

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

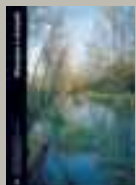
MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

MUSEO FRIULANO DI STORIA NATURALE · COMUNE DI UDINE

Quaderni habitat



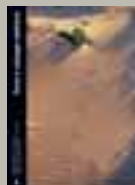
1
Grotte e
fenomeno
carsico



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



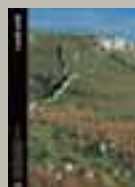
9
Le torbiere
montane



10
Ambienti
nivali



11
Pozze, stagni
e paludi



12
I prati aridi



13
Ghiaioni e
rupi di
montagna



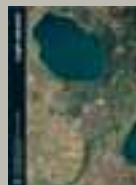
14
Laghetti
d'alta quota



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

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 km² (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



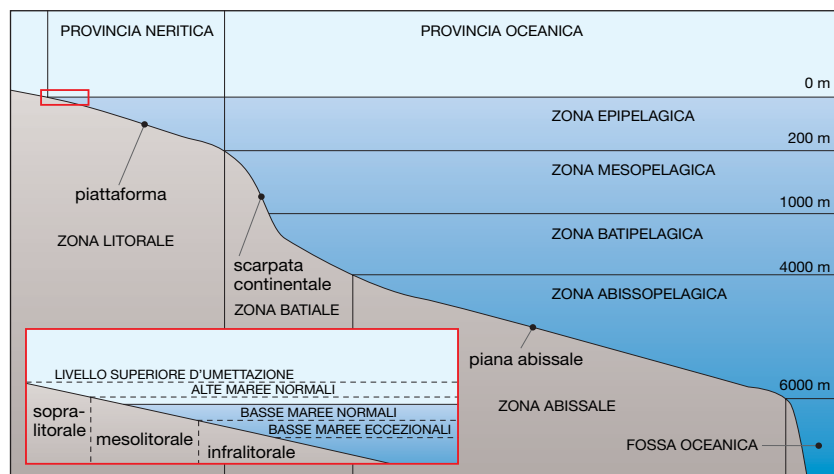
Egagropilo spiaggiato



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 rinvencono *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 mediterranee. 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 m² e quindi circa 2-10 t/ha per anno (per qualche autore fino a 2500 g ps/m²/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 la 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 m²/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

11

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,



Cymodocea nodosa

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 architetture 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*).

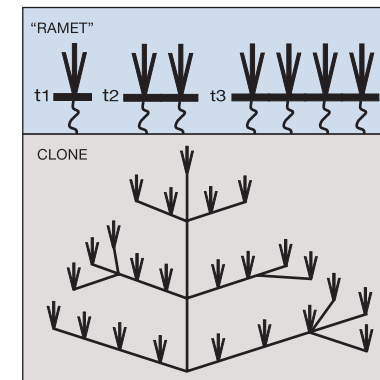
Si riportano alcune informazioni sintetiche sulla ecofisiologia delle angiosperme marine con alcuni approfondimenti su *Posidonia oceanica* che in Mediterraneo ricopre estese superfici della fascia costiera sommersa.

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 compartimenti cellulari nei vari tessuti della pianta.

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 florale, stilo e stim-



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

ma) dall'altra dalla capacità dello stigma 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

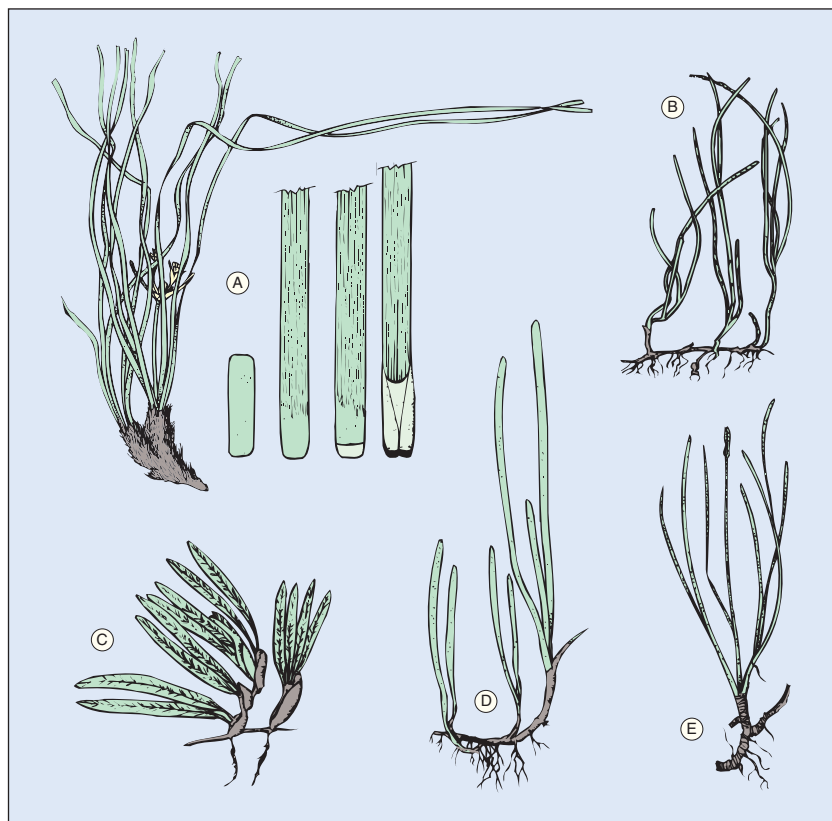
Corsica: si è ottenuto un tasso di fissazione di 61 micromole di carbonio e di emissione di 79 micromole di ossigeno per grammo di foglie secche decalcificate. Il quoziente fotosintetico è risultato di 1,29. Sempre su questa specie è stata calcolata una biomassa fogliare fino a 1640 g di peso secco per m²/anno e una biomassa per i rizomi fino a 5500 g di peso secco per m²/anno. La biomassa degli epifiti fogliari risulta fino a 420 g di peso secco per m²/anno. La produzione primaria delle foglie risulta oscillare tra 400 e 2500 g di peso secco per m²/anno, mentre quella degli epifiti tra 500 e 900 g di peso secco per m²/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 florale 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 km². 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).

Halophila stipulacea (dugong seagrass)

Fanerogama di piccole dimensioni dalle foglie ellittiche di 6 cm di lunghezza e di circa 1 cm 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.

Prato ad *Halophila stipulacea*

Chiave per il riconoscimento delle specie di fanerogame marine

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 brunastrati 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

presenti in Mediterraneo

Maria Cristina Buia · Giuseppe Giaccone

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

23

■ Premessa

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



Germogli di *Posidonia oceanica* in situ

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* spiaggiate: banchetti o banquettes

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.

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*



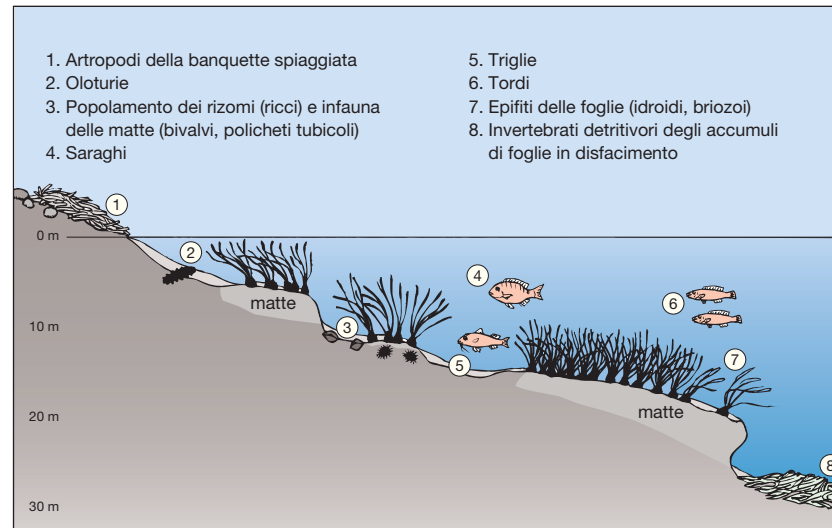
Posidonieto

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/m²) 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"

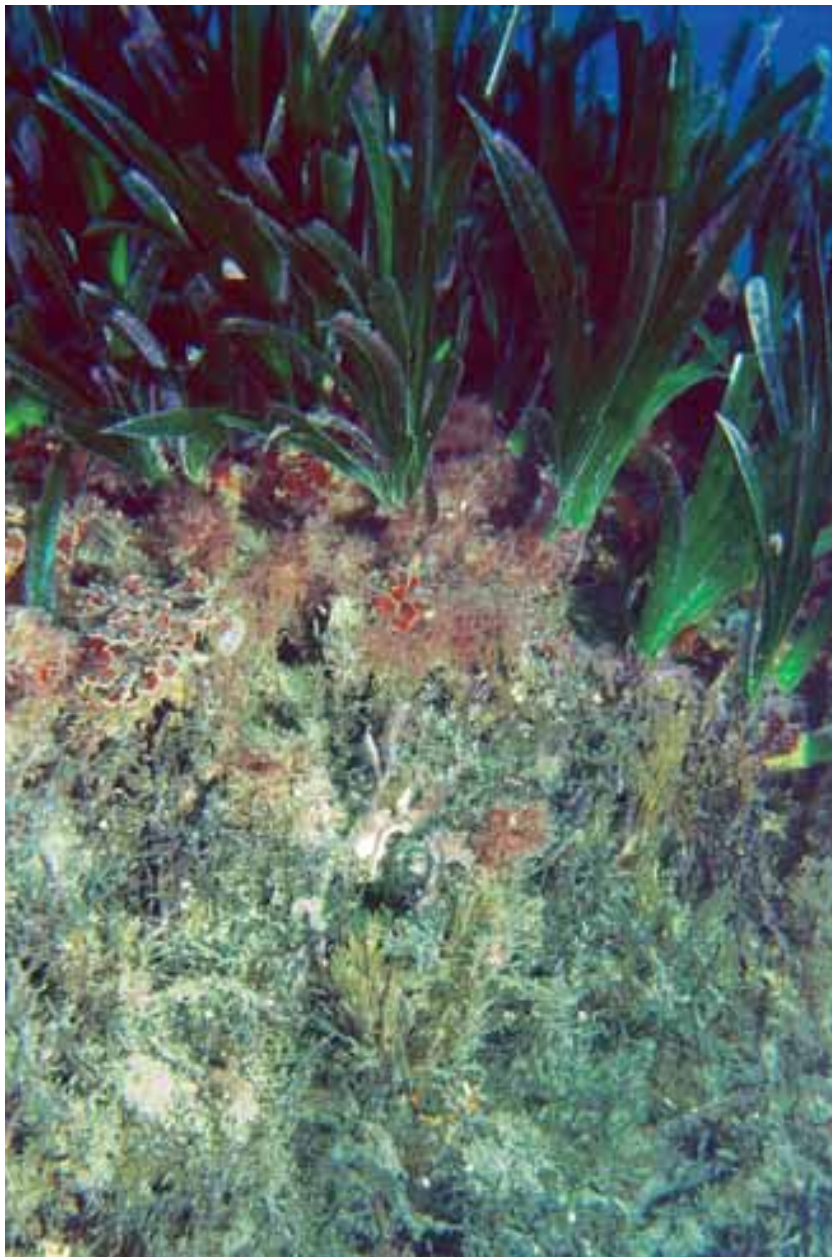
Le "intermatte" erosive sono delle sorte di marmitte dei giganti scavate nella "matte", di forma circolare od ovoidale. La loro origine è probabilmente dovuta a mulinelli di correnti che fanno roteare sul fondo eventuali pietre e sassi, distruggendo localmente la "matte".

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*



Rizomi ortotropi 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.

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 rinvencono 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.

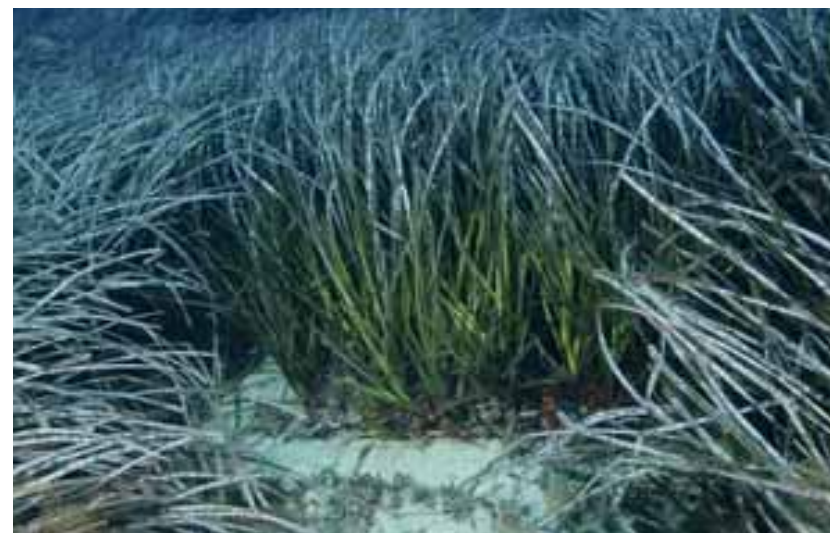
Le praterie a scalinata si sviluppano su fondi rocciosi relativamente ripidi, percorsi da correnti di fondo discendenti. L’origine è simile a quella della prateria tigrata. Bande di prateria, parallele fra loro, larghe da 0,5 a 3 m, rimontano il pendio, contro la corrente discendente. Dal lato a monte 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

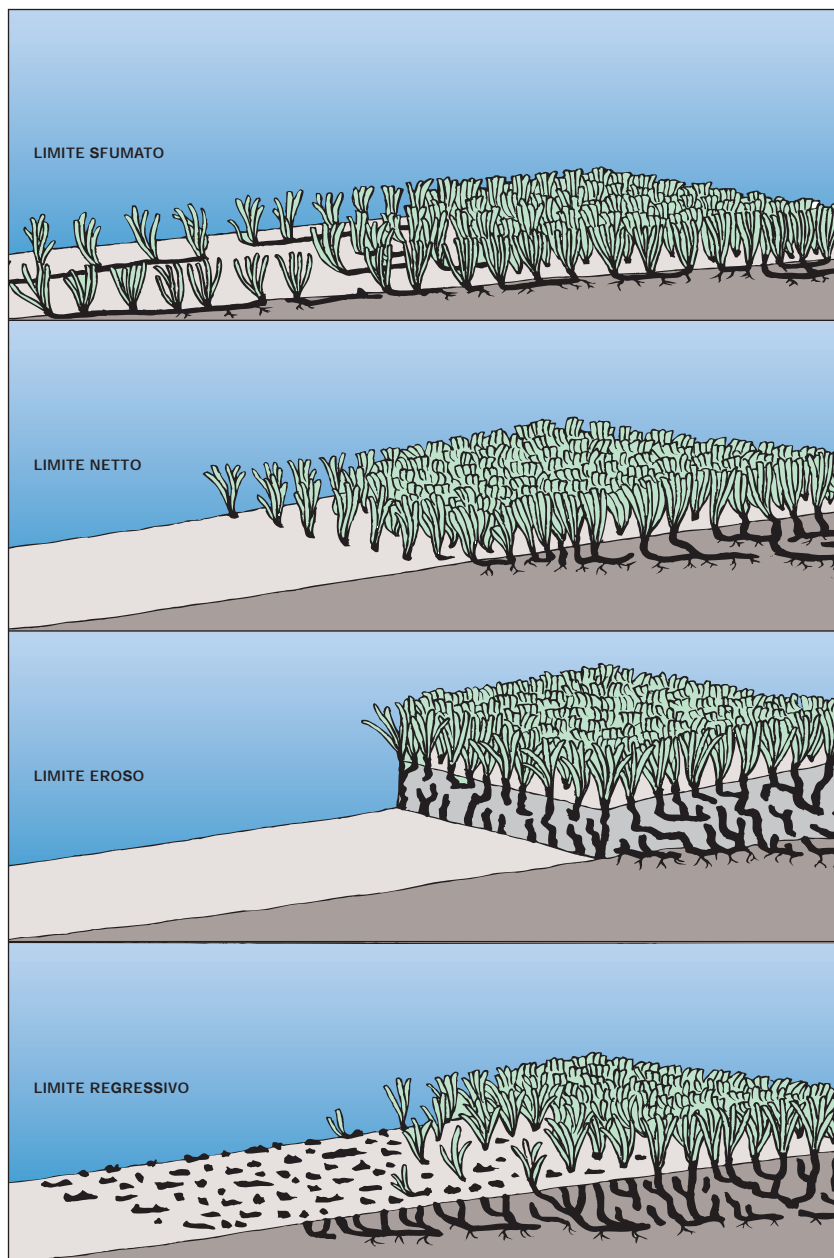
fra loro e anastomizzate, in leggerissimo rilievo, separate da bande di sabbia ricoprenti eventualmente della “matte” morta, anch’esse parallele fra loro. Si trovano solitamente all’ingresso di baie e nei passaggi tra isole vicine; la loro genesi, ancora non ben conosciuta, è forse legata a variazioni 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 sedimenti fanno in modo che col tempo la “matte” si elevi sino alla superficie. L’idro dinamismo 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 oceanica* 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.

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 mitilcolture. 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-



Limite regressivo di posidonieto

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/m²; 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 posidonie a partire da una certa profondità. Si osservano facilmente al largo di spiagge dove sono state effettuate scariche 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.

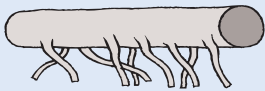
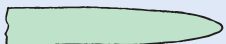

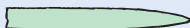

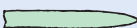
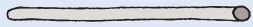
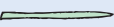
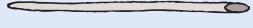

Mentre fenomeni regressivi si possono osservare a qualsiasi batimetria e in corrispondenza di qualunque tipologia di limite, il limite sfumato non si trova generalmente né come limite superiore né come limite interno di una prateria. Il limite netto, sia naturale sia regressivo, è quello che si presenta 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 posidonie e di altri prati 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*).

	RIZOMI scala temporale (anni / mesi)	FOGLIE scala temporale (mesi / giorni)
<i>Posidonia oceanica</i>		
<i>Zostera marina</i>		
<i>Cymodocea nodosa</i>		
<i>Nanozostera nolii</i>		
<i>Halophila stipulacea</i>		

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 ele-



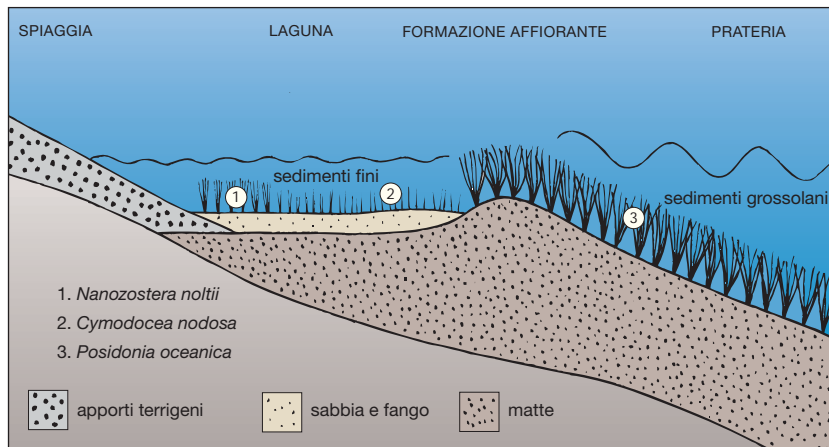
Caulerpa prolifera su "matte" morta di posidonia

vata 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.

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 altamente 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*



Gli ancoraggi causano gravi danni al posidonieto

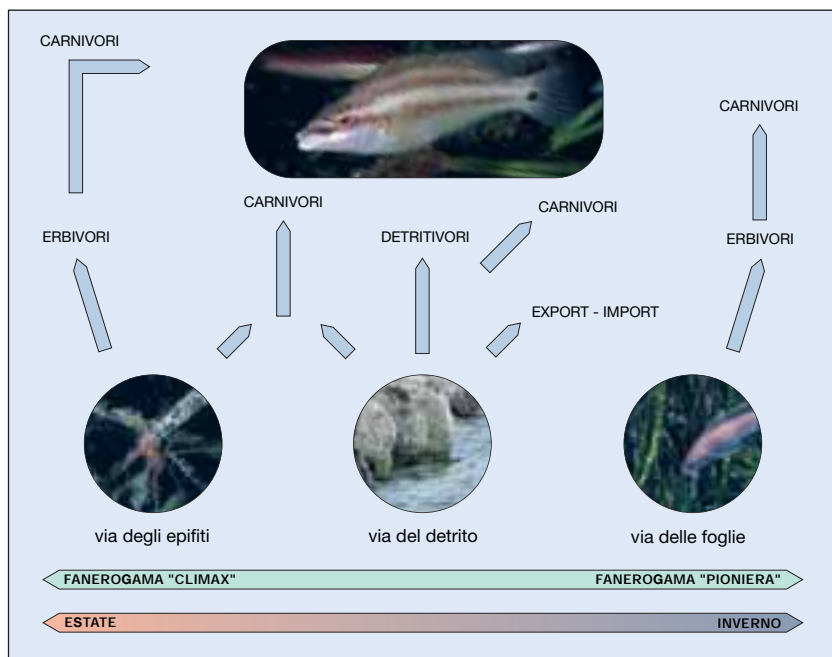
una maggiore resistenza a forzanti esterni, a cui al contrario sono soggette piccole specie come *Nanozostera noltii*, che hanno fluttuazioni stagionali molto marcate. Anche le variazioni della biomassa epigea (rappresentata cioè dai ciuffi fogliari) hanno effetti importanti sul funzionamento del sistema. 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.

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.

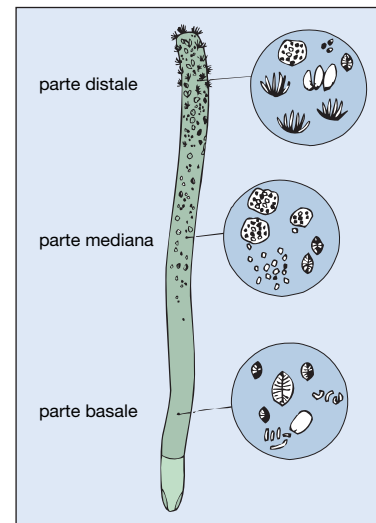
Al momento non ci sono molti studi che evidenziano come i cambiamenti strutturali e funzionali della prateria incidano sulla composizione e struttura delle comunità associate. In generale si è osservato che nelle praterie soggette a forti variazioni stagionali, come quelle formate dalle piccole fanerogame, 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.

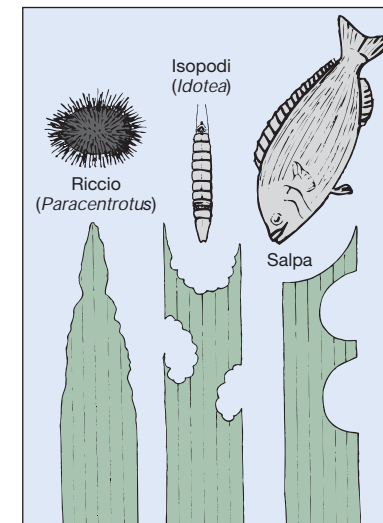
La rete trofica che si instaura in questi sistemi è quindi regolata da relazioni multiple, variabili su scala sia spaziale sia temporale, e che dipendono dalla fanerogama, dagli epifiti, dagli erbivori e dagli altri consumatori. È possibile evidenziare tre tipologie di flusso di materia ed energia in 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

43

■ Premessa

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'avvicinarsi delle fasi iniziali e mature di occupazione del suolo da parte del manto vegetale.



Radici di *Posidonia oceanica*

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 formate 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 nolii* 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

■ I popolamenti ad angiosperme marine del Mediterraneo

***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, semiamplexicauli, 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*

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 varia-

***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

re 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 volubi-*

lis. 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 Boudouresque 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 "Pecoralligeno" 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 <i>Posidonia oceanica</i>	associazione a <i>Cymodocea nodosa</i>	associazione a <i>Nanozostera noltii</i>	associazione a <i>Zostera marina</i>	aggruppamento a <i>Halophila stipulacea</i>
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 dissalate al 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 <i>Caulerpa</i> 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 gene-

ralmente 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, canali 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, posso-

no 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 treccia 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)