessivo di sedimento determina il ricoprimento degli apici vegetativi della pianta: si è visto che questi muoiono ad un tasso sedimentario superiore a 5-7 cm/anno.

Inquinamento, eutrofizzazione, impianti di acquacoltura. Gli scarichi di effluenti liquidi di provenienza urbana, industriale o da natanti, possono causare danni diretti o indiretti alle fanerogame marine, modificano le caratteristiche chimiche e fisiche della colonna d'acqua perché aumentano il materiale in sospensione e l'apporto di inquinanti e di nutrienti in particolare. Questi nutrienti favoriscono anche lo sviluppo degli epifiti, i quali riducono la capacità fotosintetica delle foglie schermando la luce e favoriscono la distruzione delle foglie da parte dei non erbivori, in particolare pesci, che mangiano gli organismi insediati sulle foglie stesse.
La diminuzione dell'illuminazione, dovuta in particolare alla torbidità delle acque, provoca una riduzione della estensione e della densità dei fasci, fino

I divergenti dello strascico arano il fondale e distruggono la prateria a fanerogame

Piramide di una barriera artificiale posta a protezione del posidonieto

alla morte degli stessi. Questa è la principale causa della risalita (spostamento verso la costa) del limite inferiore del posidonieto, come ampiamente documentato in tutto il Mediterraneo nord occidentale. Nel Lazio si è passati da 35 m a 25-30 m. In Liguria la profondità media del limite inferiore è a soli 23 m.
Ma, a parte gli effetti locali, la causa generale sembra essere l'aumento della torbidità delle acque e l'infangamento dei fondali causati negli ultimi decenni dagli imponenti apporti terrigeni che hanno stravolto le linee di costa.
Collegato a quanto sopra è la grande estensione dei prati di *C. nodosa* sui fondali liguri; essa è generalmente considerata sia come specie pioniera sia come specie "secondaria", inserita nella serie evolutiva climacica della prateria di posidonia. In Liguria, tale specie risulta occupare circa 2300 ha, cioè quasi la metà della superficie coperta da *P. oceanica*. L'abbondanza di *C. nodosa* in Liguria potrebbe forse essere in relazione ad un degrado ambientale generalizzato. Applicando alle fanerogame marine un modello concettuale delle strategie vitali, *C. nodosa* è specie "ruderale", *P. oceanica* è specie "competitiva". Le specie definite ruderali si avvantaggiano sulle competitive in presenza di un elevato grado di "disturbo" ambientale. Dunque l'abbondanza di *Cymodocea* rispetto a *Posidonia* potrebbe essere una risposta al "disturbo" antropico.
Il ruolo della riduzione della illuminazione nel determinare lo spostamento del limite di compensazione (profondità alla quale si consuma quanto si produce, cioè respirazione e fotosintesi si equivalgono) è fondamentale. Una diminuzione della luce del 70% provoca in 3 mesi la morte del 90% dei fasci.
Attraverso gli scarichi urbani e industriali vengono immesse nell'ambiente varie sostanza xenobiotiche (metalli pesanti, idrocarburi, tensioattivi, pesticidi ecc.), che provocano degli effetti diretti e indiretti sulle fanerogame e, a differenti livelli, in relazione alle loro caratteristiche chimiche. Alcuni inquinanti provocano alterazioni dell'attività fisiologica, danni a livello cellulare, impatto sui pigmenti fotosintetici, riduzione del tasso di crescita etc.
I metalli pesanti si accumulano nelle piante in particolare nei rizomi e la possibilità di datare i rizomi attraverso la lepidocronologia rende posidonia un bioindicatore di grande interesse. Infatti, è possibile non solo determinare la concentrazione del metallo, ma seguirne l'evoluzione nel tempo (negli anni precedenti). Per quanto riguarda il mercurio, è stato dimostrato che la sua concentrazione nelle piante è correlata a quella del sedimento e che l'accumulo nei tessuti fogliari può avere gravi conseguenze fisiologiche, fino alla necrosi cellulare e all'arresto dell'accrescimento delle foglie.
Da quanto detto risulta evidente che occorre evitare di porre uno scarico di liquami in vicinanza della prateria o ancor peggio sulla prateria. Per gli scarichi già esistenti occorrerebbe prolungarli al di là del posidonieto. Per quelli di nuova costruzione è indispensabile prendere tutte le precauzioni possibili sia per la posa delle canalizzazioni (vedi scavi) sia della bocca di scarico.

Il rizoma di posidonia

Il crescente diffondersi delle pratiche di maricoltura che utilizzano gabbie galleggianti per l'accrescimento e/o l'ingrasso di pesci lungo le coste del Mediterraneo, è una ulteriore minaccia per la conservazione del posidonieto. Infatti non mancano le documentazioni dei disastrosi effetti sui posidonieti da parte di questo tipo di maricoltura, che dovrebbe essere assolutamente vietata non solo sulle praterie, ma anche nella loro vicinanza, in relazione all'andamento delle correnti marine. Tale divieto è ampiamente motivato dalla vigente normativa sulla conservazione della biodiversità.
Il danno principale è legato all'aumento del carico organico (eutrofizzazione) sia nella colonna d'acqua che soprattutto nel sedimento, quindi simile a quello di uno scarico fognario, per quanto riguarda i nutrienti. L'eutrofizzazione dell'acqua può contribuire ad aumentare la torbidità e ad incrementare gli epifiti delle foglie, con conseguente diminuzione del processo fotosintetico, sul quale può agire anche l'effetto ombra delle gabbie.

Distruzione meccanica: ancoraggi, strascico, esplosioni, scavi. Varie sono le attività meccaniche che portano alla distruzione del posidonieto.
L'ancoraggio è oggi una della maggiori cause di degrado del posidonieto in relazione al notevole incremento della nautica da diporto e alla frequentazione dei natanti, non solo nel periodo estivo, di aree protette e no, di grande interesse naturalistico. Eppure questi danni potrebbero essere facilmente evitati con un pò di buona volontà e maggiore riguardo nei confronti dell'ambiente marino costiero e delle praterie di fanerogame in particolare.
Diversi possono essere gli effetti delle ancore sui posidonieti:
- rottura dei rizomi sui quali piomba l'ancora o sui quali l'ancora si sposta prima di agganciarsi;
- la catena dell'ancora si sposta sul fondo a causa delle correnti e del vento che muovono il natante e strappa le foglie di posidonia. Talora la catena ruota attorno all'ancora;
- al momento del recupero (risalita) dell'ancora, questa rompe i rizomi sui quali era impigliata. Talora addirittura un blocco di "matte" può essere sradicato.

Ricercatori francesi hanno valutato che durante le diverse fasi dell'ancoraggio (discesa, stazionamento, salpamento) vengono strappati da 16 a 34 fasci di posidonia per battello. La conseguenza immediata di tali impatti è la diminuzione della densità dei fasci fogliari e la frantumazione della prateria, con formazione di marmitte e canali erosivi.

Ancor più gravi sono i danni provocati dall'ancoraggio di grosse navi commerciali, da guerra e da crociera, che talora si fermano in zone costiere con praterie di posidonia, pratica che dovrebbe essere vietata con precise indicazioni sulle carte nautiche di divieto di ancoraggio in tutte le aree costiere con posidonia, habitat protetto dalla Direttiva Habitat e numerose convenzioni internazionali (vedi a pag. 113).
Più difficile è impedire la presenza dei battelli della nautica da diporto. I diportisti scelgono le zone a posidonia per la bellezza del sito, ma anche perché è più facile e sicuro l'ancoraggio rispetto ad una zona rocciosa (possibilità che l'ancora si incagli) o sabbiosa-fangosa dove l'ancora può non "far presa". Per ovviare gli inconvenienti dell'ancoraggio selvaggio in molte zone sono stati predisposti degli ormeggi che spesso, purtroppo, si sono rivelati più dannosi dei singoli ancoraggi. Infatti i grossi corpi morti e le catene che li uniscono, si spostano, nonostante il loro peso, sul fondo, distruggendo ampi tratti di posidonieto.
La pesca meccanica illegale, e lo strascico in particolare, è molto probabilmente la principale causa della distruzione delle praterie di fanerogame e soprattutto dei posidonieti in molte zone mediterranee. Nel Lazio è stato valutato che il 40% della riduzione della superficie occupata dal posidonieto è dovuta primariamente allo strascico. I danni provocati dallo strascico possono essere così schematicamente riassunti:
- riduzione della superficie coperta da parte delle fanerogame;
- creazione di solchi e aree prive di posidonia con sradicamento di fasci e rizomi;
- risalita in superficie di grandi ammassi di foglie e fasci, che poi vengono spiaggiati e vanno ad aumentare la lettiera sulla spiaggia;
- contributo alla riduzione della biomassa e della densità della ittiofauna, in particolare di quella di interesse commerciale;
- modifica dell'habitat con la formazione di ampie zone sabbiose, o sabbioso-fangose, prive di vegetazione, ove si installa un altro tipo di fauna anche ittica.

Oltre allo strascico in alcune aree vengono anche usate draghe, e in particolare il rapido. Tutte queste forme di pesca, che vengono effettuate al traino di motopesca, sono vietate dalla legislazione italiana e dalla normativa europea entro i 50 m di profondità e le tre miglia nautiche dalla costa. Per impedire, almeno in alcune aree, queste pesche illegali, sono stati immersi dei corpi solidi, normalmente di calcestruzzo (barriere artificiali), con l'intento di proteggere la biocenosi, e in particolare il posidonieto, dall'attività dello strascico e aumentare la biodiversità e la biomassa delle specie di interesse alieutico.
La necessità di costruire tubature per il trasporto d'acqua, di idrocarburi e di immergere cavi elettrici e telefonici, può avere conseguenze deleterie sulle praterie di fanerogame che si vengono a trovare sul loro percorso. Il danno è più consistente se è necessario eseguire degli scavi o proteggere con pietrame o

Riccio di mare

strutture in cemento, le tubazioni e i cavi nelle zone a minore profondità e più alto idrodinamismo. Osservazioni condotte sui cavi elettrici e telefonici hanno evidenziato che la semplice posa senza scavo è di gran lunga meno impattante e quindi da consigliare ovunque le condizioni dell'idrodinamismo lo consentano. In alcune situazioni è stato possibile osservare, dopo alcune decine di anni, che i cavi posati sul posidonieto sono stati inglobati dall'intreccio dei rizomi.
Non è raro imbattersi in zone più o meno circolari con "matte" morte all'interno di praterie di posidonia. Si tratta dell'effetto distruttivo di esplosioni dovute ai bombardamenti aerei lungo la costa durante l'ultima guerra mondiale e allo scoppio di mine e di cariche esplosive usate per la pesca di frodo con la dinamite, ancora oggi effettuata in qualche parte del Mediterraneo, Italia compresa. Dopo cinquanta e più anni dall'avvenuta esplosione la colonizzazione dell'area distrutta è ancora solo molto parziale. Sembra che la sensibilità di posidonia all'esplosione sia dovuta in gran parte all'esistenza all'interno delle foglie di un sistema di canali ripieni di gas (aerarium): ossigeno e anidride carbonica. Quando avviene l'esplosione l'aerarium fa scoppiare le foglie.

Sovrappascolo. Il ruolo degli erbivori nel condizionare lo sviluppo dei vegetali è estremamente importante e rientra nei delicati equilibri delle catene trofiche, fondamentali per la stabilità degli ecosistemi. Il principale consumatore di *P. oceanica,* e probabilmente anche delle altre fanerogame, è la salpa *Sarpa salpa*, l'unico pesce strettamente erbivoro del Mediterraneo. Immergendosi sopra una prateria di posidonia, è possibile osservare, soprattutto verso la fine dell'estate, aree più o meno vaste in cui i ciuffi appaiono più corti e le foglie con apici tronchi e meno cariche di epifiti rispetto alle aree circostanti: è l'effetto del passaggio di un grosso sciame di salpe che si sono attardate a brucare proprio in quei punti. Secondi alle salpe, come brucatori di posidonia, sono i ricci, in particolare la specie *Paracentrotus lividus*. Alterazioni dei naturali meccanismi della catena trofica possono portare a sovrappascolo da parte di queste specie, con conseguente rischio di regressione della prateria.

Competizione con le specie alloctone. Localizzato nella regione temperato-calda, incrocio tra l'Atlantico e l'Indo-Pacifico, dal momento dell'apertura del Canale di Suez, con un'acquacoltura diffusa, con traffici matittimi molto intensi e con un progressivo riscaldamento delle sue acque, il Mediterraneo è diventato

un "punto caldo" d'introduzione di nuove specie paragonabile solo a pochi altri luoghi al mondo. Oggi si ritiene che almeno 600 specie (circa il 5% della flora e della fauna conosciute) possano essere considerate come nuove introduzioni, e di queste almeno un centinaio sono macrofite sia algali che fanerogamiche.
Si è cercato di formulare ipotesi sulla introduzione biologica e di spiegare perché certi habitat risultino maggiormente invasi di altri e perché certe specie, soprattutto macrofite algali, si siano dimostrate molto invasive (come *Caulerpa taxifolia* e *C. racemosa* var. *cylindracea*) quando le stesse nei luoghi di origine non lo sono affatto. All'inizio di queste ricerche, negli anni '50 del secolo scorso, fu formulata l'ipotesi della "resistenza biotica" secondo cui un habitat che contiene molte specie (con biodiversità elevata) è meno vulnerabile alle invasioni di uno più povero: un ecosistema ricco in specie è ben strutturato con interazioni inter-specifiche complesse e variate (competizione, predazione, mutualismo, parassitismo, malattie). Le praterie di *P. oceanica*, in quanto ecosistemi ben strutturati, non fanno eccezione e spesso le specie invasive hanno messo in evidenza la loro difficoltà all'invasione di praterie in buona salute, mentre si sono dimostrate molto più aggressive nei casi di praterie con segni di regressione o di indebolimento. La principale criticità ambientale è da considerarsi l'invasione delle Chlorophyta introdotte *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* e C. *taxifolia*: segnalate fino a pochi anni fa solo in alcune aree del Mediterraneo, sono oggi distribuite in tutti i settori e spesso ricoprono totalmente il fondale roccioso spingendosi anche sui fondi sedimentari alla base delle scogliere.

Caulerpa prolifera

Operazioni di trapianto di posidonia

■ Riforestazione

Il riconoscimento del ruolo fondamentale che le praterie di *P. oceanica* rivestono lungo le coste mediterranee e gli evidenti fenomeni di regressione cui sono state soggette negli ultimi decenni a seguito dell'accentuata antropizzazione, hanno favorito i tentativi di riforestazione atti a ripristinare le condizioni antecedenti. Il limite più importante alla riforestazione di *P. oceanica* è non solo la difficoltà di fissare le talee o i germogli o le piantine ottenute da seme sul fondo marino, ma soprattutto la necessità di utlizzare strutture che devono risultare molto resistenti all'azione delle onde (se si tratta di una zona vicina alla superficie o molto esposta) oppure sottoposta all'azione delle correnti di fondo. I primi tentativi di trapianto di fanerogame marine in Italia risalgono alla metà degli stessi anni '70, utilizzando talee ad Ischia e in Sicilia. Parallelamente agli esperimenti di trapianto e riforestazione sono stati intrapresi numerosi studi finalizzati all'ottenimento di materiale da utilizzare sia coltivando talee raccolte ai margini delle praterie stesse, che facendo germogliare semi spiaggiati o coltivando protoplasti (organelli della cellula vegetale) ottenuti con digestione enzimatica di tessuti di *P. oceanica*. Per la riforestazione sono state proposte otto tecniche diverse, riunite in 2 gruppi principali:

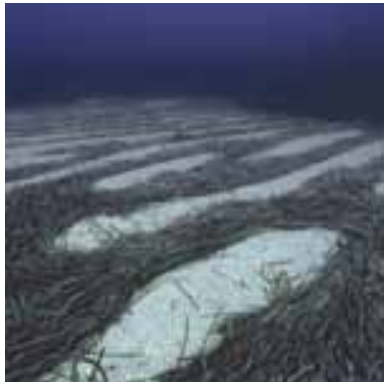
- senza ancoraggio: piante libere dal sedimento con il rizoma coperto di sedimento; piante provviste di sedimento e appoggiate al fondo; piante con sedimento inserite in una buca; piante singole in contenitori biodegradabili posate sul fondo;
- con ancoraggio: piante singole fissate su tubi o pali da costruzione; piante singole ancorate mediante mattoni; piante singole o fasci fissate a reti metalliche; piante singole ancorate a tutori infissi nel substrato.

Tutti i sistemi fino ad oggi utilizzati possono essere compresi in una delle categorie sopraelencate. La scelta di una particolare tecnica deve comunque essere valutata attentamente a seconda delle situazioni locali e alle finalità della riforestazione. Non va dimenticato anche che qualsiasi tentativo di ripristino di praterie regredite o degradate non può prescindere dal ripristino di condizioni favorevoli alla sopravvivenza di posidonia nel sito in oggetto. Nel 1994-95 sono stati intrapresi esperimenti di trapianto di *P. oceanica* sia lungo il litorale di Livorno (Rosignano Solvay) che lungo quello laziale (a Nord di Civitavecchia). Ad un anno di distanza dall'inizio degli esperimenti, nei fondali antistanti Rosignao Solvay sono stati misurati valori di sopravvivenza delle talee del 89,9% sul totale e valori simili sono stati riscontrati anche a Civitavecchia.

■ Posidonia quale bioindicatore

Le fanerogame marine in genere sono componenti essenziali della struttura e dei processi ecologici che interessano le aree costiere. *P. oceanica* risente in modo particolare delle variazioni della qualità dell'ambiente e scompare allorché l'inquinamento, inteso in senso lato, è troppo accentuato, per questo motivo *P. oceanica* è ritenuta un eccellente indicatore della qualità dell'ambiente. Alcuni Autori asseriscono che *P. oceanica* mostra un disadattamento progressivo all'ambiente Mediterraneo che porta ad una rarefazione naturale delle praterie perlomeno lungo le coste settentrionali. Lo scarsa frequenza e successo della riproduzione sessuata sembra aver portato nel tempo ad una diminuzione della variabilità genetica all'interno delle popolazioni che potrebbe aver reso la specie più vulnerabile rispetto ai cambiamenti delle condizioni ambientali. Sia un aumento che una riduzione dell'apporto sedimentario può creare seri problemi alla sopravvivenza delle praterie, nel primo caso favorendone l'insabbiamento e il conseguente soffocamento, nel secondo promuovendo lo scalzamento dei rizomi e rendendo quindi la prateria più sensibile a fenomeni di erosione. Il riconoscimento del disturbo antropico rappresenta una fase critica nel processo di gestione e conservazione delle risorse e degli habitat naturali. La capacità di identificare un impatto dipende in larga misura dalle tecniche e dalle procedure adottate. Una fase critica di tale processo è rappresentata dalla impostazione di un adeguato disegno di

Triglia di scoglio fra residui di foglie di posidonia



Fondo a ripple marks con foglie di posidonia

campionamento. Recentemente sono stati compiuti notevoli progressi con lo sviluppo di procedure che permettono di separare la variabilità naturale dall'eventuale effetto antropico. A questo proposito è estremamente importante stimare la variabilità spaziale e temporale delle popolazioni naturali in habitat ad alto rischio di impatto. Tali stime forniscono l'informazione di base necessaria per una rigorosa analisi di impatto, ovviando a molti dei problemi dovuti alla mancanza cronica di informazioni relative alla situazione antecedente l'impatto. La possibilità di identificare in modo inequivocabile un disturbo di natura antropica è fondamentale per la gestione e la conservazione degli ambienti naturali. Numerosi esempi in letteratura illustrano le enormi difficoltà che insorgono nella gestione di problematiche ambientali quando c'è ambiguità nella identificazione di un impatto. In questi casi è estremamente difficile, se non impossibile, trovare un accordo fra le diverse parti coinvolte nel processo decisionale (enti privati, opinione pubblica, rappresentanti politici).

È noto che le popolazioni naturali fluttuano in abbondanza nello spazio e nel tempo e che ciò varia in funzione della scala considerata. Una stima rappresentativa delle variabili in esame richiede quindi una analisi a più scale spaziali. L'ipotesi che la variabilità nel sistema a *P. oceanica* cambi in funzione della scala considerata può essere esaminata utilizzando un disegno di campionamento gerarchizzato. L'obiettivo di questo tipo di ricerche è quello di quantificare, per ciascuna delle variabili considerate, la varianza alle diverse scale esaminate. Le varianze così stimate potranno essere utilizzate per ottimizzare futuri disegni di campionamento volti allo studio e alla valutazione delle condizioni delle praterie. Inoltre, al fine di evidenziare eventuali alterazioni future delle praterie e di mettere in relazione tali modificazioni con interventi di natura antropica, è necessario fornire una stima dell'impatto atteso. Ciò può essere determinato confrontando praterie attualmente esposte ad impatto (ad esempio in prossimità di centri urbani e porti turistici) con praterie di controllo non esposte a questa particolare fonte di disturbo. Un confronto di questo tipo permette di esaminare direttamente l'ipotesi di impatto antropico, fornendo allo stesso tempo una misura della differenza attesa fra condizione impattata e condizione di controllo da utilizzare come riferimento per future valutazioni sullo stato delle praterie.

■ Le Praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste italiane

Posidonieto emergente a Pianosa (Toscana)

Dal censimento dell'habitat prioritario "Erbari di posidonie" in Italia si evidenzia che oltre il 70% delle praterie segnalate ricade nelle aree non protette e soltanto il 16% risulta tutelato trattandosi, per lo più, di Riserve Naturali Statali. La necessità di tutela, secondo quanto riportato dai rilevatori, riguarda la totalità delle praterie di *P. oceanica* in ottimo e in buono stato di conservazione per tutte le regioni italiane considerate nel censimento. In Italia, per l'habitat prioritario praterie di *P. oceanica*, sono stati schedati 180 siti suddivisi per gran parte delle regioni costiere.

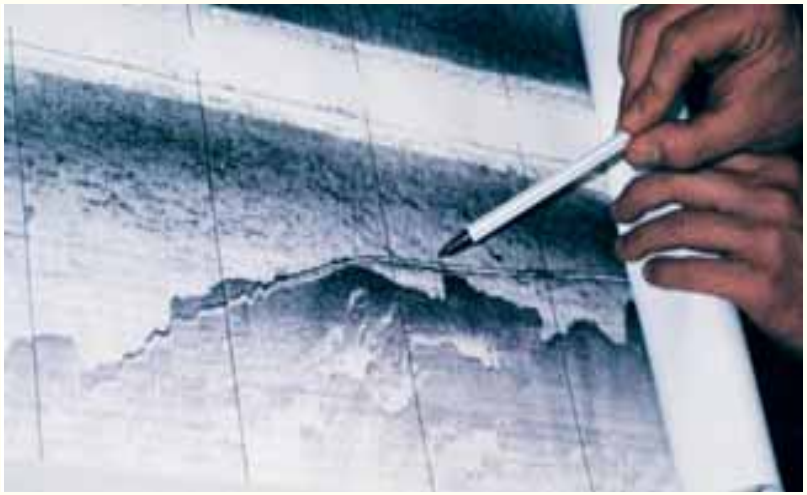
● Liguria: sono stati individuati 27 siti differenti (26 sono SIC) e riscontrate, trascurando le numerose formazioni minori, circa una cinquantina di praterie di *P. oceanica* distribuite nelle province di Imperia, Savona, Genova e La Spezia. La loro estensione è estremamente disuguale e va da un minimo di pochi ettari ad un massimo di circa 760 ha. Si tratta nel complesso di 4800 ha di praterie pari a circa il 10-15% dei fondali liguri compresi tra la superficie e 35 m di profondità. Di questi 4800 ha, 3500 ha si trovano nella Riviera di Ponente, mentre i rimanenti 1300 ha nella Riviera di Levante. Il Ponente, e in particolare la provincia di Imperia, è caratterizzato da praterie molto estese, mentre nel Levante sono più importanti le praterie di piccole e medie dimensioni.

● Toscana: è stata effettuata una dettagliata indagine cartografica sulle praterie di *P. oceanica* che fornisce il quadro, forse il più completo in Italia, sulla loro distribuzione, evidenziando la presenza discontinua di questa fanerogama lungo tutte le coste toscane. Sono stati censiti, nelle province di Livorno e Grosseto, 22 siti diversi distribuiti tra le zone costiere continentali e le isole dell'Arcipelago Toscano con un'estensione di oltre 28.000 ha. Le praterie più estese nell'area continentale sono presenti sulle Secche della Meloria e di Vada. All'isola d'Elba *P. oceanica* è presente lungo quasi tutto il perimetro costiero. Nelle isole minori dell'Arcipelago Toscano (Gorgona, Capraia, Giglio, Formiche di Grosseto, Pianosa, Giannutri, Montecristo, Scoglio d'Africa) *P. oceanica* è presente nei fondali circostanti tutte le isole investigate. Pianosa e lo Scoglio d'Africa sono caratterizzate da vaste praterie che circondano senza interruzione il perimetro costiero mentre le altre isole presentano un'estensione più limitata.

● Sardegna: le praterie di *P. oceanica* si sviluppano in maniera ottimale e la

I metodi utilizzati nella cartografia di *P. oceanica* possono essere classificati in diretti e indiretti a seconda che essi prevedano o meno l'impiego di operatori subacquei e di strumenti ottici ed elettroacustici vari.
L'osservazione diretta in immersione è un metodo sicuramente efficace e permette la realizzazione di mappe molto dettagliate (generalmente in scala 1:5.000 o maggiore). Questo metodo è consigliabile per l'esame di aree ristrette; esso costituisce anche un valido e indispensabile aiuto nel caso di lavori di vaste proporzioni per "tarare" altri metodi come quello aerofotografico o ecografico, facendo ricorso a quelle che alcuni Autori definiscono "immersioni di identificazione". L'osservazione diretta si realizza seguendo in immersione transetti materializzati sul fondo mediante corde metriche: per ognuno di essi si parte da un punto a coordinate note e si procede secondo una direzione prefissata.
Il metodo dell'osservazione diretta da parte di operatori subacquei è sicuramente il più preciso in quanto non solo ogni biocenosi è identificata in situ, ma anche i più piccoli raggruppamenti a macchie di *P. oceanica* possono essere rilevati e la loro localizzazione stimata con un errore dell'ordine di un metro.
L'uso di minisommergibili consente di rilevare e cartografare con sufficiente precisione lunghe estensioni del limite inferiore delle praterie verificando il tipo e lo stato del limite stesso che generalmente è localizzato al di sotto di 30 metri di profondità; a tale profondità l'immersione con A.R.A. presenta problemi di sicurezza che limitano la durata dell'immersione e dunque l'ampiezza della zona da investigare. Tra i metodi diretti sono da considerare anche quelli che si basano sull'utilizzo di strumenti ottici quali telecamere ad autopropulsione come R.O.V. o R.C.V. (Remote Operated o Controlled Vehicles).

Tra i metodi indiretti si possono elencare: sondaggio meccanico; sondaggio ecografico; ripresa ecografica; aerofotografia convenzionale; teledetezione aerotrasportata; teledetezione satellitare.
Sondaggio meccanico: consiste nell'uso dei più tradizionali mezzi per rilevare la natura del fondo come carotieri, draghe e benne. I metodi di sondaggio in questione non richiedono imbarcazioni particolari e sono particolarmente rapidi. Essi forniscono comunque un'informazione puntiforme priva di qualsiasi dettaglio. Queste attrezzature sono state talvolta utilizzate in indagini cartografiche come integrazione ad altri metodi; comunque, essendo un metodo distruttivo, è opportuno limitarne l'uso.
Sondaggio ecografico: utilizza ecoscandagli ad alta o bassa frequenza del segnale. I primi sono quelli di uso comune che forniscono tracciati unidimensionali del fondo. L'ecografia a bassa frequenza si basa invece su ecoscandagli del tipo "sub-bottom profiler" che emettono frequenze intorno ai 2,5 Khz. Tale strumento può risultare utile nello studio della struttura profonda delle "mattes"; a questo scopo tuttavia è risultato più conveniente l'utilizzo del sistema UNIBOOM, in grado di rilevare le strutture sepolte con un potere di risoluzione che spesso supera i 20 centimetri e con una penetrazione che in condizioni ottimali (sedimenti molto soffici) può arrivare ai 200 metri. Questi metodi di sondaggio risultano comunque poco utili per la cartografia di *P. oceanica*, in quanto le eco prodotte dalle praterie sono distinguibili da quelle degli affioramenti rocciosi solo in presenza di "mattes" molto elevate rispetto al fondo.
Ripresa acustica: si basa sull'uso del Sonar a scansione laterale (Side Scan Sonar). Attraverso fonti acustiche appropriate si "illumina" il fondo obliquamente con impulsi sonori; questi vengono riflessi in modo diverso a seconda di ciò che colpiscono. Tali riflessi acustici ritornano così modificati verso lo strumento che li aveva emessi e che è in grado di registrarne l'intensità su un foglio elettronico. Una volta ordinati tutti i dati si ottiene un sonogramma corrispondente ad una fotografia del fondo. Il sonar è montato su un battello che ne costituisce il supporto. Lo strumento è costituito dalle seguenti parti: un registratore analogico che pilota l'emissione degli impulsi acustici e li trascrive al loro ritorno; un registratore digitale; un cavo elettroportante di lunghezza appropriata; una struttura rimorchiata detta "pesce", nella quale sono poste le sorgenti acustiche (transduttori) emettenti/riceventi che "illuminano" il fondo obliquamente su ciascun lato del pesce stesso. Il suono si propaga coprendo due lobi laterali perpendicolari alla direzione di spostamento, con una apertura orizzontale e una verticale rispettivamente di 1-2° e 90°.
Il SSS è supportato da un sistema di posizionamento collegato al sonar, la cui precisione è dell'ordine del metro e che è costantemente a disposizione di chi manovra il battello appoggio. Le indagini con il Side Scan Sonar rendono possibile il calcolo delle superfici coperte dalla vegetazione e il monitoraggio dell'evoluzione dei limiti inferiori; anche il dettaglio qualitativo è notevole, infatti, è possibile distinguere dai sonogrammi le praterie di *C. nodosa* (che presentano trame punteggiate) da quelle di *P. oceanica* (che presentano trame granulose), oltre che dagli altri tipi di fondale. Tra gli svantaggi legati al metodo in discussione troviamo l'impossibilità, almeno finora, di risalire dai sonogrammi alla densità delle praterie e ad altri dettagli importanti anche se recenti studi hanno testato la possibilità di utilizzare lo strumento per determinare altezza e densità delle praterie. Spesso inoltre si rendono necessarie immersioni di identificazione per il controllo di registrazioni dubbie, particolarmente frequenti in praterie fortemente degradate e in presenza di "matte" morte; l'uso del Side Scan Sonar è inoltre difficoltoso in acque basse (dai 10 metri in su).



Radure e limite inferiore di un posidonieto come si osservano in un sonogramma

Posidonia presso l'Isola di Molarotto (Sardegna)

pianta colonizza in modo quasi continuo la fascia da -5 m fino a -30 m e in alcuni casi fino a 40 m di profondità. Sono stati censiti oltre 40 siti per una superficie complessiva di circa 27.000 ha. Lo stato ecologico delle praterie attorno a questa regione sembra riflettere il grado di antropizzazione: dove questa è elevata (Sardegna nord-orientale) si osservano parterie con evidenti segni di degrado.

● Lazio: nelle province di Roma, Latina, e Viterbo sono stati censiti 11 siti diversi e le praterie di *P. oceanica* sono presenti per un totale di poco meno di 20.000 ha. Queste praterie si presentano distribuite in tre precise aree geografiche, cui corrispondono differenti condizioni ambientali e un differente stato di vitalità: zona a nord (le più degradate) e a sud del Tevere e l'area circostante le isole Pontine.

● Campania: nelle province di Napoli e Salerno, sono stati segnalati 17 siti differenti per un estensione di circa 100 ha, anche se si può affermare che la superficie delle praterie sia molto più ampia. Lungo la penisola Sorrentina posidonia é largamente presente. Le praterie più vaste ed estese si rinvengono soprattutto nelle baie dove il gradiente batimetrico è meno pronunciato. Alle minori profondità, in coincidenza con il limite superiore, sono evidenti segni di regressione (evidenziati dai molti rizomi sradicati) causati dagli ancoraggi delle imbarcazioni da diporto che, in estate particolarmente, fanno opera di sradicamento dei rizomi della pianta. Nel golfo di Policastro sono presenti estese praterie di *P. oceanica* che si sviluppano continue sino alla batimetrica dei 30 m, il cui impianto in tempi passati, può essere stato favorito dai fondali di tipo sabbioso. La presenza a Palinuro di grosse isole di posidonia formanti le cosiddette praterie a collina, denota una forma di degrado a cui sono soggetti i prati in questa zona, forse legati all'intenso flusso di imbarcazioni da diporto a cui é soggetta quest'area, in estate. Attorno all'isola d'Ischia, *P. oceanica* forma una cintura verde che occupa un'area di 15.7 Km^2 ed è distribuita tra i 0.5 e i 39 m di profondità. La pianta si insedia su diversi tipi di substrato quali sabbia, roccia e "matte" di posidonia. Dal limite superiore sino alla batimetrica dei 10-15 m le praterie sono generalmente dense, quindi con l'aumentare della batimetria la densità tende a diminuire. I limiti inferiori sono di diverso tipo (normale ed erosivo), essenzialmente legati ai movimenti idrodinamci. All'interno delle praterie sono più o meno evidenti segni di erosione quali canali "intermatte" e radure nude, legati sia ai movimenti idrodinamici sia allo scalzamento dei rizomi di posidonia dovuto anche ad alte intensità di ancoraggi. In diversi siti, sul limite superiore delle praterie, si rinvengono prati di *Cymodocea nodosa*, mista in rari casi a *Nanozostera noltii*. Prati a *C. nodosa* che precedono le praterie di posidonia si rinvengono anche a profondità maggiori, intorno ai 15 m. A Capri *P. oceanica* si presenta a macchie sparse attorno a tutta l'isola; solamente la parte settentrionale risulta meno colonizzata (da correlare alla particolare pendenza dei fondali in quella zona). Il settore orientale è quello in cui la presenza della pianta si segnala sino all'isobata dei 30 metri; altrove, *P. oceanica* arriva sino ai 15-20 m di profondità.

Il posidonieto di Baia degli Infreschi (Campania)

● Basilicata: è stata segnalata la presenza di *P. oceanica* lungo gran parte delle zone costiere. In particolare di fronte a Maratea è stata segnalata una delle più vaste praterie continue delle nostre coste.

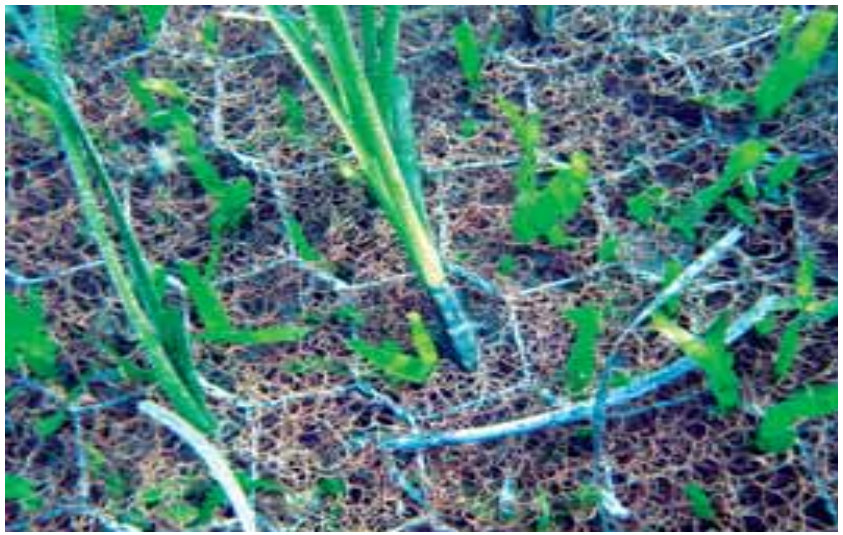
● Calabria: sono stati censiti 13 siti differenti per un estensione di circa 13.000 ha. Le indagini realizzate negli anni 2002-2003 hanno evidenziato una più marcata presenza di praterie in buono stato sul versante tirrenico piuttosto che sul versante ionico.

● Sicilia: praterie di *P. oceanica* dense ed estese si rinvengono lungo la fascia costiera sud orientale, nord occidentale e occidentale, in corrispondenza delle più importanti emergenze carbonatiche e calcarenitiche dell'Isola. In tali settori, peraltro, la prateria trova condizioni di impianto anche su substrato roccioso, ricoperto o meno da un sottile strato di sedimento organogeno. Lungo la costa occidentale della Sicilia, favorevoli condizioni ecologiche hanno consentito l'insediamento e lo sviluppo di una delle più imponenti praterie di *P. oceanica* fino ad oggi osservate in tutto il bacino del Mediterraneo. L'evoluzione della prateria, insediata su estesi bassi fondali, ha determinato nell'area la formazione di peculiari formazioni a posidonia (indicate con i termini francesi "plateau récifale" e "récif-barrière") e di ecosistemi lagunari naturali (Stagnone di Marsala) e artificiali (saline) di notevole interesse naturalistico ed ecologico. La prateria di *P. oceanic*a è rara lungo le coste centro orientali tirreniche e nord orientali ioniche che si caratterizzano per la presenza di pendii scoscesi e corsi d'acqua a regime torrentizio (fiumare) e dove dominano rocce metamorfiche, ignee e sedimentarie (Peloritani) e vulcaniche (Etna). Nel versante centro meridionale dell'Isola la natura limoso-fangosa dei substrati e il loro continuo rimaneggiamento ad ope-

ra del moto ondoso, bloccano la serie evolutiva su substrato mobile alle comunità di *C. nodosa* (climax edafico), la quale costituisce estesi e densi prati soprattutto nel Golfo di Gela intorno all'isobata dei 15 metri. Nelle isole minori ampie ed estese praterie si rinvengono nei fondali delle Egadi e di Lampedusa, mentre nelle isole vulcaniche (Eolie, Ustica, Pantelleria e Linosa) *P. oceanica* trova prevalentemente condizioni di insediamento su roccia e sabbie vulcaniche contenenti detriti calcarei di natura biogenica. Nel complesso in Sicilia le praterie di *P. oceanica* si rinvengono frequentemente lungo i fondali costieri dell'Isola, evidenziando, soprattutto in prossimità dei grossi insediamenti urbani e industriali, segni evidenti di regressione fino alla completa scomparsa.

● Puglia: si evidenzia che le praterie indagate presentano notevoli differenze per quanto riguarda il substrato di impianto e lo stato di vitalità. Infatti, le praterie del golfo di Taranto, soprattutto di fronte a Gallipoli, e quelle prospicienti Otranto sono impiantate su "matte", si presentano ben sviluppate e mostrano un'elevata densità dei fascicoli fogliari. Per contro, quelle presenti lungo il litorale adriatico, sono più rade e insediate su roccia (Bari) o su sabbia (Brindisi). A Nord delle isole Tremiti le praterie di *P. oceanica* non si sviluppano a causa soprattutto della natura dei fondali.

● Friuli Venezia Giulia: *P. oceanica* si rinviene in macchie sparse su substrati solidi emergenti da sabbie fini in località Sant'Agata e San Gottardo, lungo il litorale di Grado; queste costituiscono le uniche zolle vitali conosciute nella parte italiana del Golfo di Trieste.



Posidonieto "reimpiantato" al largo della costa orientale della Sicilia

■ Importanza economica

L'importanza economica del posidonieto deriva dal suo fondamentale ruolo nel mantenimento degli equilibri ecologici e fisici dell'ambiente costiero e dei servizi ecologici forniti, del cui enorme valore, spesso, ci si rende conto solo quando sono scomparsi. La valutazione economica deve prendere in considerazione i benefici diretti (come pesca e subacquea) e indiretti (servizi resi: protezione del litorale nei riguardi dell'erosione, ossigenazione dell'acqua), senza dimenticare il valore di possibili scelte future di utilizzo.

Il posidonieto contribuisce, come già accennato, allo sviluppo del turismo e delle attività balneari che hanno un grande impatto economico, attraverso il mantenimento della qualità delle acque (trasparenza) e soprattutto alla stabilizzazione della linea di costa (spiaggia), che viene protetta contro l'erosione (riduzione dell'idrodinamismo, trappola sedimento, banchetti di foglie morte).

Inoltre, anche se le praterie non sono luoghi particolarmente ricercati dai sub, se non per la caccia subacquea, esse sono formidabili produttrici di biomassa e nursery per le specie, che possono essere esportati anche in siti come quelli di ambiente roccioso, prediletti dai sub.

Al di là delle cifre proposte dai vari autori, vale la pena di rilevare che le praterie marine sono, su scala mondiale, uno dei gruppi di ecosistemi con il valore economico più alto. Alcuni autori americani danno alle praterie di fanerogame un valore di 19.000 dollari US per ettaro e per anno, superato solo dagli estuari (22.832 US $), tre volte superiore a quello delle barriere coralline (6.075 US $) e 10 volte quello delle foreste tropicali (2.007 US $). Il posidonieto offre un formidabile esempio per lo sviluppo sostenibile in cui conservazione economica e aspetti sociali sono intimamente correlati.

Per ottenere una valutazione del valore monetario dei servizi svolti da un ecosistema (servizi ecologici) vengono utilizzati in letteratura due approcci: identificazione del valore di mercato diretto (pescato) o indiretto dell'ecosistema e analisi dell'energia. Questo ultimo metodo stima il costo totale dell'energia di tutte le funzioni dell'ecosistema.

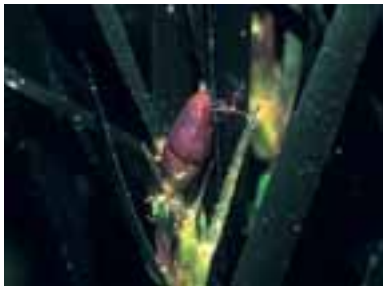
Basandosi sul costo del ripascimento delle spiagge, che è stimato sui 2600 euro m^2/anno, è stato stimato il valore del podonieto antistante la spiaggia: poiché ogni metro di posidonieto protegge circa 15 m di spiaggia, si arriva alla cifra di 39.000 euro m^2.

Merita di essere sottolineato anche il ruolo che il posidonieto potrebbe avere nell'assorbimento della CO_2 in relazione alle emissioni di CO_2 di origine antropica e il protocollo di Kyoto. In tale contesto una estensione delle praterie potrebbe essere contabilizzata nel mercato dei crediti. Il valore monetario dei circa 49 km^2 dei posidonieti della Liguria è stato stimato intorno ai 640.000 euro/anno.

Proposte didattiche

GIUSEPPE GIACCONE

■ Schema sintetico



Frutto di posidonia

● Obiettivi: acquisizione dei concetti di adattamento ed evoluzione delle piante terrestri nell'ambiente marino per la formazione dei paesaggi a praterie del Mediterraneo. In particolare si suggerisce di trattare i seguenti elementi: i meccanismi di fissazione al substrato con fusti sotterranei (rizomi); i meccanismi di assorbimento principalmente attraverso le foglie (assottigliamento della cuticola) dei sali nutritivi e di trasporto nei fusti dotati di tracheidi e non di trachee; fotosintesi e respirazione con scambi gassosi con l'acqua attraverso stomi fogliari semplificati o attraverso una sottile cuticola provvista a volte di numerosi forellini; moltiplicazione vegetativa per talee staccate durante le mareggiate o con rami specializzati in veri propaguli; riproduzione sessuata con veri fiori, produzione di frutti e di semi. Fattori ambientali che ne condizionano l'impianto e la crescita: luce (non inferiore all'1% dell'intensità misurata in superficie), temperatura (tra 10 e 23 °C), salinità (tra 36 e 38 ‰), idrodinamismo moderato, natura del substrato (sabbie grossolane organogene e rocce con apporti di sedimenti). Acquisizione dei concetti di "specie strutturante" o "specie ingegnere" per cui posidonia si presta in modo particolare e del concetto di "servizi ecologici" forniti dalle praterie a posidonia. Si possono fare analogie interessanti paragonando, ad esempio, il sistema posidonia al condominio di una grande e articolata costruzione (es., un grattacielo) che dalle cantine ("matte") ai piani alti e attici (lo strato fogliare) provvede a dare spazi di vita (rifugio) molto diversificati per i "condomini", le varie specie.

● Livello: alunni degli ultimi due anni delle Scuole Medie superiori; con semplificazione degli argomenti, sviluppando il lavoro in laboratorio e con escursioni solo sulla costa, anche alunni degli ultimi due anni delle Scuole Medie inferiori.

● Attrezzature: materiale bibliografico e iconografico reperibile nei testi che sono elencati in bibliografia, redazione in classe e in laboratorio di schede diagnostiche e illustrative preparate insieme agli alunni relative non soltanto alle specie di fanerogame, ma anche alle specie dei principali animali che vivono

Germoglio di *Posidonia oceanica*

nelle praterie. Proiezione di documentari e consultazione di siti web. Per le escursioni sulle coste bisogna fornirsi di sacchetti di plastica trasparente e robusta per mettervi i campioni di piante e di animali raccolti sulla riva; per le forme più delicate si devono utilizzare barattoli di plastica trasparente con tappi a tenuta da riempire con acqua di mare addizionata al 4% di formalina in commercio per i vegetali, e con alcool denaturato per gli animali. In laboratorio è necessario fornirsi di fogli di carta e di giornali per preparare un erbario secco con le specie vegetali e di barattoli di plastica trasparente di varie dimensioni per conservare in alcool le specie animali; tutti i campioni devono avere le etichette con il nome dell'organismo, la località e il giorno della raccolta. Per le escursioni è bene dotarsi di lenti di ingrandimento mentre per il laboratorio bisogna avere in dotazione alcuni microscopi binoculari a luce sia riflessa sia trasmessa con la solita dotazione di pinzette e di aghi per microscopia ottica.

- Collaborazioni: si consiglia di coinvolgere nell'attività didattica sulla costa il personale di una Area Marina Protetta, di Associazioni ambientaliste che si occupano del mare, di circoli subacquei aperti all'educazione ambientale e, ove è possibile, anche di studenti e docenti universitari esperti o informati in biologia ed ecologia marine. Le escursioni si consiglia di effettuarle in settembre e ottobre per raccogliere il materiale spiaggiato negli accumuli costieri e anche per fare nuotate con maschere e pinne sulle praterie a bassa profondità; per raccogliere i semi si consiglia di fare le escursioni nelle prime settimane di maggio e giugno.

Posidonia oceanica su roccia

■ Origine, evoluzione e adattamento delle angiosperme all'ambiente marino

La vita ha avuto origine negli antichi mari della Terra circa quattro miliardi di anni fa. I primi organismi furono cellule batteriche e alcune di queste intorno a due miliardi di anni fa svilupparono la fotosintesi ossigenica, cioè la capacità di fissare e sintetizzare il carbonio per costruire molecole organiche, utilizzando l'energia luminosa del sole, e di emettere alla fine ossigeno. Altre cellule batteriche mantennero il metabolismo eterotrofo e altre ancora utilizzarono l'energia di legame chimico traendola dai composti dello zolfo emessi da fenomeni secondari di vulcanismo sottomarino. Dai batteri fotosintetici, detti Cianobatteri o Alghe Azzurre, si sono evolute le alghe marine, prima unicellulari e poi pluricellulari. Alcuni organismi Eucarioti, intorno ad un miliardo di anni fa, acquisirono la riproduzione sessuata. Quando per opera dell'attività fotosintetica sia l'idrosfera sia l'atmosfera da riducenti divennero ossidanti e si formò lo strato di ozono capace di bloccare la radiazione violetta, i vegetali conquistarono insieme alle altre forme di vita prima le acque superficiali e poi intorno a circa quattrocento milioni di anni fa anche le terre emerse. Popolarono questo nuovo ambiente di vita piante fornite, in fase di evoluzione mediamente sviluppata, di radici per assorbire acqua e sali nutritivi; di foglie munite di aperture stomatiche per gli scambi gassosi di anidride carbonica e di ossigeno con l'ambiente subaereo, ma anche rivestite di cuticola cerosa per diminuire la perdita di acqua e con vari pigmenti nei plastidi delle cellule per catturare, trasferire e utilizzare la luce del sole non più filtrata dall'acqua del mare; di fusti per trasportare le sostanze grezze e l'acqua dalle radici alle foglie e sostanze elaborate dalle foglie alle radici.

Le piante terrestri, inoltre, intorno a trecento milioni di anni fa, per riprodursi sessualmente acquisirono molteplici sistemi a volte presenti in generazioni e individui differenti, ma poi vistosamente raggruppati nei fiori. Queste piante con strutture riproduttive evidenti nei fiori furono chiamate Fanerogame e quelle che portavano i semi nascosti negli ovari Angiosperme. Tra le Angiosperme i cui semi germinando formano una sola foglietta embrionale, dette Monocotiledoni, circa cento milioni di anni fa, nel Cretaceo, si sono evolute negli ambienti acquatici le Alismantales e tra queste alcuni generi riuscirono a popolare anche le acque marine da dove i vegetali avevano avuto origine. Uno dei fossili del Cretaceo che documenta questi eventi evolutivi è proprio una specie di posidonia, denominata *Posidonia cretacea*.

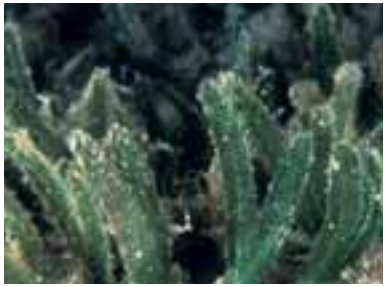
Tra tutte le Angiosperme soltanto una sessantina di specie sono attualmente presenti nelle acque marine del Pianeta e a giudicare dai pochi resti fossili, questa cifra non è mai stata molto diversa nelle successive epoche del Terziario e Quaternario. Questo significa che è molto difficile per le piante superiori

adattarsi completamente a vivere nell'ambiente marino. Alcune di esse, infatti, sono riuscite a vivere negli ambienti salmastri sia continentali sia litorali, ma non sono penetrate stabilmente in mare. Questi vegetali sono conosciuti come Alofite (piante di ambienti salmastri) mentre quelli che vivono stabilmente in acque marine come talassofite (piante di ambienti marini).

Le caratteristiche peculiari di una pianta marina sono: adattamento alla vita in ambiente stabilmente caratterizzato da concentrazioni di salinità comprese tra 35 e 39 ‰ che genera una pressione osmotica superiore a quella del citoplasma; capacità di vivere continuamente sommersa, cioè di assumere per la respirazione e la fotosintesi l'ossigeno e il carbonio dell'acido carbonico disciolti nell'acqua di mare; presenza di un efficace sistema di fissazione al fondo e una opportuna architettura fogliare per resistere alla forza delle onde e delle correnti e per assorbire i nutrienti soprattutto con le foglie; pigmenti ausiliari con funzioni di antenne per captare le basse intensità luminose e utilizzare bande della luce solare con lunghezze d'onda inferiori a quelle del rosso, capaci di fenomeni di risonanza per trasmettere energia sufficiente ad eccitare la molecola della clorofilla e realizzare la fotosintesi; impollinazione idrofila con potere di galleggiamento dei pollini esattamente bilanciato per la lunghezza dei pistilli e la forma degli stimmi dotati di sostanze vischiose non idrosolubili per trattenere i pollini e farli germinare per portare infine i nuclei gametici maschili ad unirsi con i nuclei femminili formati nelle cellule gametiche germinate nell'ovario; capacità dei semi di disperdersi nell'acqua e di

Banchetti di posidonia spiaggiata

germinare nei fondali marini; capacità di competere con le alghe marine e di resistere all'eccessiva pressione di pascolo degli erbivori sia con la produzione abbondante e periodica di nuove foglie sia con elaborazione di prodotti chimici, detti allelopatici, che non rendono appetibili le foglie a molti erbivori.



Halophila stipulacea

Nel Mediterraneo e in particolare sulle coste italiane, vivono cinque specie di talassofite. L'ultima specie giunta dal Mar Rosso nel 1988 sulle coste italiane è *Halophila stipulacea* che ancora non produce semi, si moltiplica vegetativamente solo per talee e attualmente produce solo fiori maschili. La più antica è *Posidonia oceanica*.

Il nome di posidonia dato al genere ricorda il dio greco del mare Poseidon, quindi questa angiosperma marina è la pianta del dio del mare. Il nome specifico "oceanica" è invece un vero errore di ripartizione geografica di questa specie. Infatti *Posidonia oceanica* non vive e non può vivere nell'oceano Atlantico, come lo dimostra il suo limite di diffusione verso Gibilterra: posidonia si ferma dove l'acqua atlantica mantiene le sue caratteristiche ambientali tipiche e comincia a vivere dove l'acqua ha tipiche caratteristiche ambientali dell'acqua del Mediterraneo. Sarebbe stato più corretto chiamarla "Posidonia mediterranea", ma Linneo non sapeva che questa specie fosse un endemismo esclusivo del Mediterraneo e i nomi una volta attribuiti, giusti o sbagliati, bisogna conservarli.

Già gli antichi Greci (come è riportato in uno scritto del filosofo Aristotele che era anche un naturalista del quarto secolo a.C.) avevano osservato due eventi naturali che si verificavano sulle spiagge puntualmente ogni anno: alla fine della primavera venivano a galla frutti simili a ghiande, ritenute prodotte da una "quercia marina" e alla fine dell'estate e in autunno sulle spiagge si depositavano palle fibrose, denominate "egagropili marini", ritenute escremeti di tonni. Contemporaneamente all'evento dei frutti galleggianti si aveva l'inizio della migrazione dei tonni e contestualmente allo spiaggiamento degli egagropili si verificava il ritorno dei tonni nelle acque dell'Atlantico. Le popolazioni rivierasche non sapevano che le migrazioni dei tonni erano legate al loro ciclo riproduttivo, ma pensavano che i tonni fossero spinti in Mediterraneo dal cibo prodotto dalla Quercia marina e poi prima di tornarsene via riempissero con le loro feci le spiagge. Questa spiegazione, riportata da Aristotele, fu ritenuta valida fino al 1800, quando i naturalisti scoprirono che posidonia era all'origine dei frutti e degli egagropili (le fibre aggrovigliate del suo detrito).

■ I prati e le praterie a fanerogame marine del Mediterraneo

Tra le cinque angiosperme marine che vivono in Mediterraneo solo *Posidonia oceanica* forma grandi praterie sommerse paragonabili a quelle terrestri delle regioni subtropicali. *Posidonia* per la sua morfologia, il tipo di crescita e l'estensione dei suoi sistemi è una vera e propria "specie ingegnere" o strutturante, costituisce cioè l'habitat di vita per altre specie alle quali fornisce spazi vitali, rifugio e risorse alimentari (analogamente ai coralli delle barriere coralline).
Le praterie coprono circa il 2% dei fondali del Mediterraneo, colonizzando circa 37.000 Km^2. La loro estensione e l'elevata densità fornicono alcuni "servizi" per l'ambiente, tra i quali: produzione di sostanza organica (biomassa) e di ossigeno, stabilizzazione dei fondali, limitazione all'erosione costiera e del fondale (attenuazione del moto ondoso), funzione di giardino d'infanzia (nursery) per molte specie con beneficio evidente anche per la pesca di specie ittiche di pregio.
Le quantità di anidride carbonica fissata e di ossigeno emesso per fotosintesi sono paragonabili a quelle di una prateria o di una foresta terrestri. La geometria delle praterie è in funzione delle correnti marine che dominano nei fondali dove si sviluppano: barriere litorali sul fondo di golfi e di baie; cordoni nei tratti di mare che coprono spazi tra isole e terre emerse; mosaici di chiazze in condizioni di debole idrodinamismo; colline e atolli in ambienti con correnti circolari. Le praterie filtrano i sedimenti sospesi nella colonna d'acqua e intrappolandoli fanno innalzare il fondale, e formano quello scalino denominato "matte", fino ad arrivare in superficie. Pertanto una barriera di posidonia difende il litorale dall'erosione, contribuisce al ripascimento delle spiagge e alimenta le dune litorali. Lo sviluppo e la stabilità delle praterie incrementano il ripopolamento dei fondali marini con animali di ogni genere e quindi anche di pesci che vi trovano cibo, rifugio e ambienti ideali per la riproduzione e la crescita dei piccoli (funzione di nursery). I pescatori che lavorano con attrezzi idonei alla piccola pesca costiera, catturano buona parte del pescato attorno alle praterie.
I fondali coperti da praterie di posidonia nelle varie regioni hanno ricevuto denominazioni differenti; Alghero, in Sardegna, prende il nome dalla distesa di posidonia (chiamata localmente alga, come nelle vecchie carte nautiche) nel mare antistante; il termine più ricorrente è "tressa" o "trezza" rispettivamente in Friuli Venezia Giulia e Sicilia dove il borgo marinaro, scenario dei Malavoglia di Verga, si chiama Acitrezza perché sito a ridosso di un posidonieto. La presenza delle praterie in mare è manifestata sulle rive da accumuli di foglie e rizomi alti anche qualche metro ed estesi per decine di metri. Questi depositi di resti di posidonie spiaggiate ospitano importanti comunità di organismi animali detritivori, di funghi e batteri che operano il riciclo fino alla mineralizzazione della sostanza organica e innescano la fertilizzazione della fascia costiera e una efficiente rete alimentare (vedi scheda a pag. 152).

Accumuli di vegetali spiaggiati

I depositi di foglie e rizomi spiaggiati si accumulano sui litorali e in passato erano considerati fonti di ricchezza e venivano utilizzati per imballare ceramiche, terrecotte e vetro, per le lettiere delle stalle e per la pacciamatura dei terreni agricoli. I frutti venivano mangiati in alcuni centri costieri dell'Africa del Nord o venivano dati insieme alle foglie come integratori alimentari per gli animali. Le praterie sono formazioni stabili e resistenti ai cambiamenti climatici, ma sono vulnerabili all'aratura della pesca a strascico praticata illegalmente sotto costa; danneggiano inoltre questo habitat le arature delle ancore di natanti. Anche l'inquinamento causato sia dalle acque reflue non depurate sia dalla discarica sul litorale di materiali residuati dalla demolizione di manufatti, di scarti di prodotti industriali, di plastiche residuali dalla copertura delle serre in agricoltura fanno morire le praterie.

ESCURSIONE SU UNA SPIAGGIA

Sulle spiagge antistanti golfi e baie che ospitano praterie a posidonia dopo le mareggiate, soprattutto in autunno e in inverno, si accumulano oltre ai resti di posidonia anche un gran numero di alghe e di animali sia bentonici sia pelagici. Si consiglia di scegliere giornate non soleggiate e le ore mattutine per trovare gli organismi non eccessivamente deteriorati. Oltre ai contenitori, ai liquidi fissatori e alle attrezzature già indicati, si consiglia di portare un rastrello per smuovere i primi 30-50 centimetri dei depositi accumulati per trovare campioni da raccogliere. Si suggerisce di assegnare a gruppi di tre-cinque alunni compiti differenziati: alcuni sceglieranno i resti di angiosperme, altri di alghe, altri di animali invertebrati, altri ancora di vertebrati e un gruppo raccoglierà resti curiosi di origine naturale o antropica. Dopo circa un'ora di raccolta i gruppi fisseranno i loro campioni, li etichetteranno e il docente fornirà loro alcune informazioni su origine e natura dei campioni. Portato tutto il materiale in laboratorio conviene mantenere sacchetti e barattoli in frigorifero per evitare deterioramenti e per conservare il più a lungo possibile osservabili i caratteri delicati e deteriorabili.

ORGANIZZAZIONE DELLE OSSERVAZIONI IN LABORATORIO

In laboratorio i gruppi apriranno i contenitori; i vegetali possono essere in parte conservati in un erbario, per la cui formazione potranno farsi assistere da un naturalista. I campioni vegetali che avanzano e che si vogliano osservare al microscopio devono essere messi in una vaschetta con acqua di mare (portata dall'escursione e riposta anche questa in frigo e al buio) o dentro un sacchetto

Fanerogame marine spiaggiate

Giuseppe Giaccone

Sulle spiagge sabbiose o sulle piattaforme basse delle coste rocciose si accumulano piccoli banchi (banquettes) o ammassi di resti spiaggiati di vegetali marini, in prevalenza di posidonia e di altre fanerogame marine. I resti vegetali sono formati da foglie intrecciate, da rizomi più o meno coperti dalle basi delle guaine fogliari, da palle di fibre aggrovigliate (egagropili marini) e in minore quantità da animali e da vegetali che vivono sopra e tra le piante sommerse. Questi resti vegetali sono utilizzati da comunità (facies) di animali generalmente detritivori che a loro volta alimentano gruppi di carnivori.

Negli ambienti sopralitorali soggetti agli spruzzi si distinguono due biocenosi: la biocenosi della porzione superiore degli ammassi spiaggiati a rapida disseccazione e la biocenosi della porzione inferiore di questi ammassi a lenta disseccazione. La prima è localizzata sulle spiagge di sabbie più o meno fini esposte a forte insolazione. La facies animale è caratterizzata dagli insetti *Phaleria provincialis*, *Cicindela* sp., *Bledius arenarius*, *B. juvencus*, *Tridactylus variegatus*, dall'aracnide *Arctosa perita*, dagli isopodi del genere *Porcellio*, dagli anfipodi *Talitrus saltator* e *Orchestia stephenseni*. La seconda si trova protetta dall'insolazione negli accumuli delle foglie morte di posidonia o tra le ghiaie delle spiagge. La facies animale di questa seconda biocenosi è caratterizzata da anfipodi del genere *Orchestia*, dagli isopodi *Tylos sardous* e *Halophiloscia couchii*, dai gasteropodi *Truncatella subcylindrica*, *Myosotella myosotis*, *Ovatella firmini* e *Auriculinella bidentata*, da chilopodi, cherneti, coleotteri, in particolare dal genere *Bledius*, da diversi ditteri e forficule. In particolare tra le foglie morte di posidonia abbondano le specie del genere *Orchestia* (*O. mediterranea*, *O. montagui*, *O. platensis*).

La porzione inferiore degli ammassi spiaggiati di fanerogame e di alghe ricade nel piano mesolitorale. Il popolamento animale che vi si insedia è considerano come una facies impoverita della biocenosi del detritico mesolitorale. I componenti sono essenzialmente i detritivori che si nutrono dei resti vegetali della porzione inferiore degli ammassi spiaggiati e i loro predatori. Si ritrovano tra gli anfipodi *Echinogammarus olivii*, *Allorchestes aquilinus*, tra gli isopodi *Sphaeroma serratum*, tra i decapodi *Pachygrapsus marmoratus*, tra i policheti *Perinereis cultrifera*. Molti di questi organismi si ritrovano anche nelle cavità delle formazioni calcaree costruite principalmente da alghe e molluschi nella zona di marea e del moto ondoso.

La biomassa spiaggiata è costituita principalmente dai resti di posidonia e rappresenta circa il 12% della produzione primaria della prateria che si sviluppa nell'ambiente sommerso antistante la spiaggia. Una parte di questa biomassa dopo l'utilizzazione da parte dei detritivori e l'attacco degli organismi decompositori viene mineralizzata dalla flora batterica e trasformata in sali nutritivi che fertilizzano la prateria sommersa. L'asportazione meccanica di questi ammassi spiaggiati per ricavarne spazi per gli stabilimenti balneari è vietata dalle norme vigenti.

Talitrus saltator

nero per evitare l'insorgere di eventi putrefattivi e fioriture di batteri e di alghe unicellulari. Se si vogliono osservare al microscopio ottico a luce trasmessa parti minute o sezioni è necessario preparare i vetrini. I campioni animali verranno messi in capsule Petri con acqua di mare e osservarti allo stereomicroscopio a luce riflessa.

Pisa sp. fra foglie di posidonia

Particolare attenzione deve essere posta a fare osservare e comprendere la biodiversità che caratterizza foglie e rizomi di posidonia. Per quanto concerne l'architettura della pianta si deve fare notare agli alunni che le foglie sono raggruppate in fascicoli di 5-7 foglie e che le foglie più esterne sono le più vecchie e quindi più epifitate con una maggiore copertura nelle porzioni medie e apicali perchè alla base la foglia ancora funzionante produce sostanze mucose che evitano la fissazione degli epibionti. Le foglie interne sono quasi prive di epibionti perchè più soggette ad uno stress meccanico. Inoltre si possono far notare, sulle foglie adulte, le chiazze scure di tannino che elaborano per ridurre la pressione degli erbivori. Si può fare notare la ricchezza di piccoli animali e alghe calcificate che rendono grigie le foglie e i reticoli di briozoi e idrozoi che attirano sulle foglie anche brucatori carnivori inclusi alcuni pesci. Sui rizomi si possono fare osservare le basi delle foglie che poi, cadendo, lasciano cicatrici disposte in modo alterno. Una lunghezza dei rizomi ortotropi (rizomi a crescita verticale) di 0,5-1 cm corrisponde a circa un anno di vita della pianta di posidonia, quindi un rizoma alto dieci centimetri ha da 5 a 10 anni. Tra i rizomi si possono trovare campioni plagiotropi (rizomi a crescita orizzontale) con gemma fogliare all'apice e radici avventizie nel tratto subapicale.

Una possibile esercitazione potrebbe essere quella di costruire con materiale da bricolage (cartoncini, rafia, legno di balsa ecc) un fascio di posidonia, in scala 1:1 (cioè un fascio di circa 1-1,5 m di lunghezza) e di collocare con disegni e figure presi da pubblicazioni, o con il materiale spiaggiato raccolto (piccoli mollusci, gusci di ricci ecc.) gli organismi nei vari comparti della pianta.

VISITA A UN ORTO BOTANICO, UN MUSEO E UN ACQUARIO MARINO

Per approfondire le tematiche illustrate in classe, si consiglia di concordare, con i responsabili di Orti botanici, Musei e Acquari marini, alcune visite guidate per osservare le piante acquatiche delle vasche degli Orti botanici, per vedere fogli di erbario di angiosperme e alghe marine e imparare le tecniche di preparazione, conservazione e schedatura e negli Acquari marini per osservare i vegetali che si coltivano per riprodurre, semplificati, gli habitat naturali per gli animali.

Bibliografia

AA. VV., 1991 - Falesie, grotte e praterie sommerse. Il mare della provincia di Sassari. La costa occidentale. *Pizzi Editore*, Sassari, 217 pp.
Una ricca documentazione fotografica illustra la costa e i fondali della Sardegna nord-occidentale.

ANPA, 2001 - La biodiversità nella regione biogeografica mediterranea. *Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente*, Roma.
Documento sulla biodiversità del Mediterraneo con particolare riguardo agli ecosistemi italiani, scritto da numerosi esperti. Articolato in sezioni monografiche e box che trattano di argomenti specifici, fornisce descrizioni di habitat, esempi di utilizzo da parte dell'uomo e iniziative per la tutela. Il materiale è consultabile anche on-line al sito www.anpa.it

BEDINI R., 2004 - Gli animali delle praterie a *Posidonia oceanica*: dai macroinvertebrati ai pesci. *Bandasch e Vivaldi Editori*. Pontedera, 154 pp.
Si tratta di un atlante per il riconoscimento delle specie viventi nei posidonieti, corredato da foto e disegni.

COGNETTI G., SARÀ M., MAGAZZÙ G., 2004 - Biologia Marina. *Calderini*, Bologna, 596 pp.
Il volume, articolato in 18 capitoli e corredato da una ricca iconografia, fornisce una panoramica ampia e aggiornata dell'ecosistema marino, dei rapporti degli organismi tra loro e con l'ambiente fisico, della biodiversità e dell'impatto delle attività umane sul mare.

DIVIACCO G., COPPO S., 2006 - Atlante degli Habitat marini della Liguria. Descrizione e cartografia delle praterie di *Posidonia oceanica*.
L'opera è divisa in due volumi. Il primo è descrittivo, il secondo, con la cartografia, tratta i principali habitat marini costieri della Liguria. Sono descritti in dettaglio i 26 SIC, caratterizzati soprattutto da fanerogame.

COSTA F., COSTA M., SAMPIETRO L., TURANO F., 2002 - Enciclopedia illustrata degli invertebrati marini. *Arbitrio Editori*, Scilla, 239 pp.
Ricca documentazione fotografica a colori dei principali invertebrati marini.

GIACCONE G., 1987 - Praterie sommerse, in RAINERO E., (ed.) Mare Nostrum. *Ed. Enrico Rainero*, Firenze.
Buon testo di rierimento per la descrizione delle praterie a fanerogame.

MINELLI A., CHEMINI C., ARGANO A., LA POSTA S., RUFFO A. (a cura di), 2002 - La fauna in Italia. *Touring Club Italiano e Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio*, Roma.
Aggiornata e completa trattazione della fauna d'Italia, con riferimenti ad aspetti legislativi e conservativi.

MINELLI A., RUFFO S., LA POSTA S., 1993-95 - Checklist delle specie della fauna italiana. *Calderini*, Bologna.
Elenca tutte le specie note della fauna italiana, rendendo possibile l'uso di una nomenclatura corretta e unificata. Disponibile anche on-line all'indirizzo http://checklist.faunaitalia.it L'aggiornamento per le specie marine è su http://www.sibm.it/CHECKLIST/principalechecklist.htm

MOJETTA A., GHISOTTI A., 1997 - Flora e Fauna del Mediterraneo. *Mondadori*, Milano, 318 pp.
Volume divulgativo con una ricca iconografia.

RIEDL R., 1991 - Fauna e flora del Mediterraneo. *Franco Muzzio Editore*, 778 pp.
Si tratta di un manuale con molti disegni e foto molto utili per l'identificazione delle principali specie.

TRAINITO E., 2005 - Atlante di flora e fauna del Mediterraneo. *Il Castello Editore*, Milano, 256 pp.
Una ricca serie di foto a colori utili per il riconoscimento di molte specie animali e vegetali.

Glossario

> Alloctone/Aliene: specie di altri areali arrivate spontaneamente o introdotte accidentalmente o volutamente dall'uomo.
> Agamica: riproduzione senza intervento di gameti (detta anche asessuata).
> Antere: la parte maschile del fiore. Sono foglie trasformate, generalmente portate da un lungo peduncolo detto filamento.
> Auricolate: forma ad orecchiette degli avvolgimenti membranosi delle guaine alla base delle foglie.
> Autoctono/a: specie originaria del territorio in cui vive o almeno presente in esso da lungo tempo. È il contrario di alloctono.
> Bionomia: settore dell'ecologia che studia la distribuzione degli organismi del benthos e i fattori che la regolano a varie scale spaziali.
> Carboidrati: molecole organiche formate da carbonio, idrogeno e ossigeno utilizzate dagli organismi per immagazzinare o utilizzare energia per le funzioni metaboliche.
> Cenosi/Cenotico: comunità di organismi legati da compatibilità nelle esigenze ambientali.
> Climax: stadio maturo e finale nell'evoluzione del manto vegetale in situazione di equilibrio, sotto l'influenza di fattori climatici o edafici.
> Composti fenolici: composti chimici del fenolo, una sostanza velenosa detta anche acido fenico presente nella parte legnosa delle piante anche allo stato di carbone fossile.
> Criptico: aspetto o colorazione, tale da rendere difficilmente visibile un animale sullo sfondo dell'ambiente in cui si trova.
> Crittogamiche: vegetali senza fiori e quindi con "nozze nascoste" cioè con elementi sessuali non evidenti e maturati in foglie non trasformate in elementi fiorali.
> Dioica: pianta che ha i fiori maschili separati da quelli femminili (cioè su due piante differenti).
> Epibenthos: vegetali e animali fissati sopra altri organismi (detti allora epibionti) o substrati non viventi
> Epifita: pianta o animale che si accresce su un'altra pianta.
> Eurialina: specie in grado di tollerare ampie variazioni della salinità.
> Eurifotica: specie in grado di tollerare ampie variazioni di intensità luminosa.
> Euriterma: specie in grado di tollerare ampie variazioni della temperatura.
> Eurivalenti: organismi che si adattano a condizioni variabili dei fattori ambientali.
> Eutrofizzazione: arricchimento dell'acqua con nutrienti necessari per l'accrescimento delle piante.
> Fitale: il termine equivale a vegetale e generalmente si dice fitale un sistema ecologico dove le condizioni ambientali sono favorevoli allo svolgimento della vita delle piante.
> Idrolizzano: eventi che inducono l'idrolisi, cioè la reazione chimica di scissione di un composto attraverso l'acqua.
> Ligula: lamina membranosa concava posta tra la base e il lembo della foglia.
> Lipasi: enzima che provoca l'idrolisi dei grassi.
> Maërl: formazione costituita da cospicui accumuli di alghe rosse calcaree ramificate (corallinacee), non fissate e libere di rotolare in un fondale marino mobile.
> Matte/Intermatte: formazione a terrazzo o scalino costituita dal complesso intreccio di rizomi, radici e sedimento compattato dovuta alla crescita di *Posidonia oceanica*. Nel tempo e nello spazio si alternano zone con mattes, intermatte e zone senza piante vive.
> Mesoerbivoro: organismo animale erbivoro (cioè che si nutre di vegetali), di dimensioni tali per cui l'ambiente di pascolo costituisce anche l'ambiente complessivo di vita (rifugio, riproduzione ecc.).
> Microstenoterma: comunità o organismo che esige ambienti con valori di temperatura costantemente bassi.
> Monoica: i fiori sono ermafroditi, cioè hanno la componente maschile e quella femminile sulla stessa pianta.
> Oligotipia: comunità di organismi caratterizzate da poche specie.
> Ortotropo: rizoma ad accrescimento sub-verticale delle angiosperme marine.
> Paucispecifico: attributo di popolamenti (biocenosi o associazione) formati da poche specie.
> Peliti: sedimenti fini tipici dei substrati fangosi (inferiore a 0,063 mm).
> Pericarpo: la buccia di un frutto.
> Plagiotropo: rizoma ad accrescimento suborizzontale delle angiosperme marine.
> Polifiletico: si dice di un gruppo di organismi non riconducibili ad un unico progenitore.
> Produttori primari: organismi capaci di organicare il carbonio (autotrofi), in genere i vegetali.
> Psammofilo: specie o insieme di specie (biocenosi, associazione, facies) che vivono su substrato sabbioso.
> Scleriti: microstrutture calcaree presenti nel tegumento delle oloturie (echinodermi), ma anche all'interno dei polipi di diversi cnidari.
> Semiamplessicauli: si dice di foglie o guaine fogliari solo in parte avvolgenti il fusto.
> Sospensivoro: organismo che si nutre di detrito "sospeso" nell'acqua.
> Tracheidi: vasi o canali conduttori dei liquidi nei vegetali formati da cellule vive e non morte come lo sono le trachee, caratterizzano i vegetali meno evoluti e le piante acquatiche tra i vegetali più evoluti.
> Velme: ambienti lagunari soggetti a emersioni e sommersioni nelle fasi di marea.

Indice delle specie

Acrocnida brachiata - 70
Aetea - 77, 80
Aetea anguina - 77, 80
Aetea lepadiformis - 77
Aetea sica - 77, 80
Aetea truncata - 77, 79, 83
Aglaophenia harpago - **76**, 77, 79, 81, 82, 88
Aglaophenia picardi - 78, 83
Aguglia - 107
Alicia mirabilis - **85**
Allorchestes aquilinus - 152
Alpheus dentipes - 68
Alvania - 57, 66
Alvania discors - 57
Alvania lineata - 57
Amathia lendigera - 83
Ampelisca pseudospinimana - 59
Amphipholis squamata - 70
Ampithoe helleri - 59
Anemone di mare - 108
Anemonia viridis - 108
Anfiosso - 27
Antalis vulgaris - 72
Antedon mediterranea - **53**, 62, **115**
Antennella secundaria - 78, 80, 82
Aora spinicornis - 59
Apherusa chiereghinii - 59
Aplidium conicum - **86**, 87
Apogon imberbis - 102
Arctosa perita - 152
Ascidia - 57, 58, 76, 78, 87
Astacilla mediterranea - 60
Asterina gibbosa - 61
Asterina pancerii - 61, **62**
Astropecten spinulosus - **56**
Athanas nitescens - 68
Atherina - 93
Atherina boyeri - 110
Attinia - 75, 78, **85**, **89**
Atylus - 68
Auriculinella bidentata - 152
Barracuda - **94**
Bavosa - 102
Bavosa gattorugine - 102
Bavosa ocellata - 111
Belone belone - 107
Berthella - 58
Bispira mariae - 86
Bittium - 66
Bittium latreilli - 58
Bittium reticulatum - 58, 62, 71
Bledius - 152
Bledius arenarius - 152
Bledius juvencus - 152
Blennius ocellaris - 111
Boga - 93, 94, 103
Bolinus brandaris - 66, 70
Boops boops - 93
Bothus podas - 102
Botrylloides leachi - 79
Botryllus schlosseri - 78
Bowerbankia imbricata - 83
Branchiostoma lanceolatum - 27
Branzino - 94, 95
Brissus unicolor - 73
Calcinus tubularis - **61**
Calliostoma laugeri - 66
Callista chione - **71**, 72
Calpensia nobilis - 83
Calyx nicaeensis - 85
Campanularia hincksi - 78
Campanularia volubilis - 89
Capitella - 73
Cappone ubriaco - 102
Caprella acanthifera - 59
Caprella acanthifera - 71
Carapus acus - 70
Castagnola - 93, 94, 102, 103
Caulerpa - 37, 38, 45, 46, 47, 48, 51, **114**, 121, **135**
Caulerpa prolifera - 30, **37**, 47
Caulerpa racemosa - **47**, 122, **133**
Caulerpa racemosa var. *cylindracea* - 37, 132
Caulerpa taxifolia - 37,132
Cavalluccio di mare - 101
Cefalo - 93
Celleporina caliciformis - 77
Cerithiopsis minima - 66
Cerithiopsis tubercularis - 66
Cerithium vulgatum - 66
Cernia bruna - 99
Cestopagurus timidus - 61, 68
Charonia lampas - 67
Chauvetia mamillata - 58
Chelidonichthys lastoviza - 102
Chondria mairei - 48
Chondrilla nucula - 85, 86
Chorizopora brongniartii - 77, 81
Chromis chromis - 93
Cibicides lobatulus - 78
Cicindela -152
Cistoseira - 48
Cladocora caespitosa - 86
Cladocoryne floccosa - 83
Cladonema radiatum - 78, **79**
Cladosiphon cylindricus - 48
Cladosiphon irregularis - 48
Clavelina lepadiformis - 87
Cleantis - 60
Cleantis prismatica - 67
Clibanarius erythropus - 68
Clytia hemisphaerica - 78, 81, 82, 89
Collarina balzaci - 77, 82
Columbella rustica - 58
Conger conger - 100
Coniglio scuro - **102**
Conus mediterraneaus - 66
Cordylophora caspia - 89
Coris julis - **95**
Corvina - **99**
Cuthona - 58
Cymodoce - 60
Cymodocea - 8, 9, 17, 45, 46, 53, 62, 63, 70, 71, 89, 129
Cymodocea nodosa - 8, **11**, 12, **16**, 17, **18**, 20, **21**, 24, 25, 30, 33, 37, 38, **46**, 47, 48, 50, 62, **68**, 73, 77, 88, 91, 110, 113, 124, 129, 139, 141, 142
Cymodocea serrulata - 17
Dente di cane - 76
Dentex dentex - **93**, 94
Dentice - **93**, 94
Dexamine spinosa - 59
Dicentrarchus labrax - 94
Didemnum coccineum - 87
Didemnum fulgens - **87**
Diplodus - 96, 97
Diplodus annularis - **97**
Diplodus puntazzo - 97
Diplodus sargus - **92**, 97
Diplodus vulgaris - 97, **106**
Diplosoma listerianum - 87
Disporella hispida - 77, 81
Donzella - **95**, 106, 111
Donzella pavonina - **95**, 111
Doto - 58
Dromia personata - 69
Dynamena disticha - 78, 81
Echinaster sepositus - **70**
Echinogammarus olivii - 152
Electra pilosa - 89
Electra posidoniae - **74**, 77, 79, 80, 81, 82, 89
Epinephelus marginatus - 99
Erosaria spurca - 66
Eubranchus - 58
Eudendrium - 88
Eudendrium simplex - 78, 81
Eunicella cavolini - **115**
Eunicella singularis - 86
Eusiroides dellavallei - 59
Exogone - 57, 62, 65
Fasolara - **71**, 72
Favorinus branchialis - 58
Fenestrulina joannae - 77, 79, 80
Fenestrulina malusii - 77
Flabellia petiolata - 48
Gaidropsarus mediterraneus - 100
Gaidropsarus vulgaris - 100

Galathea - 68, 69
Galathea bolivari - 61
Galathea squamifera - 61
Galletto pinnegialle - 100
Galletto rosso - 100
Gammarella fucicola - 71
Gammarus - 68
Gammarus aequicauda - 68
Gammarus crinicornis - 68
Gammarus subtypicus - 68
Gattuccio - 100
Ghiozzetto quagga - 102
Ghiozzo - 102, 105, 107
Ghiozzo bocca rossa - 102
Ghiozzo geniporo - 102
Ghiozzo go - 110, 111
Ghiozzo nero - 107, 108
Ghiozzo paganello - 102
Ghiozzo rasposo - 108
Gibberula - 66
Gibbula - 58
Gibbula ardens - **55**, 58
Gibbula umbilicalis - 58
Giglio di mare - 55, 62
Giraudia sphacelarioides - 48
Glans trapezia - 72
Glycymeris - 73
Gnathia - 60
Gobius bucchichi - 108
Gobius cruentatus - 102
Gobius geniporus - 102
Gobius niger - 107
Gobius paganellus - 102
Goniodoris - 58
Gorgonia - 86
Grongo - 100
Halecium pusillum - 78, 81, 82
Halimeda tuna - 99
Haliotis tuberculata - 66
Halocynthia papillosa - 87
Halophila - 47, 53
Halophila stipulacea - 8, 12, 14, **16**, **19**, 20, 24, 25, 36, 43, **44**, 47, 49, 71, 88, 111, **149**
Halophiloscia couchii - 152
Halopteris - 45
Haplopoma impressum - 77
Helicolenus dactylopterus - 111
Heteromastus filiformis - 73
Heteromysis riedli - 60
Hexaplex trunculus - 66, **70**
Hippocampus - 101
Hippolyte - 60
Hippolyte inermis - **60**
Holothuria polii - 70
Holothuria tubulosa - **69**, 70
Hyale schmidtii - 59
Hydrolithon - 61
Hymeniacidon perlevis - 85
Idotea baltica - 68
Idotea hectica - 60, 68
Iridia serialis - 78
Jania - 45
Janolus - 58
Janua pagenstecheri - 78
Jujubinus - 58, 66
Jujubinus exasperatus - 58, 62
Jujubinus gravinae - 62
Jujubinus striatus - 58, 62
Kefersteinia cirrata - 65
Kirchenpaueria pinnata - 83
Labrus - 95, 106
Labrus merula - 95
Labrus viridis - 95, **107**
Laetmonice hystrix - 65
Laomedea angulata - **88**, 89
Laomedea calceolifera - 89
Latterino - 93, 107, 110
Lepadogaster candollei - 101
Lepidopleurus cajetanus - 66
Leptochelia savignyi - 60, 63
Leptomysis - 60
Leptomysis buergii - 60
Leptomysis posidoniae - 60
Leucosolenia botryoides - 85
Leucosolenia variabilis - 85
Limnoria - 67
Limnoria mazzellae - 67
Lithognathus mormyrus - **108**
Lithophyllum - 51
Liza aurata - 93
Lucinella divaricata - 72, 73
Lunatia poliana - 72
Luria lurida - 66
Lysidice collaris - 66
Lysidice ninetta - **66**
Macropipus - 69
Maera inaequipes - 59
Maja - 69
Margaretta cereoides - **82**, 83
Marphysa fallax - 66
Marthasterias glacialis - 70
Melita hergensis - 68
Menola - **92**, 93, 103, 106
Mesophyllum - 51
Microporella ciliata - 77
Mimosella - 80
Mimosella gracilis - 77
Mimosella verticillata - 77, 81
Miniacina miniacea - 85
Monotheca obliqua - 77, 79, 80, 81, 82
Monotheca obliqua f. *typica* - 78
Monotheca obliqua f. *posidoniae* - 78
Mormora - **108**, 109
Motella comune - 100
Motella mediterranea - 100
Muggine - 93
Mullus barbatus - 100
Mullus surmuletus - 100
Muraena helena - 100
Murena - 100
Murice spinoso - 66
Murice tronco - 66
Mycale contarenii - 85
Myosotella myosotis - 152
Myriactula gracilis - 48
Myrionema orbiculare - 48
Mysidopsis gibbosa - 60
Nanozostera - 21, 53
Nanozostera noltii - 8, 12, **16**, 18, 19, **21**, 24, 25, 33, 39, 49, 51, 62, 88, 89, 73, 91, 107, 110, 124, 141
Nassarius incrassatus - 72
Nematonereis unicornis - **66**
Neodexiospira pseudocorrugata - 78
Nolella dilatata - 83
Nolella stipata - 83
Obelia dichotoma - 78, 89
Obelia geniculata - 78
Oblada melanura - 93, **109**, **123**
Occhiata - 93, **109**, 111, **123**
Octopus macropus - 67
Octopus vulgaris - **67**
Olindias phosphorica - 78
Oloturia - 55, 57, 68, **69**, 70
Opeatogenys gracilis - 101
Ophidiaster ophidianus - **54**, 70
Ophidion rochei - 100
Orata - 97, 107, 109
Orchestia - 152
Orchestia mediterranea - 152
Orchestia montagui - 152
Orchestia platensis - 152
Orchestia stephenseni - 152
Orecchia di mare - 66, 67
Orthopyxis asymmetrica - 77, 79, 80, 81, 82
Osmundaria volubilis - 48
Ovatella firmini - 152
Pachycordyle napolitana - 89
Pachycordyle pusilla - 77, 81, 82, 88
Pachygrapsus marmoratus - 152
Pagello fragolino - 97
Pagellus erythrinus - 97
Pagro - 106, 109
Pagrus pagrus - 106
Palaemon xiphias - 61
Parablennius gattorugine - 102
Paracentrotus - 69
Paracentrotus lividus - 61, 69, 132
Paractinia striata - 78, 81, 89
Paranemonia cinerea - **89**
Pariambus typicus - 63
Parophidion vassali - 100
Patata di mare - 87
Patinella radiata - 77
Pennatula - 75
Perchia - 96, 99, 106, 111
Perinereis cultrifera - 152
Pesce ago - **100**, 101, **105**, 110, 111
Pesce ago cavallino - 110
Pesce ago di rio - 110
Pesce lucertola - 102
Pesce pappagallo - **98**, 99, 102
Pesce prete - 102
Peyssonnelia squamaria - 48
Phaleria provincialis - 152
Phallusia mammillata - 87
Pherusella tubulosa - 77, 83
Pholoe minuta - 65
Phtisica marina - 59
Piede d'asino - 73

Pigna di mare - 87
Pileolaria militaris - 78
Pilumnus hirtellus - **64**
Pinna nobilis - **117**
Pisa - **153**
Pisidia longimana - 68
Plagiocardium papillosum - 72
Platynereis dumerilii - 57
Polpessa - 67, 69
Polpo - 57, **67**, 69
Polycera - 58
Polyophthalmus pictus - 57, 65
Pomatoschistus quagga - 102
Pontogenia chrysocoma - 65
Porcellio - 152
Posidonia - passim 6-155
Posidonia cretacea - 17, 147
Posidonia oceanica - passim 6-155
Posidonia parisiensis - 17
Potamogeton - 89
Processa - 61, **68**, 69
Processa edulis - 68
Protula tubularia - 87
Psammechinus microtuberculatus - 62, **63**, 70
Pusillina - 57, 66
Quercia marina - 149
Ramphostomellina posidoniae - 77
Re di triglie - 102, 108
Reteporella grimaldii - 83
Riccio di mare - **63**, **132**
Riccio di mare - 97
Riccio di prateria - 69
Riccio edule - 61, 69
Ricciola - 94, 95
Rissoa variabilis - 57
Rissoa ventricosa - 57
Rissoa violacea - 57
Rombo di rena - 102
Rosalina globularis - 78
Ruppia - 89
Ruppia cirrhosa - 8, 124
Ruppia maritima - 8, 124
Sabella pavonina - 86, 87
Sabella spallanzanii - **84**, 86
Sacchetto - 99
Salmacina dysteri - 87
Salpa - 14, **90**, **96**, 97, 99, 102, 106, 107, 109, 111, 132
Salvatoria - 65
Sarago - 96, **97**, 100
Sarago fasciato - **92**, **96**, 97, **106**, 107, 109, 111
Sarago maggiore - 97, 109
Sarago pizzuto - 97
Sargassi - 48
Sarpa salpa - **90**, 96, 132
Sciaena umbra - **99**
Sciarrano - 96, 99, 107, 111
Scolionema suvaense - 78
Scorfano - 69, 103
Scorfano di fondale - 111
Scorfano nero - **101**, 106, 111
Scorfano rosso - 101
Scorfanotto - 101
Scorpaena notata - 101
Scorpaena porcus - **101**
Scorpaena scrofa - 101
Scyliorhinus canicula - 100
Scyllarus arctus - 69
Sepia officinalis - 58, **59**
Sepiola - 58
Sepiola - 58
Seppia - 58, **59**
Seriola dumerili - 94
Serpula vermicularis - 87
Serranus cabrilla - 96
Serranus hepatus - 99
Serranus scriba - 96
Sertularella - 77, 81
Sertularella ellisii (= *S. gaudichaudi*) - 83
Sertularia distans - 83
Sertularia perpusilla - 77, 79, 80, 81, 82
Siganus luridus - **102**
Simplaria pseudomilitaris - 78
Siriella clausii - 60
Sogliola - 107
Sparaglione - 97, 106, 107, 109, 111
Sparisoma cretense - **98**, 99
Sparus auratus - 97
Spatangus purpureus - **73**
Spermothamnion flabellatum f. *bisporum* - 48
Sphaerechinus granularis - **52**, 69
Sphaeroma serratum - 152
Sphaerosyllis - 57, 62, 65
Sphyraena sphyraena - 94, 95
Sphyraena viridensis - **94**, 95
Spicara maena - **92**, 93
Spicara smaris - 93
Spigola - 94, 95
Spondyliosoma cantharus - **91**, 97
Succiascoglio - 101
Succiascoglio comune - 101
Succiascoglio verde - 101
Sycon raphanus - 85
Syllis - 57
Syllis columbretensis - 65
Syllis garciai - 65
Symphodus - 96, 106
Symphodus cinereus - 96, **111**
Symphodus doderleini - 96
Symphodus mediterraneus - 96
Symphodus melanocercus - 95
Symphodus ocellatus - 95
Symphodus roissali - 96
Symphodus rostratus - 96
Symphodus tinca - 95, **110**
Synchelidium haplocheles - 63
Syngnathus abaster - 110
Syngnathus acus - 101, **105**
Syngnathus typhle - **100**, 101
Synodus saurus - 102
Talitrus saltator - **152**
Tanuta - **91**, 97, 106
Tartufo di mare - 72
Tectonatica filosa - 72
Tellina - 73
Tellina balaustina - 72
Tendra zostericola - 89
Thalassoma pavo - **95**
Thoralus cranchii - 61
Tonno - 149
Tordo - 100, 106
Tordo codanera - 95, 96
Tordo fasciato - 96
Tordo grigio - 96, 107, 109, **111**
Tordo marvizzo - 95, **107**, 109
Tordo musolungo - 96, 111
Tordo nero - 95, 106
Tordo ocellato - 95, 106
Tordo pavone - 95, 96, 107, 109, **110**
Tordo rosso - 96, 106
Tordo verde - 96, 109
Trachinus - 102
Tracina - 102
Tricolia pullus- 58
Tricolia speciosa - 58
Tricolia tenuis - **58**
Tridactylus variegatus - 152
Triglia - 69, **135**
Triglia di fango - 100
Triglia di scoglio - 100, 106, 109, 111
Tritone - 67
Truncatella subcylindrica - 152
Tubulipora plumosa - 77
Turbicellepora magnicostata - 83
Tylos sardous - 152
Umbraculum mediterraneum - 66
Upogebia deltaura - 72
Uranoscopus scaber - 102
Venericardia antiquata - 72
Ventromma halecioides - 89
Venus verrucosa - 72
Verme di fuoco - 65
Verruca spengleri - 87
Verruca stroemia - 87
Zerro - 93, 103
Zostera - 8, 21, 53, 70, 89
Zostera marina - 8, 12, **16**, 18, **21**, 24, 25, 46, 47, 49, 62, 88, 107, 110, 113, 114, 124
Zosterisessor ophiocephalus - 110

Un vivo ringraziamento per la cortese
collaborazione a Giulia De Angelis,
Elisabetta Massaro, Sara Queirolo,
Andrea Serafini e Rossana Simoni.

Alcuni dati e figure sono stati rielaborati
dalle pubblicazioni di
Frankignoulle e collaboratori, 1984
Boudouresque e collaboratori, 2006

La Check-List di tutte le unità fitosociologiche
descritte validamente per il Mediterraneo
è riportata nei “Proceedings of the First
Mediterraneans Symposium on Marine
Vegetation (Ajaccio, 3-4 October 2000)”.

La responsabilità di quanto riportato nel testo,
nonché di eventuali errori ed omissioni, rimane
esclusivamente degli autori.

Il volume è stato realizzato con i fondi del
Ministero dell’Ambiente e della
Tutela del Territorio e del Mare.

Finito di stampare
nel mese di giugno 2008
presso la Graphic linea print factory - Udine

Printed in Italy