

# INDICE

<b>Premessa alla terza edizione</b> .....	XI	2.6.1	Adattamento all'esposizione all'aria .....	46
<b>Introduzione</b> .....	XIII	<b>2.7</b>	<b>Adattamento alla salinità</b> .....	47
<b>Ringraziamenti</b> .....	XV	<b>2.8</b>	<b>Adattamento alla pressione</b> .....	50
<b>L'Editore e l'Autore ringraziano</b> .....	XVI	<b>2.9</b>	<b>Adattamento alla luce</b> .....	51
<b>CAPITOLO 1</b>		<b>2.10</b>	<b>Visione, bioluminescenza, sistemi di ricezione</b> .....	52
<b>L'AMBIENTE MARINO</b> .....	3	<b>2.11</b>	<b>Conducibilità elettrica</b> .....	55
<b>1.1 I fondali oceanici</b> .....	5	<b>2.12</b>	<b>Comunicare e produrre suoni in acqua</b> .....	55
<b>1.2 Proprietà e caratteristiche dell'acqua di mare</b> .....	9	<b>RIPASSO</b> .....		58
1.2.1 Proprietà dell'acqua di mare determinate dai legami idrogeno .....	9	<b>CAPITOLO 3</b>		
1.2.2 Proprietà dell'acqua di mare determinate dalla salinità .....	10	<b>LA BIODIVERSITÀ MARINA</b> .....		59
<b>1.3 Densità</b> .....	11	<b>3.1 Evoluzione della biodiversità marina</b> .....		61
<b>1.4 Il mare: una biosfera dinamica</b> .....	12	<b>3.2 Meccanismi di speciazione in mare</b> ..		61
<b>1.5 Misurare le variabili ambientali in mare</b> .....	15	<b>3.3 Biodiversità nei processi storici</b> .....		66
<b>1.6 Mare e terra a confronto</b> .....	18	3.3.1 Le popolazioni animali marine nella storia dell'Uomo .....		67
<b>MARE E TERRA A CONFRONTO</b> .....	21	<b>3.4 Quantificare la biodiversità degli organismi marini</b> .....		70
<b>RIPASSO</b> .....	22	3.4.1 Definizioni di biodiversità .....		70
<b>CAPITOLO 2</b>		3.4.2 Definizione dei diversi livelli di biodiversità .....		70
<b>ADATTAMENTI E SPECIALIZZAZIONE DEGLI ORGANISMI MARINI</b> .....	23	3.4.3 Confronto tra biodiversità marina e terrestre .....		71
<b>2.1 La taglia degli organismi marini</b> .....	25	3.4.4 Misure di biodiversità .....		74
<b>2.2 Il galleggiamento</b> .....	25	<b>3.5 Processi che controllano la distribuzione della biodiversità marina</b> .....		76
<b>2.3 Assetto, locomozione e dispersione</b> ..	30	3.5.1 Punti caldi ( <i>hotspot</i> ) di biodiversità .....		76
<b>2.4 Strutture di sostegno e protezione</b> ..	32	3.5.2 Gradiente latitudinale di biodiversità .....		77
2.4.1 Organismi biocostruttori .....	34	3.5.3 Gradiente longitudinale di biodiversità tropicale .....		78
<b>2.5 Alimentazione, metabolismo e adattamento alla temperatura</b> .....	34	3.5.4 <i>Pattern</i> batimetrici di biodiversità marina .....		78
<b>2.6 Modalità di utilizzo dell'ossigeno</b> .....	43	<b>3.6 Biogeografia marina</b> .....		79

3.6.1	Biogeografia terrestre e biogeografia marina .....	79
3.6.2	Regioni biogeografiche .....	79
3.6.3	Biogeografia del Mediterraneo .....	81
3.7	<b>Teorie evolutive per il mantenimento della biodiversità</b> .....	83
3.8	<b>Relazione tra biodiversità e funzionamento degli ecosistemi marini</b> .....	84
	<b>RIPASSO</b> .....	88

## CAPITOLO 4

**BIODIVERSITÀ ED ECOLOGIA DEL BENTHOS**

4.1	<b>Plancton e <i>benthos</i> a confronto</b> .....	91
4.2	<b>Campionamento del <i>benthos</i></b> .....	91
4.3	<b>Classificazione del <i>benthos</i> per taglia</b> .....	93
4.3.1	Femtobenthos .....	95
4.3.2	Picobenthos .....	98
4.3.3	Nanobenthos .....	99
4.3.4	Microbenthos .....	100
4.3.5	Meiobenthos (Meiofauna) .....	101
4.3.6	Macrobenthos e megabenthos .....	103
4.3.7	Macrofitobenthos (macrofite) .....	105
4.4	<b>Classificazione del <i>benthos</i> animale per tipi di alimentazione</b> .....	106
4.5	<b><i>Benthos</i> di fondi duri e fondi mobili a confronto</b> .....	108
4.5.1	Il <i>benthos</i> di fondi mobili .....	109
4.5.2	Interazioni del <i>benthos</i> con il substrato mobile .....	109
4.6	<b>Il <i>benthos</i> nello spazio e nel tempo</b> ..	111
4.7	<b>La bionomia bentonica</b> .....	113
4.8	<b>Zonazione del <i>benthos</i></b> .....	113
4.8.1	Zonazione del <i>benthos</i> secondo il modello di Pérès e Picard .....	114
4.8.2	Zonazione del <i>benthos</i> secondo Riedl .....	115
	<b>RIPASSO</b> .....	120

## CAPITOLO 5

**BIODIVERSITÀ ED ECOLOGIA DEL PLANCTON**

5.1	<b>Gli organismi del plancton</b> .....	123
5.2	<b>Campionamento del plancton</b> .....	124
5.3	<b>Classificazione basata sulla distribuzione del plancton lungo la colonna d'acqua</b> .....	126

5.4	<b>Classificazione del plancton basata sul ciclo vitale</b> .....	127
5.5	<b>Classificazione del plancton basata sulle classi di taglia</b> .....	129
5.4.1	Virioplancton .....	129
5.4.2	Picoplancton .....	132
5.4.3	Nanoplancton .....	135
5.4.4	Microplancton .....	135
5.4.5	Mesozooplancton .....	136
5.4.6	Macro e mega-zooplancton .....	137
5.5	<b>Abbondanza delle diverse componenti del plancton a confronto</b> .....	138
5.6	<b>Distribuzione del plancton</b> .....	138
5.6.1	Esempio di distribuzione del plancton su macroscale controllata da fattori fisici: El Niño .....	139
5.6.2	Esempio di distribuzione del plancton su piccola scala: le migrazioni verticali .....	140
5.7	<b>Ecologia del plancton</b> .....	144
5.7.1	Come fanno a coesistere tante specie fitoplanctoniche in un volume d'acqua: Omaggio a Santa Rosalia .....	146
5.7.2	Modalità nutrizionali nello zooplancton .....	147
	<b>RIPASSO</b> .....	149

## CAPITOLO 6

**BIODIVERSITÀ ED ECOLOGIA DEL NECTON E MAMMIFERI MARINI**

6.1	<b>Principali organismi e caratteristiche del necton</b> .....	153
6.1.1	Pesci .....	154
6.1.2	Osteitti .....	154
6.1.3	Pattern di biodiversità .....	156
6.2	<b>Campionamento del necton</b> .....	157
6.3	<b>Ecologia del necton</b> .....	159
6.3.1	Formazione di banchi .....	159
6.3.2	Elasmobranchi – classe dei condroitti ..	160
6.3.3	Cefalopodi .....	163
6.3.4	Ecologia dei cefalopodi .....	164
6.4	<b>Rettili marini</b> .....	165
6.5	<b>Uccelli marini</b> .....	169
6.6	<b>Mammiferi marini</b> .....	170
6.6.1	Sirenidi .....	171
6.6.2	Carnivori .....	171
6.6.3	Cetacei .....	173
6.7	<b>Grandi migrazioni del necton</b> .....	175
6.7.1	Ruolo dei predatori apicali del necton nelle reti trofiche .....	181
	<b>RIPASSO</b> .....	186



## CAPITOLO 7

**FUNZIONAMENTO  
DEGLI ECOSISTEMI**

<b>7.1 Processi intraspecifici</b>	189
7.1.1 Cicli vitali e riproduzione	189
7.1.2 Forme di resistenza e <i>benthic-pelagic coupling</i>	194
7.1.3 Produzione primaria	197
7.1.4 Produzione secondaria	203
<b>7.2 Processi extraspecifici</b>	206
7.2.1 Materia organica e detrito in mare	206
7.2.2 La materia organica disciolta in mare (dom)	210
<b>7.3 L'accoppiamento pelago-bentonico (<i>pelagic-benthic coupling</i>)</b>	211
7.3.1 Conseguenze dell'export di materia organica al fondo	217
<b>RIPASSO</b>	220

## CAPITOLO 8

**INTERAZIONI INTERSPECIFICHE  
E CASCATE TROFICHE**

<b>8.1 Processi interspecifici</b>	223
8.1.1 Predazione	223
8.1.2 Competizione	227
8.1.3 Facilitazione e cooperazione	229
8.1.4 Simbiosi	231
8.1.5 Parassitismo	235
8.1.6 Malattie degli organismi marini	237
8.1.7 Malattie dei coralli	237
<b>8.2 Processi di interazioni complessive: reti e cascate trofiche</b>	239
8.2.1 Reti trofiche	239
8.2.2 Rete trofica del detrito	241
8.2.3 Il circuito microbico ( <i>microbial loop</i> )	242
8.2.4 Il circuito virale ( <i>viral shunt</i> )	243
8.2.5 Controllo <i>BOTTOM UP</i> delle reti trofiche	244
8.2.6 Controllo <i>TOP DOWN</i> delle reti trofiche	246
8.2.7 Controllo MISTO «a vita di vespa»	246
8.2.8 Le specie-chiave ( <i>keystone</i> )	247
8.2.9 Cascate trofiche	247
<b>8.3 Biodiversità e servizi ecosistemici</b>	252
<b>RIPASSO</b>	254

## CAPITOLO 9

**ECOSISTEMI COSTIERI**

<b>9.1 Lagune: ambienti di transizione tra terra e mare</b>	257
---	-----

9.1.1 Distribuzione e conformazione degli ambienti di transizione	257
9.1.2 Ecologia delle lagune costiere	257
9.1.3 Modelli di ecologia e funzionamento delle lagune costiere	259
9.1.4 Biodiversità delle lagune	262
<b>9.2 Intertidale roccioso</b>	263
9.2.1 Strategie di sopravvivenza in ambiente intertidale	264
9.2.2 Produttori primari dell'intertidale	265
9.2.3 Zonazione nell'intertidale	267
9.2.4 Competizione nei fondi duri dell'intertidale	270
9.2.5 Consumatori nell'intertidale	270
9.2.6 Dislocazione di nicchia per limitare gli effetti della competizione	270
9.2.7 Predazione in ambiente intertidale e l'ipotesi del disturbo intermedio	271
9.2.8 Le specie chiave	272
9.2.9 Reti trofiche nell'intertidale	273
9.2.10 Confronto tra ambienti intertidali a fondi duri ed a fondi mobili	274
<b>9.3 Il subtidale roccioso</b>	275
9.3.1 Effetto delle variabili fisiche e del disturbo sui popolamenti bentonici	275
9.3.2 Fattori biotici	276
9.3.3 Il coralligeno del Mediterraneo	277
<b>9.4 Le grotte sottomarine</b>	279
9.4.1 Biodiversità delle grotte	282
9.4.2 Adattamenti negli invertebrati marini alla vita nelle grotte	282
9.4.3 Reti trofiche e funzionamento delle grotte marine	282
<b>9.5 Foreste di macrofite</b>	283
9.5.1 Foreste di <i>kelp</i>	283
9.5.2 Biodiversità associata al <i>kelp</i>	285
9.5.3 Reti trofiche	286
9.5.4 Foreste di macroalghe nel Mediterraneo	287
<b>ECOSISTEMI COSTIERI A CONFRONTO</b>	288
<b>RIPASSO</b>	289

## CAPITOLO 10

**ECOSISTEMI DELLE SCOGLIERE  
CORALLINE, PRATERIE DI  
FANEROGAME E MANGROVIETI**

<b>10.1 Scogliere coralline (<i>Coral reef</i>)</b>	293
10.1.1 Zonazione all'interno di una scogliera corallina ( <i>coral reef</i> )	293

10.1.2	Tipologie di scogliere coralline .....	294	11.5.1	Biodiversità ed adattamenti .....	342	
10.1.3	Teorie della formazione dei <i>reef</i> corallini	294	11.5.2	Nanismo e gigantismo abissale .....	344	
10.1.4	Caratteristiche dei coralli costruttori .....	295	11.5.3	Funzionamento dei sistemi abissali .....	346	
10.1.5	Riproduzione dei coralli .....	296	11.6	<b>Fosse oceaniche</b> .....	346	
10.1.6	Alimentazione dei coralli e simbiosi con zooxantelle .....	297	11.6.1	Biodiversità adale .....	347	
10.1.7	Principali fattori limitanti per la crescita dei coralli .....	299	<b>ECOSISTEMI MARINI PROFONDI A CONFRONTO</b> .....		350	
10.1.8	Biodiversità delle scogliere coralline .....	299	<b>RIPASSO</b> .....		351	
10.1.9	Funzionamento delle scogliere coralline e reti trofiche .....	303	<b>CAPITOLO 12</b>			
10.1.10	Consumatori primari .....	304	<b>ECOSISTEMI ESTREMI CHEMIOSINTETICI</b> .....			353
10.1.11	Deposivori/Detritivori .....	304	12.1	<b>Introduzione</b> .....	355	
10.1.12	Consumatori secondari .....	304	12.2	<b>Oasi idrotermali profonde (<i>Hydrothermal vents</i>)</b> .....	355	
10.1.13	Consumatori terziari .....	304	12.2.1	Biodiversità associata agli <i>hydrothermal vents</i> profondi .....	357	
10.1.14	La competizione per lo spazio nei <i>reef</i> corallini .....	305	12.2.2	Funzionamento degli ecosistemi a <i>hydrothermal vents</i> .....	359	
10.1.15	Interazioni tra scogliere coralline con gli ecosistemi adiacenti .....	305	12.3	<b>Ecosistemi con sorgenti di idrocarburi (<i>Cold seeps</i>)</b> .....	363	
10.2	<b>Praterie di fanerogame</b> .....	305	12.3.1	Biodiversità dei <i>cold seeps</i> e organismi simbionti .....	366	
10.2.1	Biodiversità associata alle fanerogame ..	314	12.3.2	Funzionamento dei sistemi con emissioni fredde di idrocarburi .....	367	
10.2.2	Funzionamento .....	315	12.4	<b>Habitat di carcasse di grandi cetacei (<i>whale carcass</i>)</b> .....	368	
10.3	<b>Mangrovieti</b> .....	316	12.4.1	Biodiversità .....	369	
10.3.1	Biodiversità associata alle mangrovie ...	319	12.4.2	Funzionamento dei sistemi a carcassa di balena .....	371	
10.3.2	Funzionamento degli ecosistemi a mangrovia .....	320	12.4.3	Affinità delle comunità dei <i>vents</i> e dei <i>seeps</i> con le comunità sulfidofiliche .....	373	
<b>ECOSISTEMI COSTIERI TEMPERATI- CALDI A CONFRONTO</b> .....		322	12.5	<b>Sistemi ipossici e anossici (<i>dead zones</i>)</b> .....	373	
<b>RIPASSO</b> .....		322	12.5.1	Zone a minimo di ossigeno ( <i>Oxygen Minimum Zones</i> , OMZ) .....	375	
<b>CAPITOLO 11</b>			12.5.2	Bacini anossici .....	376	
<b>ECOSISTEMI MARINI PROFONDI</b> .....		323	12.5.3	Sistemi ipersalini anossici .....	377	
11.1	<b>Introduzione</b> .....	325	<b>ECOSISTEMI ESTREMI CHEMIOSINTETICI A CONFRONTO</b> .....			379
11.1.1	Biodiversità degli ambienti profondi. La teoria azoica di Forbes per gli ambienti profondi .....	325	<b>RIPASSO</b> .....			380
11.1.2	L'origine della fauna profonda .....	327	<b>CAPITOLO 13</b>			
11.1.3	Meccanismi di generazione e mantenimento della biodiversità profonda .....	328	<b>ECOSISTEMI POLARI</b> .....			381
11.1.4	Metabolismo e funzionamento degli ecosistemi profondi .....	329	13.1	<b>Introduzione</b> .....	383	
11.1.5	Habitat marini profondi .....	331	13.2	<b>L'Ecosistema Artico</b> .....	384	
11.2	<b>Canyon sottomarini</b> .....	332	13.2.1	Biogeografia e caratteristiche .....	384	
11.2.1	Biodiversità .....	333	13.2.2	Biodiversità .....	385	
11.2.2	Funzionamento .....	333	13.2.3	Biodiversità all'interno del ghiaccio marino .....	385	
11.3	<b>Montagne sottomarine</b> .....	335				
11.3.1	Biodiversità delle montagne sottomarine	337				
11.4	<b>Coralli profondi</b> .....	340				
11.5	<b>Piane abissali</b> .....	342				



13.2.4	Biodiversità pelagica .....	387
13.2.5	Pesci .....	390
13.2.6	Mammiferi marini .....	391
13.2.7	Biodiversità bentonica .....	391
13.2.8	Reti trofiche e funzionamento degli ecosistemi Artici .....	394
<b>13.3</b>	<b>Antartide</b> .....	394
13.3.1	Zonazione, estensione e dimensioni .....	394
13.3.2	Habitat antartici .....	398
13.3.3	Biodiversità .....	401
13.3.4	Uccelli e Mammiferi .....	404
13.3.5	Reti trofiche e funzionamento .....	405
	<b>ECOSISTEMI POLARI A CONFRONTO</b> .....	408
	<b>RIPASSO</b> .....	408

## CAPITOLO 14

**IMPATTI SUGLI ORGANISMI E SUGLI ECOSISTEMI MARINI** .....

<b>14.1</b>	<b>Definizioni</b> .....	411
<b>14.2</b>	<b>La perdita di biodiversità e le specie aliene</b> .....	412
14.2.1	Specie aliene, criptogeniche e invasioni biologiche .....	416
14.2.2	Le specie aliene nel Mediterraneo .....	418
<b>14.3</b>	<b>Impatto della pesca</b> .....	421
14.3.1	La pesca eccessiva ( <i>overfishing</i> ) e l'impatto sulle reti trofiche .....	421
14.3.2	La scomparsa dei grandi organismi dagli oceani .....	422
<b>14.4</b>	<b>Estrazione di materie prime da ecosistemi marini</b> .....	424
<b>14.5</b>	<b>Eutrofizzazione, distrofia, mucillagini e fioriture tossiche</b> .....	424
14.5.1	Inquinamento da carichi organici .....	426
<b>14.6</b>	<b>Inquinamento da contaminanti</b> .....	427
14.6.1	Impatto degli idrocarburi .....	427
14.6.2	Inquinamento da metalli pesanti .....	428
14.6.3	Inquinamento da micro-inquinanti .....	428
<b>14.7</b>	<b>L'alterazione dell'ambiente marino e la distruzione degli habitat</b> .....	429
14.7.1	Distruzione delle foreste di <i>kelp</i> (fucò) ..	430
14.7.2	Impatti sulle scogliere coralline .....	430
14.7.3	Perdita di praterie di fanerogame .....	431
14.7.4	Distruzione dei mangrovieti .....	431
14.7.5	Alterazione degli estuari e acque costiere .....	432
14.7.6	Impatti sugli ambienti profondi .....	433

<b>14.8</b>	<b>Rifiuti domestici, <i>dumping</i> e rumore</b> .....	434
14.8.1	La spazzatura .....	434
14.8.2	La plastica in mare .....	435
14.8.3	Lo scarico di materiali tossici e radioattivi .....	436
14.8.4	Impatto del rumore .....	437
<b>14.9</b>	<b>Cambiamenti climatici</b> .....	437
14.9.1	Effetti sinergici degli impatti diretti e climatici e la "microbializzazione" dei mari .....	442
	<b>RIPASSO</b> .....	443

## CAPITOLO 15

**CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ MARINA** .....

<b>15.1</b>	<b>Obiettivi della conservazione</b> .....	447
<b>15.2</b>	<b>Gestione basata sugli ecosistemi</b> .....	449
15.2.1	L' <i>habitat mapping</i> e la pianificazione dello spazio marino come pre-requisiti della conservazione .....	449
15.2.2	La terza dimensione della conservazione marina .....	450
<b>15.3</b>	<b>Strategie di conservazione</b> .....	451
15.3.1	Riduzione dello sforzo di pesca .....	451
15.3.2	Riduzione del <i>by catch</i> e degli impatti sugli habitat .....	451
<b>15.4</b>	<b>Gli strumenti della conservazione</b> ..	452
15.4.1	Aree Marine Protette .....	452
<b>15.5</b>	<b>Criteri per l'individuazione delle aree marine da proteggere</b> .....	453
<b>15.6</b>	<b>Cosa abbiamo imparato dalle aree marine protette esistenti?</b> .....	455
<b>15.7</b>	<b>Protezione di habitat rifugio dai cambiamenti climatici</b> .....	456
<b>15.8</b>	<b>Altre misure efficaci di conservazione</b> .....	456
<b>15.9</b>	<b>Protezione degli habitat marini di particolare interesse conservazionistico</b> .....	457
<b>15.10</b>	<b>Altri strumenti legali per la conservazione della biodiversità</b> .....	457
	<b>RIPASSO</b> .....	458

## CAPITOLO 16

**IL RESTAURO DEGLI ECOSISTEMI MARINI** .....

<b>16.1</b>	<b>Un decennio per il restauro degli ecosistemi marini danneggiati</b> .....	461
-------------	--	-----

<b>16.2</b>	<b>Cos'è il restauro ecologico</b> .....	461
<b>16.3</b>	<b>Un piano globale di restauro dell'ecosistema marino</b> .....	464
<b>16.4</b>	<b>Restaurare habitat marini più fragili</b> .....	464
<b>16.5</b>	<b>Restauro delle scogliere coralline</b> .....	465
<b>16.6</b>	<b>Restauro delle praterie di fanerogame</b> .....	466
<b>16.7</b>	<b>Restauro delle foreste macroalgali</b> ..	467
<b>16.8</b>	<b>Restauro degli ingegneri ecosistemici</b> .....	468
<b>16.9</b>	<b>Restauro degli habitat profondi</b> .....	469
	<b>RIPASSO</b> .....	470

## CAPITOLO 17

### **PASSATO, PRESENTE E FUTURO DELLA BIOLOGIA MARINA** .....

<b>17.1</b>	<b>Come è nata la biologia marina</b> .....	473
<b>17.2</b>	<b>Storia della biologia marina in Italia</b> .....	474
<b>17.3</b>	<b>Il presente e il futuro della biologia marina</b> .....	475
<b>17.4</b>	<b>Le ricerche in biologia marina nel prossimo decennio</b> .....	479
	<b>RIPASSO</b> .....	481

<b>Glossario</b> .....	483
<b>Letture consigliate per un approfondimento</b> .....	490
<b>Crediti immagini</b> .....	504
<b>Indice dei video</b> .....	507
<b>Indice analitico</b> .....	509