

# PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



## PROGETTO DEFINITIVO ALTERNATIVE AI SITI DI DEPOSITO

(Richieste CTVA del 22/12/2011 Prot. CTVA/2011/4534 e del 16/03/2012 Prot. CTVA/2012/1012)

### EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A.  
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A.  
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L.  
SACYR S.A.U.  
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD  
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE

 <b>IL PROGETTISTA</b> Dott. Ing. D. Spoglianti Ordine Ing. Milano n° A 20953	<b>IL CONTRAENTE GENERALE</b> PROJECT MANAGER (Ing. P.P. Marcheselli)	<b>STRETTO DI MESSINA</b> Direttore Generale Ing. G. Fiammenghi	<b>STRETTO DI MESSINA</b> Amministratore Delegato Dott. P.Ciucci
Firmato digitalmente ai sensi dell' "Art.21 del D.Lgs. 82/2005"			

<i>Unità Funzionale</i>	GENERALE	AMV0243_F0
<i>Tipo di sistema</i>	AMBIENTE	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE – AMBIENTE MARINO	
<i>Titolo del documento</i>	RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	

CODICE	C	G	0	7	0	0	P	R	G	V	G	A	M	I	A	Q	3	0	0	0	0	0	0	1	6	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	31/05/2012	Emissione finale	P.MICHELI	M.SALOMONE	D.SPOGLIANTI



		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

## INDICE

INDICE .....	3
Premessa .....	6
0 Introduzione .....	6
1 I rilievi disponibili e gli aggiornamenti operati .....	6
1.1 Sintesi delle fasi di caratterizzazione dell’Ambiente Marino .....	6
1.2 Verifiche e aggiornamenti .....	12
1.2.1 Campagne oceanografiche di misure in situ, campionamento delle acque e analisi di laboratorio.....	12
1.2.2 Flussi migratori di cetacei .....	14
1.3 Aggiornamento del quadro di riferimento normativo .....	17
2 Struttura e contenuti della relazione .....	19
Inquadramento biogeografico .....	20
3 Lo Stretto di Messina .....	20
3.1 Lineamenti morfologici generali .....	20
3.2 Caratteristiche anemologiche.....	23
3.3 Origine dello Stretto .....	23
3.4 Caratteri idrodinamici specifici dello Stretto.....	24
3.5 Caratteri geolitologici del substrato .....	25
3.6 Caratteri morfologici e litologici di dettaglio del fondo.....	25
3.7 Dinamica dei sedimenti.....	28
3.8 Caratteristiche idrologiche e qualità delle acque marine .....	29
3.9 Valore biogeografico dello Stretto di Messina .....	31
Stato iniziale dell’ambiente.....	32
4 La comunità planctonica .....	32
4.1 Caratteristiche ecologiche.....	35
4.1.1 Fitoplancton .....	35
4.1.2 Zooplancton.....	42
4.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto .....	48
4.2.1 Fitoplancton .....	48
4.2.2 Zooplancton.....	49

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

5	Il gruppo ecologico del benthos.....	50
5.1	Caratteristiche ecologiche.....	55
5.1.1	Fitobenthos.....	55
5.1.2	Zoobenthos.....	73
5.1.2.1	Gli organismi dei fondi mobili .....	73
5.1.2.2	Gli organismi dei fondi duri .....	77
5.1.2.3	Il fouling .....	81
5.2	Peculiarità del gruppo nello Stretto .....	82
5.2.1	Fitobenthos.....	82
5.2.2	Praterie marine .....	82
5.2.3	Zoobenthos.....	83
6	Il gruppo ecologico del Necton .....	86
6.1	Condroitti .....	89
6.1.1	Caratteristiche ecologiche.....	89
6.1.2	Peculiarità del gruppo nello Stretto .....	99
6.2	Osteitti .....	101
6.2.1	Caratteristiche ecologiche.....	101
6.2.2	Peculiarità del gruppo nello Stretto .....	102
6.3	Rettili marini.....	105
6.3.1	Caratteristiche ecologiche.....	105
6.3.2	Peculiarità del gruppo nello Stretto .....	108
6.4	Cetacei .....	108
6.4.1	Caratteristiche ecologiche.....	109
6.4.2	Peculiarità del gruppo nello Stretto .....	125
	Valutazione della qualità ambientale allo stato attuale .....	131
7	Criteri di valutazione della qualità e sensibilità della componente .....	131
7.1	Sintesi dei risultati.....	132
7.2	Elenco delle aree sensibili e dei fattori di criticità .....	134
	Azioni di progetto e fattori di pressione .....	139
8	Descrizione delle azioni di progetto e dei fattori di pressione .....	139
8.1	In fase di costruzione .....	139
8.1.1	Azioni di progetto.....	140

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

8.1.1.1	Traffico marittimo ( rilascio combustibili, moto ondoso, ecc...)	140
8.1.1.2	Il ripascimento	141
8.1.2	Fattori di pressione	142
8.1.2.1	Immissione accidentale di sedimenti fini durante la fase di costruzione	142
8.1.2.2	Occupazione e consumo di suolo a carico del benthos	143
8.1.2.3	Potenziale infangamento dei fondali per risospensione dei sedimenti fini	143
8.1.2.4	Potenziale disturbo sonoro a carico del necton	143
8.2	In fase di esercizio	147
8.2.1	Fonti di rumore	148
8.2.2	Inquinamento luminoso	148
8.2.3	Altre tipologie di impatto	149
	Individuazione delle azioni correttive e di controllo	150
9	In fase di costruzione	150
9.1	Misure di monitoraggio e gestione	151
10	In fase di esercizio	153
10.1	Accorgimenti e misure di monitoraggio per la riduzione delle interazioni	153
	Valutazione degli impatti residuali	154
11	Parametri di valutazione della pressione ambientale e della sensibilità	154
12	Definizione delle aree e del giudizio di impatto	154
13	Bibliografia	159
	Allegato 1	166
14	Effetto dell'ombra diurna del ponte sul mare. Ambiente marino	166
14.1	Premessa	166
14.2	Ruolo della radiazione solare nell'ecosistema marino	166
14.3	<i>Modalità di penetrazione e diffusione della luce solare nel mare</i>	167
14.4	Analisi dell'ombra del Ponte	172
14.4.1	Analisi di irraggiamento	173
14.4.2	Analisi di Ombreggiamento	184
14.5	Caratteristiche e sensibilità specifica del contesto marino interessato dall'ombra delle strutture del Ponte	200
14.6	La valutazione delle ricadute dell'ombra del Ponte sull'ambiente marino	200

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## Premessa

### 0 Introduzione

La presente relazione è finalizzata a dare riscontro alle osservazioni/richieste di integrazioni avanzate dalla CTVA durante l'istruttoria del progetto definitivo depositato (prot. CTVA-2011-004534 del 22/12/2011) e alla successiva richiesta di pubblicazione di atti integrativi (prot. CTVA-2012-0001012 del 16/03/2012).

### 1 I rilievi disponibili e gli aggiornamenti operati

Una descrizione dettagliata delle caratteristiche chimico-fisiche, geomorfologiche e biotiche dell'ambiente marino dello Stretto di Messina emerge dagli studi condotti nell'ambito del SIA 1992 e 2002. In particolare, tali documenti descrivono i caratteri geomorfologici, idrodinamici, anemologici e litologici. Si tratta di aspetti fondamentali per la comprensione della distribuzione e dell'ecologia dei popolamenti nectonici, bentonici e planctonici dell'area in esame. Offrono, inoltre, una descrizione delle comunità biotiche e degli ecosistemi dell'area in esame, checklist sulla flora e sulla fauna marina dello Stretto, e la descrizione delle componenti biotiche marine suddivise in popolamenti planctonici, popolamenti bentonici, fauna a vertebrati marini.

I principali risultati emersi in questa pregressa fase di indagine e studio sono riassunti ai punti seguenti.

#### 1.1 Sintesi delle fasi di caratterizzazione dell'Ambiente Marino

Dalla serie dei dati raccolti l'ambiente marino dello Stretto di Messina risulta un habitat unico in tutto il Mediterraneo per la presenza di particolari specie, associazioni e biocenosi bentoniche. Questa unicità è legata fondamentalmente al particolare regime delle correnti che contraddistingue questo tratto di mare.

Le **biocenosi bentoniche** costiere presenti su entrambi i versanti dello Stretto si presentano piuttosto diversificate e con elementi di unicità in tutto il Mediterraneo. Tra questi si citano:

- tipica del piano infralitorale superiore, l'Associazione *Cystoseiretosum tamariscifoliae* Giaccone 1972, con le specie differenziali *Cystoseira tamariscifolia*, *Mesophyllum lichenoides*, *Saccorhiza polyschides*, *Phyllariopsis brevipes*, *Asparagopsis armata*, *Desmarestia ligulata*. La località di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

prima descrizione di questa Associazione è proprio lo Stretto di Messina, ed essa si afferma in biotopi con acque fresche per fenomeni di risalita di acque profonde;

- tipica del circalitorale fotofilo, e del coralligeno in particolare, è l'Associazione Cystoseiretum usneoides, Giaccone, 1972, con le specie caratteristiche *C. usneoides*, *Laminaria ochroleuca*, *Phyllariopsis purpurascens*, *Ulva olivascens*.

Anche per questa associazione lo Stretto di Messina rappresenta la località di prima descrizione. Questa associazione è presente tra 20-30 m di profondità fino a 100 m di profondità, con una maggiore concentrazione tra 50 e 80 m di profondità. Essa si afferma in aree limitate nel Mediterraneo (Mare di Alboran, Stretto di Gibilterra, Stretto di Messina), in ambienti con correnti intense di tipo pulsante, con omotermia nella colonna d'acqua e con ricchezza di nutrienti provenienti dalla risalita di acque profonde;

- tipica sempre del circalitorale fotofilo, la subassociazione Laminarietosum ochroleucae, Giaccone 1994, le cui specie differenziali sono *Laminaria ochroleucae* e *Lithothamnion philippi*. Questo aggruppamento si afferma in biotopi (Stretto di Messina, Mare di alboran) profondi (50-70 m di profondità) caratterizzati dalla presenza di forti correnti pulsanti;

- tipici delle zone rocciose del largo, i fondi ad *Errina aspera* e *Pachylasma giganteum*, presenti unicamente in questa zona in tutto il Mediterraneo.

A queste vanno aggiunte due biocenosi tipiche del Mediterraneo:

- una prateria di *Posidonia oceanica* prevalentemente su sabbia, ecosistema di estrema importanza e delicatezza nel Mediterraneo, presente sui fondali antistanti Mortelle tra 11-15 e 26 m di profondità;

- tipica dei fondi rocciosi infralitorali, la biocenosi del Coralligeno, con una ricca facies a *Paramuricea clavata*, presente oltre i 30 m di profondità nella zona di Capo Paci-Scilla-Bagnara.

Altre due biocenosi presenti nella zona dello Stretto e, con una distribuzione molto ampia, in tutto il Mediterraneo, sono:

- la biocenosi della Sabbie Fini Ben Classate (SFBC) , (Peres e Picard, 1964), caratterizzata da sabbie fini di medie dimensioni;

- la biocenosi delle Sabbie sotto l'Influenza delle Correnti del Fondo (SGCF) (Peres e Picard, 1964), caratterizzata da sabbie grossolane e ghiaie.

Sui fondali dello Stretto sono presenti numerose **specie** considerate protette o in pericolo o minacciate dai diversi allegati delle Convenzioni di Berna, di Barcellona, dalla Direttiva Habitat.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

L'Allegato I della Convenzione di Berna (G.U. n. 250 del 11/9/81 e G.U. n. 122 del 28/5/98) include, nell'elenco delle specie vegetali rigorosamente protette, specie quali *Posidonia oceanica* e *Laminaria ochroleuca*. Nell'Allegato 2 (specie animali rigorosamente protette) sono presenti il corallo nero (*Antipathes* spp.), i celenterati *Gerardia savaglia* e *Astroides calicularis*, l'echinoideo *Centrostephanus longispinosus*, il crostaceo *Pachylasma giganteum*. Nell'Allegato III (elenco delle specie protette) è presente invece *Antipathes* spp.

La Direttiva Habitat (Direttiva CEE 92/43 recepita dalla nostra legislazione con il DRP 8/9/97) include le praterie di *P. oceanica* tra gli habitat mediterranei che necessitano di protezione (allegato I) e *Errina aspera*, *Gerardia savaglia*, *Astroides calicularis* e *Pachylasma giganteum* tra le specie rigorosamente protette (Allegato II).

L'allegato 4 (specie di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa) include il mollusco bivalve *Pinna nobilis* e *Centrostephanus longispinosus*.

L'Annesso II del Protocollo ASPIM (Convenzione di Barcellona, 1995) include *P. oceanica* tra le specie in pericolo o minacciate, assieme a specie animali quali i Cnidari *Astroides calicularis*, *Gerardia savaglia* e *Errina aspera*, l'echinoderma *Centrostephanus longispinosus*, il mollusco bivalve *Pinna nobilis* e il Crostaceo *Pachylasma giganteum*.

L'Annesso III del Protocollo ASPIM (Convenzione di Barcellona, 1995) include *Antipathes* spp. tra le specie in pericolo o minacciate, assieme a specie animali quali i Cnidari *Gerardia savaglia* e *Errina aspera* e il Crostaceo *Pachylasma giganteum*. *Errina aspera*, un idrocorallo dell'ordine dei Stylasterina, è il solo rappresentante conosciuto di questo ordine nel Mediterraneo; il cirripede *Pachylasma giganteum*, di cui si conoscono presenze fossili nei terreni plioquaternari dello Stretto, è presente unicamente in questa zona in tutto il Mediterraneo. Il corallo nero, l'antipatario *Antipathes* è rarissimo in tutto il Mediterraneo e lo zoantario *Gerardia savaglia* è specie con una distribuzione molto localizzata nel Mediterraneo. Tra i vegetali, *Laminaria ochroleuca* è una Laminariales che arriva a 3 m di altezza, presente in Mediterraneo solamente in questa zona e lungo la zona di Gibilterra. Altra Laminariales estremamente localizzata in Mediterraneo è *Saccorhiza polyschides*.

Altre specie considerate rare, da proteggere o protette, ma piuttosto comuni anche in altre zone del Mediterraneo sono: *Astroides calicularis*, *Pinna nobilis* e *Centrostephanus longispinosus*.

Le osservazioni sul campo compiute nel corso delle indagini 2002 hanno riguardato in particolare i siti interessati dai previsti cantieri di lavoro dell'opera.

Le situazioni ritrovate sono piuttosto eterogenee, e così schematizzabili:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- sito di Cannitello, fondi ghiaiosi con un popolamento vegetale dominato da *C. mexicana* fino a 30-35 m e dal *Cystoseiretum usneoides* oltre tale profondità.
- sito di Ganzirri, fondo sassoso – pietroso dominato da *Caulerpa mexicana*, *Pinna nobilis*, *Eunicella singularis* e numerose specie algali fino a 40 m di profondità, dal *Cystoseiretosum usneoides* oltre tale profondità.
- sito di Mortelle, fondo sabbioso con biocenosi ascrivibile alle sabbie fini ben classate fino a 11 m di profondità e una prateria di *Posidonia oceanica* oltre tale profondità. Oltre il margine inferiore della prateria, a 26 m circa, è presente ancora sabbia.
- sito di Scilla – spiaggia Marina Grande - Capo Paci, fondo sabbioso con prato di *Caulerpa mexicana* e macchie sparse di *Posidonia*, fondi rocciosi superficiali con *Cystoseiretosum tamariscifoliae* e con Coralligeno (facies a *Paramuricaea clavata*) in profondità.
- sito di Scilla, fondi rocciosi e secche del largo con Coralligeno (facies a *Paramuricaea clavata*).
- sito di Milazzo, fondi sabbiosi con biocenosi delle SFBC e dei VTC.

Sulla base delle osservazioni e rilievi, l'ambiente marino dello Stretto di Messina è stato valutato in condizioni di integrità, senza segni di degrado o alterazione, e in buone condizioni di salute, anche se gli apporti di acque reflue dell'abitato di Messina sembrano essere localmente importanti.

Probabilmente rispetto agli anni '80 c'è stato un cambiamento nella dominanza di alcune specie, soprattutto vegetali, con riduzione delle aree occupate da alcune Laminariacee e lo sviluppo di estesi prati di *Caulerpa taxifolia-mexicana*. Questa espansione rientra nella dinamica di espansione di diverse specie del genere *Caulerpa* dal Mediterraneo orientale a quello occidentale (Giacobbe e Di Martino, 1995).

I **laghi costieri** di Faro e Ganzirri sono due laghi salmastri estremamente interessanti dal punto di vista naturalistico anche se oramai praticamente inglobati nel tessuto urbano. Il collegamento con il mare ne fa due ambiente tipici salmastri e ricordiamo che le lagune salmastre sono tra gli ambienti più produttivi del Mediterraneo. Il loro ruolo è quello di area di accrescimento dei giovanili di numerose specie ittiche, anche di grande interesse per le attività di pesca: spigole, cefali, orate, sogliole. Queste specie si riproducono in mare e i giovanili migrano verso le lagune salmastre per le migliori condizioni di accrescimento che qui trovano e poi ritornano verso il mare per la riproduzione.

A parte l'interesse per la presenza di specie particolari (è segnalata la presenza di una specie endemica di pesce ago) essi sono anche sede di una attività di pesca prevalentemente amatoriale, su banchi naturali di vongole. Nonostante la strada che li circonda e le diverse attività che vi si

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

svolgono, l'ambiente dei laghi è stato ritenuto piuttosto integro, i laghi produttivi con un'area di concentrazione di giovanili di specie ittiche eurialine.

**Morfologia e struttura dei fondali** - La singolarità del biotopo "Stretto di Messina" deriva da un particolare assetto geologico-strutturale <sup>(1)</sup>, in grado di condizionare tutta una serie di condizioni ambientali, la più rilevante delle quali è sicuramente il particolare regime idrodinamico.

Infatti, a partire dal Pliocene, l'area è stata soggetta ad una intensa attività tettonica che ha indotto forti dislocazioni verticali. In conseguenza di questo stile tettonico si è verificata una marcata ristrettezza (o addirittura assenza) della fascia litorale, un modesto sviluppo della piattaforma continentale, una notevole estensione del pendio, ed infine la presenza di scarpate di faglia sottomarine ed irregolarità della soglia rocciosa (Nautilus – Regione Calabria, 1996).

La coesistenza di tutti questi caratteri morfo - strutturali in un braccio di mare di modesta ampiezza fa sì che le correnti di marea, tipiche del "regime di stretto", raggiungano una eccezionale intensità ed inneschino inoltre correnti secondarie la cui azione si spinge fino ad alte profondità.

Dal punto di vista morfologico l'area dello Stretto di Messina è caratterizzata dalla presenza di una soglia orientata in senso NW - SE che si colloca tra Ganzirri (Sicilia) e Punta Pezzo (Calabria), larga circa un chilometro.

Tale soglia divide lo stretto in due settori: in quello a nord una valle ad andamento WSW - ENE e con pendenza media del 10% (Valle di Sicilia), si estende fino al limite meridionale del Mar Tirreno, confluendo nel Bacino di Palmi; in quello a sud un'altra valle, con pendenza media più accentuata (30%), orientata in direzione N - S (Valle di Messina), si sviluppa verso il Mar Ionio confluendo nel Canyon di Messina.

Entrambe queste depressioni sono solcate da canyons ad andamento variabile. In corrispondenza della soglia, il fondale roccioso ha un andamento irregolare in quanto caratterizzato da piccole depressioni e rilievi. Substrati rocciosi sono inoltre localmente presenti presso le porzioni batimetriche superiori delle valli a nord e a sud della soglia dove però il fondo ha un andamento più regolare.

I substrati duri sono essenzialmente costituiti da rocce appartenenti alla Formazione di Messina (Pleistocene Inferiore): conglomerati coperti da formazioni organogene (Coralligeno), paraconglomerati contenenti ciottoli di granito, inoltre paragneiss coperti da concrezioni biogene recenti.

---

<sup>1</sup> L'analisi di dettaglio dei dati di base (SIA 2002) della componente abiotica dell'ecosistema dello Stretto è riportata al successivo punto 4 della presente relazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Su entrambi i lati della soglia il fondale è coperto da sedimenti mobili il cui spessore aumenta allontanandosi dalla soglia stessa. E' noto dalla letteratura (Selli et al., 1981) che si tratta per lo più di materiali a granulometria decrescente (ghiaie, ghiaie sabbiose, sabbie grossolane, medie, fini). In entrambi i versanti, nelle aree a maggiore batimetria, fenomeni di convergenza delle correnti determinano, nei depositi sabbiosi, la formazione di ondulazioni (dune) in continuo movimento. Infine, nelle porzioni più distali (rispetto alla soglia) il fondale è costituito da silt e argilla ed è interessato da blande ondulazioni.

A completamento del quadro sedimentologico dell'area è opportuno ricordare l'esistenza di fenomeni di trasporto in massa tipo grainflow e correnti di torbida. Tali fenomeni sono innescati presumibilmente da microsismi che mobilitano materiale proveniente sia dalle aree continentali, sia dalle porzioni rocciose (soglia e i suoi versanti), sottoposte all'azione erosiva delle correnti. Il materiale proveniente dalla disaggregazione delle formazioni continentali (calabresi e siciliane) viene convogliato a mare attraverso corsi d'acqua a carattere temporaneo (fiumare) e poi portato a notevoli profondità nei canyons sottomarini. Per questa ragione, intercalati ai fanghi delle zone batiali dello Stretto, si trovano evidenze di canalizzazioni di materiale detritico grossolano.

A seconda dell'intensità dell'azione delle masse d'acqua si possono distinguere zone ad elevata energia (per esempio presso la soglia), dove le frazioni più fini vengono asportate, ed i materiali rocciosi vengono erosi; zone a media energia, dove i sedimenti per lo più sabbiosi vengono continuamente mobilitati ed accumulati in formazioni di tipo dunale (nelle porzioni inferiori di tipo vallivo); e infine zone a bassa energia, dove può avere luogo una sedimentazione normale per decantazione, solo a tratti interrotta dal verificarsi di episodi di flussi gravitativi, tipo correnti di torbida (zone batiali).

Dal punto di vista geomorfologico, il versante calabro è caratterizzato da una spiaggia ciottoloso-sabbiosa larga circa 10 m, alle cui spalle si estende una pianura di fiumara caratterizzata da valli ampie e profonde.

Data la granulometria grossolana dei detriti di fiumara, e il regime idrologico variabile, i materiali terrigeni detritici, nei periodi di piena, vengono trasportati fino a notevoli profondità.

L'andamento batimetrico dei fondali è caratterizzato da una notevole acclività, con una pendenza massima del 12%. La forte acclività del fondale si mantiene sostanzialmente inalterata fino a profondità superiori ai 1000 m, in quanto in queste aree non si riscontra la presenza di una vera piattaforma continentale. La batimetria dei 10m si trova ad una distanza dalla costa variabile tra i 40 e i 95m (Nautilus – Regione Calabria, 1996).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Come ampiamente noto, il regime idrodinamico dello Stretto di Messina è essenzialmente di tipo mareale, e caratterizzato da una intensa attività delle sue manifestazioni. Tali fenomenologie influenzano ovviamente in maniera determinante il regime sedimentario dello Stretto.

Anche per quanto riguarda le condizioni meteomarine, lo Stretto di Messina presenta delle caratteristiche del tutto particolari. Infatti, nonostante esso si apra in direzione N-S, è comunque influenzato dai venti provenienti da qualunque quadrante.

Per i fenomeni che più interessano la presente relazione, tuttavia, sono essenzialmente i venti sciroccali a determinare gli effetti più rilevanti. Facendo riferimento alla stazione di Capo delle Armi, si osserva un settore di massimo fetch compreso fra 123° e 141°, esteso per 525 miglia. Peraltro, le direzioni di provenienza delle mareggiate sono da SE e N - NW.

In funzione di tale regime anemologico, si osserva che il litorale del versante calabro, a differenza delle prospicienti coste siciliane, è particolarmente aggredibile dall'erosione costiera. L'atlante delle spiagge italiane edito da CNR e MPI, evidenzia chiaramente la netta prevalenza delle spiagge in regressione, nell'area qui considerata (D'Alessandro et al., 1988).

## **1.2 Verifiche e aggiornamenti**

Gli aggiornamenti operati nella presente fase hanno interessato l'integrazione di quanto emerso da questi primi studi con quanto contenuto nei lavori scientifici specialistici susseguitisi nel tempo intercorso tra le analisi iniziali e la fase di progettazione definitiva.

Un fondamentale contributo è stato quello fornito dalle attività di Monitoraggio Ambientale e dalle relative relazioni a cadenza bimestrale. In particolare, queste recenti indagini (2005-2010/1) hanno fornito interessanti e aggiornate informazioni in merito alle caratteristiche chimico-fisiche delle acque dello Stretto e alla batimetria del fondale, ma anche alla componente bentonica (macroflora e zoobenthos) ed alle comunità cetologiche.

Una sintesi delle attività di monitoraggio dell'ambiente marino è riportata nel seguito.

### **1.2.1 Campagne oceanografiche di misure in situ, campionamento delle acque e analisi di laboratorio**

Le campagne oceanografiche hanno previsto l'esecuzione, delle seguenti attività:

- Misure in situ, campionamento delle acque e analisi di laboratorio. La strumentazione installata è la seguente: sonda multiparametrica Ageotec, Correntometro Aquadopp Profiler

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

(Nortek). Le indagini in situ relative alla matrice acque, prevedono una serie di rilievi dei principali parametri chimico-fisici della colonna d'acqua, in 48 stazioni di monitoraggio. Su ognuna delle 48 stazioni previste si effettuano: profilo di temperatura, conducibilità/salinità, ossigeno disciolto, clorofilla, pH, torbidità, trasmittanza sia in discesa ("downcast") che in risalita ("upcast"), mediante la batisonda CTD SBE911 plus della SEA Bird. Durante le operazioni di profilatura della colonna d'acqua, si provvede alla compilazione, in ogni sua parte, del LOG di campionamento. Contestualmente al rilievo dei parametri chimico-fisici, si procede al prelievo dei campioni d'acqua in 48 stazioni di monitoraggio a 2 quote discrete (superficie e fondo). In totale sono stati prelevati 96 campioni di acqua da destinare alle analisi di laboratorio.

- Campagna di studio della composizione ed abbondanza della macroflora acquatica – CARLIT. Le indagini sono state effettuate, nelle 4 aree oggetto di monitoraggio, Cannitello, Ganzirri, Gazzi e Venetico. I transetti sono stati così suddivisi:  
Versante calabrese: N. 12 nelle adiacenze dell'area di cantiere di Cannitello (AM-MA-C\_001-008);  
Versante siciliano: N. 16 in corrispondenza del cantiere di Ganzirri (AM-MA-S\_001-009); N. 10 in corrispondenza del cantiere di Gazzi (AM-MA-S\_010-014); N. 11 in corrispondenza di Venetico (AM-MA-S\_015-022). Per le metodologie di rilievo, campionamento e analisi dei dati, si è fatto riferimento al "*Quaderno Metodologico sull'elemento biologico macroalghe e sul calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT*" redatto da ISPRA – Roma – Agosto 2008.
- Campagne trimestrali di monitoraggio del Rumore subacqueo nelle aree di Cannitello, Ganzirri e Gazzi;
- Rilievo Batimorfologico dei fondali. Il rilievo batimetrico è stato eseguito nella prima settimana di ottobre con un sistema multi beam del tipo SeaBat-8101 della Reson. Il sistema garantisce un'elevata densità di misure batimetriche (soundings) per tutta l'area indagata, a tutto vantaggio della risoluzione e precisione del DTM (Digital Terrain Model), che può essere costruito con celle di dimensioni adeguate. I rilievi morfologici del fondo marino sono stati eseguiti con l'impiego di sistemi Side Scan Sonar a doppia frequenza operativa (normalmente 100 e 500 kHz) che consentono di ottenere in tempo reale la "fotogrammetria ultracustica" del fondo marino, ovvero la sua registrazione in immagini digitali, non distorte e ad altissima risoluzione nonché georeferenziate.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Nell'ambito delle più recenti (marzo-aprile 2011) attività di monitoraggio d'area vasta dell'Ambiente Marino è stata, infine, prodotta la Carta biocenotica che ha consentito di rilevare le biocensi presenti lungo le coste dei due versanti interessati dall'opera di attraversamento (vedi successivo par. 6.1).

### 1.2.2 Flussi migratori di cetacei

L'area dello Stretto di Messina è stata oggetto di approfondite valutazioni in relazione alla frequentazione di cetacei. In particolare nel 2005 Stretto di Messina SpA ha commissionato all'Istituto Tethys lo "Studio di settore e del connesso monitoraggio ante operam relativo ai flussi migratori dei cetacei attraverso lo Stretto di Messina", aggiornato nel corso del 2010 con tre campagne (luglio-ottobre). La Tabella 8.1 seguente contiene una sintesi delle specie di mammiferi marini che frequentano regolarmente le acque dello Stretto e gli habitat riconosciuti come abituali. Sono evidenziate le specie avvistate con maggiore frequenza nel corso della campagna di ricerca della Tethys.

A queste comparse regolari vanno ad aggiungersi avvistamenti o spiaggiamenti di specie occasionali o accidentali in Mediterraneo riferite dalla bibliografia di settore che comprendono la balenottera minore, la megattera, l'orca, la pseudorca, lo steno e il cogia di Owen.

Nel corso delle campagne svolte nel periodo giugno 2005 – maggio 2006 in 125 giorni di mare e 8795 km di osservazioni in una superficie di mare di 2300 km<sup>2</sup> (Figura 8.1 – area di studio e relativa profondità dei fondali) sono stati effettuati 80 avvistamenti di cetacei appartenenti a 6 specie: stenella striata, tursiope, capodoglio, grampo, zifio e delfino comune. Il 70% degli avvistamenti sono avvenuti nell'area sud (Ionio) mentre nell'area nord (Tirreno) sono state avvistate soltanto stenelle striate.

Le Campagne di monitoraggio ante operam Componente Fauna ed Ecosistemi Monitoraggio cetacei 2010-2011, hanno arricchito la raccolta delle informazioni di base sulla presenza, abbondanza, relativa e assoluta, distribuzione e uso dell'habitat delle principali specie di cetacei presenti nell'area dello Stretto (stenella striata *Stenella coeruleoalba*, tursiope *Tursiops truncatus*, e capodoglio *Physeter macrocephalus*).

Gli avvistamenti effettuati nel 2010, pur nella esiguità dei dati resi disponibili da tre sole campagne mensili, non si discostano dai dati raccolti nel periodo 2005-2006 e non configurano un quadro significativamente differente da quanto noto precedentemente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Le specie regolari comprendono, nell'ordine, un misticeto (la balenottera comune) e sette odontoceti (capodoglio, zifio, globicefalo, grampo, tursiope, stenella striata, e delfino comune). Inoltre, sulla base dei dati raccolti è emersa la regolare frequentazione da parte di una comunità di tursiopi delle acque dello Stretto più direttamente interessate dalle attività di costruzione del Ponte. Nel corso delle prime tre campagne sono stati effettuati 16 avvistamenti di cetacei appartenenti a tre specie: stenella striata, tursiope e grampo.

- Tursiope n° 9 avvistamenti (per complessivi 80 individui);
- Stenella striata n° 6 avvistamenti (per complessivi 81 individui);
- Grampo n° 1 avvistamento (per complessivi 13 individui).

Non sono stati fatti avvistamenti nell'area direttamente interessata dai lavori dei pontili.

Le informazioni sullo stato dell'ambiente, unitamente alle indagini sul rumore in ambiente marino prodotta nelle stesse attività di monitoraggio e/o nell'ambito degli studi specialistici della componente Rumore, si sono rivelate utilissime anche nella stesura delle sezioni dedicate alla sensibilità delle componenti, alle indicazioni per la mitigazione ed alle considerazioni di carattere conservazionistico.

La ricerca bibliografica utilizzata per la stesura della presente relazione si è articolata in due fasi. La prima ha avuto lo scopo di passare in rassegna i principali contributi della letteratura scientifica alla conoscenza delle zoocenosi e fitocenosi marine che sono state osservate, o potrebbero essere osservate, nell'area considerata dallo studio, cioè lo Stretto di Messina e acque limitrofe. In questa parte si fornisce un inquadramento generale relativamente a ciascun gruppo ecologico considerato (plancton, necton, bentos), vengono forniti i principali elementi tassonomici ed ecologici relativi e viene descritta la distribuzione e la composizione di ogni gruppo nell'area dello Stretto di Messina.

La seconda parte della ricerca bibliografica affronta il tema dei possibili effetti di manufatti e infrastrutture costiere, e in modo particolare i ponti, sull'ecologia e lo stato di conservazione dei gruppi considerati.

Una buona letteratura è disponibile, dalla fine degli anni '80, soprattutto sui popolamenti planctonici e bentonici dello Stretto, frutto, soprattutto, dei dati raccolti in molte campagne oceanografiche nell'area in esame da numerosi gruppi di ricerca calabresi e siciliani (Sparla & Guglielmo, 1992;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Guglielmo *et al.*, 1995; Maltagliati *et al.*, 1995; Giacobbe *et al.*, 1996; Nautilus, 1996; Rinelli *et al.*, 1999; Mistri *et al.*, 2000; Brancato *et al.*, 2001; Sitran *et al.*, 2007).

Più frammentaria e meno completa è, invece, la letteratura a riguardo della presenza del necton nello Stretto di Messina sebbene per molti taxa esso rappresenti un corridoio migratorio spesso molto frequentato (Berdar & Riccobono, 1986; Guglielmo *et al.*, 1995; Arcangeli *et al.*, 1999; Sperone *et al.*, 2007; 2009).

Buona è, invece, la produzione letteraria a riguardo delle interazioni tra manufatti ed infrastrutture costiere ed ecologia e conservazione della fauna marina (i.e. Richardson *et al.*, 1985; Croll *et al.*, 2001; Moore *et al.*, 2005).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### 1.3 Aggiornamento del quadro di riferimento normativo

I principali accordi e convenzioni internazionali sulla conservazione della natura e che riguardano anche il mare sono i seguenti:

1. DPR n° 357 del 8.9.1997 - Norme di recepimento e attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche, (G.U. n° 248 del 23.10.1997).
2. Convenzione sulla biodiversità, (Rio de Janeiro, 5 giugno 1992). Ratifica ed esecuzione da parte italiana, legge n° 128 del 14.2.1994 (G.U. suppl. n° 44 del 23.3.94).
3. Convenzione sulla conservazione delle specie migratorie appartenenti alla fauna selvatica (Bonn, 23.6.79), recepita dall'Italia, con legge n° 42 del 25.1.83 (G.U. suppl. n° 48 del 18.2.83).
4. Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell'ambiente naturale in Europa (Berna, 19.9.79), recepita con legge n° 503 del 5.8.81 (G.U. n° 250 del 11.9.81). Emendamenti annessi II e III, entrati in vigore il 7.3.97 (G.U. n° 212 del 11.9.97).
5. Protocollo relativo alle aree specialmente protette e la biodiversità in Mediterraneo (ASPIM), Monaco, 24.11.96 (Protocollo della nuova Convenzione di Barcellona, 10.6.95). Firmato ma non ancora ratificato. Costituisce aggiornamento della precedente Convenzione di Barcellona del 1976 e il protocollo di Ginevra sulle aree specialmente protette (SPA) del 1982, ratificato dall'Italia nel 1985 con legge n° 217.
6. Convenzione di Ramsar sulla protezione delle zone umide specialmente come habitat per gli uccelli (1971) ratificata dall'Italia nel 1976 (DPR n° 448). Sulla base delle norme istituite sono state individuate sul nostro territorio 47 zone umide di importanza internazionale, non tutte costiere, marine e/o salmastre. L'ambiente marino è incluso fino a 6 m di profondità.
7. Convenzione di Washington - CITES sul commercio internazionale delle specie minacciate di estinzione (1973), ratificata dall'Italia nel 1975 (legge n° 874, 19.12.75, entrata in vigore nel febbraio 1980).

La protezione del mare e delle coste fa riferimento alla legge 979/82 (Disposizioni per la difesa del mare, G.U. suppl. N° 16 del 18.1.83) e 394/91 (legge quadro sulle Aree Protette, G.U. suppl. n° 292 del 13.12.91).

La protezione del mare dall'inquinamento, oltre alle sopra citate leggi, fa riferimento alle seguenti norme e convenzioni:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

1. Convenzione di Londra del 1954 e alla Convenzione per la prevenzione dell'inquinamento da navi - MARPOL - 1973-1978;
2. Convenzione di Bruxelles del 29 novembre 1969 e Convenzione sul diritto del mare di Montego Bay, che stabiliscono l'obbligo per lo stato costiero di "porre in essere tutte le misure appropriate per la protezione delle risorse viventi nel mare da agenti dannosi" sancendo la responsabilità internazionale degli stati per i danni causati da terzi in ambiti soggetti alla loro giurisdizione per l'inadempimento di tale obbligo oppure soltanto consentono agli stati di adottare anche in alto mare le misure ritenute necessarie a prevenire, attenuare o eliminare gravi e imminenti rischi che possono derivare ai litorali a causa di inquinamento da idrocarburi in seguito a sinistro marittimo;
3. Convenzione di Londra del 1972 e Convenzione di Parigi del 1974, che disciplinano lo scarico (o l'immersione in mare) di rifiuti ed altre sostanze nocive da navi, aerei, banchine od altre strutture artificiali (c.d. dumping) e l'inquinamento da terra;
4. La International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Co-operation, 1990 dell'IMO la quale predispone un complesso sistema di cooperazione tecnica tra gli stati nella lotta all'inquinamento. Di particolare interesse per l'Italia, la Convenzione del 16 febbraio 1976 relativa alla salvaguardia del Mare Mediterraneo che è ivi inteso nella sua interezza, con la inclusione delle acque interne e degli stagni salati comunicanti con il mare, e considerato, per la particolare situazione oceanografica, ecologica e di traffico "area speciale".
5. DIRETTIVE CEE del 1976 e del 1978 per ridurre i rischi di inquinamento provocato da incidenti, o quelle relative alle sostanze dannose scaricate in ambiente idrico, sulla qualità delle acque di balneazione e di quelle destinate alla molluschicoltura fino alla Direttiva del 19 giugno 1995 relativa all'attuazione di norme internazionali per la sicurezza delle navi, la prevenzione dell'inquinamento per le navi che approdano nei porti comunitari e che navigano nelle acque sotto la giurisdizione degli Stati membri.

E' necessario infine sottolineare che sui due versanti dello Stretto, insistono i seguenti siti della Rete Natura 2000 che interessano l'ambiente marino:

#### Versante Sicilia

ZPS IT030042 Monti Peloritani, Dorsale Curcuraci, Antennamare e area marina dello Stretto  
SIC IT030008 Capo Peloro - Laghi di Ganzirri

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### Versante Calabria

ZPS IT9350300 Costa Viola

SIC IT9350183 Spiaggia di Catona

SIC IT9350172 Fondali da Punta Pezzo a Capo dell'Armi

SIC IT9350173 Fondali di Scilla

## **2            Struttura e contenuti della relazione**

La presente relazione è articolata in sei punti. Il primo punto (cap. 4) è rappresentato da un esame del valore biogeografico dell'area dello Stretto di Messina, necessario per comprendere le relazioni ecologiche tra le componenti abiotiche e biotiche dell'area in esame. Di seguito, al secondo punto, viene descritto lo stato iniziale dell'ambiente, attraverso un inquadramento, generale e di dettaglio, dei gruppi ecologici faunistici e floristici dell'ambiente marino dello Stretto: il plancton, il benthos, le praterie sottomarine ed il necton.

Il terzo punto affronta la valutazione della qualità ambientale nello stato attuale evidenziando i livelli di sensibilità della componente vegetale ed animale marina.

Nel quarto punto sono presentati i fattori di pressione sull'ambiente marino in relazione alle azioni di progetto previste sia in fase di costruzione che in fase di esercizio.

Il quinto punto individua le azioni di mitigazione e di controllo (monitoraggio) sempre in relazione alle fasi di costruzione e di esercizio dell'opera, poste in essere con il progetto.

Infine, vengono analizzati gli impatti residui e le proposte di compensazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## Inquadramento biogeografico

### 3 Lo Stretto di Messina

Il mare ricopre la maggior parte della superficie del globo ed è anche il più importante habitat in termini di volume totale del nostro globo abitato dagli organismi viventi. Sulla terra le zone abitate non superano usualmente le poche decine di metri al di sopra della superficie terrestre e non più di un metro al di sotto di essa; i mari, invece, sono abitati dalla loro superficie fino all'estremo più profondo: essi offrono infatti il 99% dello spazio vitale del nostro pianeta. Tutta questa ricchezza di specie è soggetta a differenti sollecitazioni ecologiche e biogeografiche, che aumentano nel caso di mari chiusi come il mare Mediterraneo. Quest'ultimo, a sua volta, è diviso in due bacini, principali che si possono considerare semichiusi: il primo è quello del Mediterraneo occidentale ed è caratterizzato da ampie piane abissali, il secondo, il Mediterraneo orientale, è molto più accidentato e dominato dal sistema della dorsale Mediterranea. A separare i due bacini ci sono due bracci di mare: il canale di Sicilia e lo Stretto di Messina.

#### 3.1 Lineamenti morfologici generali

Lo Stretto si allunga in senso meridiano per più di quaranta chilometri. Ampio a sud 25 chilometri in corrispondenza di Capo dell'Armi, si riduce in corrispondenza di Capo Peloro dove flette in direzione nord-orientale. La configurazione attuale dello Stretto è caratterizzata dall'assenza o dalla ristrettezza della fascia litorale, da morfologie marine assai variate e contrassegnate da scarpate e dalla presenza di una soglia di separazione dei due mari.

La presenza della soglia, presenta profondità massima ridotta a 110 m, e coincide con il tratto meno ampio, 3 chilometri, dello Stretto, corrispondente alla congiungente Punta Pezzo-Ganzirri. Tale soglia separa il bacino tirrenico a nord da quello ionico a sud. Nel primo caso il fondo degrada verso la valle di Scilla, con orientamento ENE-WSW; nel secondo nella valle di Messina, orientata N-S e nel successivo canyon omonimo.

I versanti dello Stretto sono molto inclinati. Un'altezza di 1500 metri è raggiunta dall'Aspromonte, in Calabria, a meno di 10 chilometri dalla costa. 1100 metri sono raggiunti sui Monti Peloritani, in Sicilia, a soli 5 chilometri dal mare. Piane litorali sono molto ridotte in Calabria e quasi inesistenti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

in Sicilia. In molti tratti costieri la linea di riva è rappresentata dalla base di scarpate molto inclinate. Fiumi brevi, normali alla costa, con letto ad elevata pendenza e regime stagionale di tipo torrentizio alimentano piccole conoidi presenti su fasce costiere strette ed instabili.

Il fondo dello Stretto presenta una morfologia assai variata. Ai – 75/-130 m della soglia di Capo Peloro si contrappongono i -900 m di Reggio ed i -1000 m al largo di Capo dell'Armi. Minori profondità caratterizzano i fondali del versante tirrenico; si passa infatti dai 200 m in corrispondenza di Capo Peloro ai poco più dei 300 m all'altezza di Scilla.

I versanti sottomarini assumono inclinazioni del tipo di quelle presenti sul continente.

La topografia marina è distinguibile in 4 gruppi:

**A - Fondo roccioso irregolare**

Questo tipo di microtopografia è associato ad aree di più forte corrente, fino a 5 nodi. Si tratta di aree a fondo roccioso la cui maggiore estensione trova sviluppo nella metà siciliana dello Stretto. Le forme del fondo sono costituite da strutture molto incise, con fianchi estremamente inclinati, i cui singoli profili appaiono simili a pinnacoli. La mancanza di sedimenti, perfino grossolani, come ghiaie di grandi dimensioni e massi, indizia l'area di diffusione di questa particolare morfologia come soggetta esclusivamente a processi di erosione.

**B - Fondo roccioso liscio senza eco del substrato.**

Corrisponde al fondo compreso tra la soglia e le sabbie profonde. E' solcato da depressioni profonde da pochi centimetri ad un metro ed è libero da sedimenti. Profondità inferiore a 400 m.

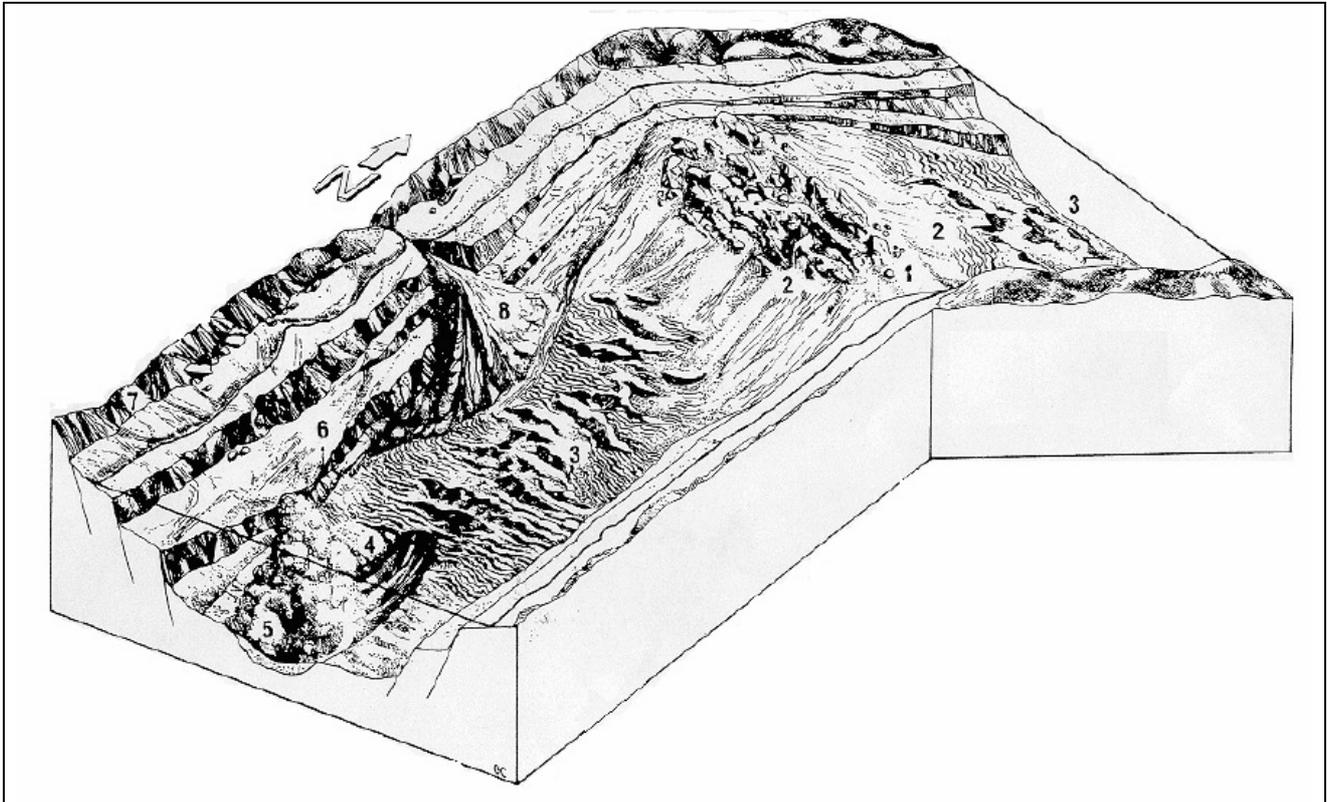
**C - Onde di sabbia.**

Onde di sabbia sono presenti in aree profonde a nord ed a sud della soglia a profondità comprese tra 200 e 400-500 m. A sud della soglia le onde, alte 40 m, sono più grandi di quelle presenti a nord. Nell'area delle onde la velocità delle correnti di fondo è di 2 nodi. Esistono anche onde sui fianchi del canyon di Messina come pure sull'asse dei canyons a maggiore profondità.

**D - Fondi lisci con sedimenti a substrato stratificato.**

Presente al di sotto della profondità di 400-500 m, è costituito da argilla. Il fondo è liscio. La microfisiografia indica ambiente deposizionale con deboli correnti prive di capacità di erosione.

Nella figura seguente si riporta una rappresentazione schematica dello Stretto di Messina (riproduzione da Montenat C., Barrier P., Di Geronimo I., 1987), dove sono rappresentati:

**Fig. 4.1 - Morfostrutture e ambienti sedimentari (fonte: SIA 2002)**

1 – Soglia di Peloro. Pinnaccoli rocciosi, strette incisioni e cavità ellittiche controllate da una rete di fratture. La soglia è una zona di elevata produttività biogenica ma priva di sedimenti a causa della violenza delle correnti mareali.

2 – Fondo roccioso liscio privo di sedimenti (correnti di fondo e vortici).

3 – Dune idrauliche mobili.

4 – Collasso delle dune idrauliche a causa di scosse sismiche: superfici resecate corrispondenti all'asportazione di sedimenti.

5 – Scorrimenti gravitativi di sedimenti (scorrimenti di granuli e possibili correnti di torbidità) generati dal collasso di sedimenti dunari.

6 – Scarpata faglia sottomarina.

7 – Scarpata di faglia plio-pleistocenica sollevata.

8 – Conoide clastico canalizzato ubicato alla terminazione di una fiumara.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### 3.2 Caratteristiche anemologiche

Le caratteristiche meteomarine definite (Amore C., 1995) sulla base delle osservazioni anemometriche effettuate dalle stazioni di Messina e di Reggio Calabria evidenziano un effetto di canalizzazione prodotta dalla configurazione orografica dei due lati dello Stretto.

Una elevata frequenza di venti di NE e di SW, con una variata distribuzione di velocità, caratterizza il sito di Messina; per intensità di oltre 12 nodi i venti di SW e S si presentano chiaramente dominanti. I venti di NE sono relegati alle classi di bassa velocità. I venti prevalenti di NW e NE soffiano a velocità moderata ed in genere nel periodo estivo. I venti occidentali sono discontinui e di breve durata. I venti orientali sono più forti, più continui e costanti, più determinanti, in definitiva nel modellare i profili costieri.

Più a nord, i venti sono maggiormente sottoposti all'influenza dell'orografia dello Stretto, tendono ad essere canalizzati e ad assumere direzione da sud. I venti di Scirocco e Scirocco-Levante, all'origine delle tempeste che causano i danni maggiori, sono progressivamente spostati verso S-SSW per l'effetto di imbuto causato dal restringimento della sezione dello Stretto.

### 3.3 Origine dello Stretto

L'origine dello Stretto, risalente all'inizio del Pliocene, è dovuta all'attività tettonica che ha interessato l'Arco-Calabro-Siciliano.

Lo Stretto è già infatti chiaramente configurato a partire dal Pliocene inferiore tra i rilievi emersi dell'Aspromonte e dei Monti Peloritani (Barrier P., 1987). Nel Pliocene superiore-Pleistocene inferiore l'area della soglia si delinea per il gioco combinato di faglie submeridiane e faglie prossime alla direzione E-W. La soglia costituiva allora un "altofondo profondo" sede di una sedimentazione carbonatica a Scleractinie batiali, coralli profondi viventi a circa -500 m; si trattava di un rilievo subacqueo sopraelevato rispetto alle circostanti aree di sedimentazione fangosa.

Nel Pleistocene medio-superiore si verifica uno sdoppiamento tra la zona assiale dello Stretto che continua a sprofondare e l'area della soglia che è, da allora, sottoposta ad un movimento di elevazione. Il proseguimento attuale di questo sollevamento giustifica i forti sismi che colpiscono la regione con periodicità dell'ordine di 85 +/- 10 anni per sismi < 7 (M.S.K.) e di 130 +/- 30 anni per sismi >8.

La tendenza costante al sollevamento della soglia è confermata dal fatto che i Calcari a coralli batiali del Pleistocene antico affiorano oggi localmente sul fondo a solo un centinaio di metri di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

profondità. Crolli di masse sabbiose generanti correnti di torbidità verso le zone profonde dello Stretto accompagnano i sismi.

### 3.4 Caratteri idrodinamici specifici dello Stretto

L'idrodinamica dello Stretto è nel complesso estremamente complessa e determinata da fenomeni dinamici che si verificano su scale spazio-temporali diverse.

I caratteri morfo-strutturali rappresentano un importante fattore di controllo dell'idrodinamismo; viene in particolare accentuata la potenza delle correnti di marea che esercitano una intensa azione meccanica sui fondali fino a profondità insolite. Forti correnti mareali, interessanti l'intera colonna d'acqua, determinano complessi movimenti delle masse idriche (Montenat et al., 1987). Le maree del mare Tirreno e del mar Ionio presentano escursione massima di 0.5 m ed hanno cicli opposti.

Sono in effetti diacroniche, alte su un lato della soglia e, contemporaneamente, basse sull'altro. Quando il mar Tirreno presenta una bassa marea al confine settentrionale del canale, il mar Ionio è invece caratterizzato da una marea di uguale ampiezza ma di fase opposta. Il contrario si verifica, ovviamente, al cambio di marea. Il dislivello tra i due bacini è dell'ordine dei 30 cm. La corrente passa di conseguenza attraverso la soglia fluendo alternativamente nei due bacini. La corrente di provenienza ionica è la più forte, potendo raggiungere anche velocità pari a 300 cm/s (Mosetti, 1988). Volumi importanti delle acque ioniche profonde si riversano nel bacino tirrenico. La corrente fluisce sulla soglia alla velocità, in superficie, di 6-7 nodi, localmente a più di 5 nodi sul fondo della soglia, circa -100 m, ed a 2.5 nodi tra -200 e -300 m all'apertura tirrenica dello Stretto.

La riflessione del flusso della corrente ionica contro la riva di Capo Peloro provoca forti correnti di tipo vorticoso con forte influenza erosiva sul duro pavimento presente ai cento metri di profondità della soglia. L'incontro con le correnti laminari del fondo e con le varie configurazioni morfologiche dello stesso provoca effetti meccanici a profondità di varie centinaia di metri anche in rocce consolidate. Terremoti frequenti e potenti influenzano l'idrodinamismo dello Stretto, determinando il collasso ed il trasferimento dei materiali non consolidati. L'intensa attività sismica, generatrice di diversi tipi di flussi gravitativi, rappresenta un elemento aggiuntivo di ricorrente destabilizzazione dei sedimenti accumulati sul fondo.

Il continuo trasporto di acque a caratteristiche chimico-fisiche diverse, prima in una direzione e poi nell'altra, determina la composizione delle biocenosi (Giacobbe & Spanò, 2001). Il sistema si rende ancora più complesso se si considera il fatto che ogni fase di corrente ha una durata di circa 6 ore

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

ed in una giornata si susseguono 4 flussi diversi intervallati da periodi di quiete. Essendo il sistema mareale in stretta dipendenza delle posizioni relative della Luna e del Sole, le maggiori intensità di corrente si osserveranno in corrispondenza dei giorni di novilunio e di plenilunio.

Infine, restano da considerare le correnti di deriva, innestate dall'attrito del vento sulla superficie marina oppure dovute ai gradienti di pressione che si generano in prossimità della costa per effetto dello spostamento delle acque.

### **3.5 Caratteri geolitologici del substrato**

Scarse informazioni esistono sulla natura litologica e sull'assetto del substrato del fondo marino della traversa Punta Pezzo-Lago Ganzirri in corrispondenza della soglia. Dati provenienti da varie campagne sismiche permettono una ricostruzione indiretta della geologia del substrato. Al di sotto di una formazione sedimentaria dello spessore di circa 150 m giace il basamento cristallino, presente in una condizione di alterazione per la porzione sommitale e successivamente integro. I dati geofisici e geologici della parte coperta dall'acqua sono inadeguati per una individuazione affidabile della situazione geologica in corrispondenza della soglia. E' soltanto evidente la natura tettonica dello Stretto che apparirebbe configurato secondo una struttura di "graben in graben" generata in due fasi, una del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore ed una, tuttora attiva, durante il Pleistocene glaciale (Selli, 1978).

### **3.6 Caratteri morfologici e litologici di dettaglio del fondo**

Batimetria e morfologia variano notevolmente ai due lati della soglia e per la soglia stessa. Sono stati identificati quindici tipi di fondo marino riunibili in quattro gruppi sulla base della variabilità morfologica e sulla base della diversa penetrazione dell'energia e delle risposte acustiche (Selli, 1978) dei sondaggi.

I fondi individuati sono risultati essere:

- a – Fondo irregolare privo di riflessione
- b – Fondo con iperbole di diffrazione e con alcune riflessioni del substrato
- c – Fondo liscio con o senza alcune riflessioni del substrato
- d – fondo con riflessioni del substrato.

Ognuno dei fondi così caratterizzati si articola in più termini con varia incidenza dei due parametri fisici indicati (diffrazione e riflessione). Si possono distinguere tre tipi di situazioni sulla base del

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

diverso realizzarsi locale dei processi morfosedimentari:

I - mancanza di sedimentazione attuale e presenza di erosione attiva;

II - stato e condizioni di mobilità (onde di sabbia);

III - condizione di sedimentazione attiva.

Si tratta di tre tipi di situazioni, determinati dai diversi livelli locali assunti dall'intensità delle correnti, rispondenti rispettivamente a:

I - alla parte di più ridotta sezione dello Stretto ( ai due lati dell'asse Ganzirri-Punta Pezzo);

II - alla parte più profonda dei tratti iniziali della Valle di Messina (a sud di Villa S. Giovanni) e della Valle di Scilla (molto al largo di Scilla);

III - alle successive parti più profonde, più ampie e più lontane dallo Stretto del Mar Tirreno (a nord di Palmi) e del Mar Ionio (a sud di Messina).

I sedimenti accumulati nella terza situazione sono incisi da profondi canyons. Le onde di sabbia della seconda situazione occupano una discreta estensione di fronte alla foce del Torrente Zagarella, nell'area dello Stretto con fondo generalmente sottoposto ad erosione.

### **I - Fondo marino irregolare soggetto ad erosione.**

Fondi rocciosi del tipo a pinnacoli e tre tipi di fondo con superfici a vario grado di irregolarità ma prive di pinnacoli caratterizzano le aree marine soggette ad erosione.

Soggetti ad erosione sono anche i fondi costituiti da depositi costituiti da ghiaie e sabbie grossolane sciolte la cui continuità è interrotta da sporadici affioramenti rocciosi. Si tratta di aree nelle quali l'intensità delle correnti tende a prevenire l'accumulo dei materiali detritici fini provenienti dall'erosione attuale dei rilievi continentali prossimi e determina inoltre l'asportazione dei materiali fini originariamente depositi in associazione ai materiali grossolani sciolti ora citati. La deposizione dell'insieme dei materiali presenti sul fondo è probabilmente avvenuta nel Pleistocene superiore allorché il livello marino era più basso di quello attuale e le correnti dello Stretto più intense di quelle odierne. Dal punto di vista litologico si tratta di conglomerati, fissati e ricoperti da concrezioni organogene (coralligeno), appartenenti alla formazione di Messina.

Vi rientrano i seguenti tipi di fondo: Fondo irregolare con "pinnacoli"; Fondo molto irregolare; Fondo mediamente irregolare; Fondo meno irregolare; Fondo liscio senza riflessione del substrato; Fondo con poche riflessioni del substrato; Fondo con poche riflessioni del substrato.

### **II - Fondo marino con sedimenti soggetti a movimento.**

Fondo costituito da sabbie, localmente da ciottoli. Vi rientrano i seguenti tipi: Fondo con diffrazioni

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

medie e con poche o nessuna riflessione; Fondo con piccole diffrazioni e con poche o nessuna riflessione del substrato.

### **III - Fondo marino con sedimentazione attiva.**

Fondo generalmente soggetto all'accumulo di materiali argillosi e di loam (miscela di argilla, limo, sabbia e materia organica). Comprende fondi con nessuna diffrazione e con diffrazioni del substrato. Questi ultimi presentano granulometrie limose con sedimentazione principalmente torbida. Vi rientrano i seguenti tipi: Fondo con diffrazioni molto grandi con nessuna riflessione del substrato; Fondo con diffrazioni grandi e con nessuna riflessione del substrato; Fondo con grandi ondulazioni; Fondo liscio; Fondo con deboli riflessioni del substrato; Altri tipi morfologici.

#### *Fondo dei canyons.*

Vi ricorrono molti dei tipi sopra menzionati, cioè fondi con o senza riflessioni e diffrazioni, fondi lisci con poche o nessuna riflessione, fondi con deboli riflessioni del substrato.

#### *Canyons e valli.*

I primi sono incisioni strette, conformate a V con fianchi molto acclivi. Le seconde sono larghe depressioni con fianchi leggermente digradanti verso il fondo.

#### *Rotture di pendio.*

Corrispondono al margine superiore ed inferiore delle scarpate sottomarine.

In sintesi la disposizione topografica dei depositi marini dello Stretto non rientra negli schemi sedimentari classici delle coste mediterranee (Nesteroff D. N., Rawson M., 1987). Le rive di Sicilia e Calabria sono occupate da fasce di sabbie e ghiaie litorali che scendono alla profondità di 100 m, dopo la quale il fondo è costituito esclusivamente da roccia nuda. Nel mezzo di tali fondi rocciosi il rilievo elevato della Soglia sbarra lo Stretto. A nord ed a sud della soglia due canyons, a profondità comprese tra 150 e 450-500 m, discendono verso il mar Tirreno e verso il mar Ionio. Un corpo di sabbie e ghiaie "profonde" è addossato alla testata dei due canyons. Tali corpi di sabbie profonde sono separati dalle sabbie litorali dai fondi di roccia nuda. La ripartizione sedimentaria così particolare dello Stretto è attribuibile alle maree locali, che generano violente correnti di fondo di direzioni alterne. Sulla soglia ed in prossimità della stessa tali correnti impediscono qualsiasi deposito definitivo di sedimenti. I sedimenti litorali ivi pervenienti sono rapidamente trascinati verso l'uno dei due corpi di sabbie profonde. Viene così giustificata la presenza di fondi rocciosi nello Stretto alla profondità di 100-150 m.

A profondità maggiore i corpi sabbiosi sono accumulati alla testata dei due canyons. Si tratta di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

sedimenti che provengono sia dalla Soglia sia da apporti laterali di sabbie delle spiagge locali. La presenza di dune idrauliche su questi depositi testimonia il loro continuo rimaneggiamento da parte delle correnti di fondo. Possono verificarsi risalite in direzione della soglia e ridiscese verso la testa dei canyons. Alla profondità di 400-500 metri le correnti sono troppo deboli per continuare ad esercitare la loro funzione di trasporto. Scosse sismiche possono dar luogo a correnti di torbidità con trasporto delle sabbie di testata verso le piane abissali, dominio dei fanghi emipelagici. Determinazioni di età per via radiometrica hanno permesso di riconoscere intervalli di un secolo per le manifestazioni di questi ultimi eventi.

Il quadro sedimentologico costiero e delle basse profondità può essere indirettamente tracciato attraverso una classificazione basata sulle due componenti ambientali che controllano lo sviluppo biotico, la natura litologica del fondo e la profondità (luminosità). Le varie biocenosi sono collegabili a fondi marini a varia mobilità. Possono essere distinti:

*A) Fondi mobili:*

- 1) SFBC – Sabbie Fini Ben Classate;
- 2) SGCF – Biocenosi delle sabbie grossolane e delle ghiaie fini sotto l'influenza delle correnti di fondo;

*B) Fondi stabilizzati e mobili:*

- 4) Biocenosi della prateria di Posidonia Oceanica;

*C) Fondi stabili:*

- 5) Biocenosi fotofile infralittorali su substrato roccioso;
- 6) Biocenosi dei fondi coralligeni su roccia o su conglomerato.

### **3.7 Dinamica dei sedimenti**

L'elevata energia delle correnti mareali controlla sia la morfologia del fondo marino sia la sedimentazione dello Stretto almeno fino alla profondità di 300-350 m., al limite superiore dei fanghi (Colantoni I., 1995). I più alti valori di flusso al fondo, 4-6 nodi, sono stati riscontrati sulla scarpata di Ganzirri ed Punta Pezzo contro valori di 3-4 nodi presso il centro della soglia ed all'inizio delle valli di Scilla e di Messina.

Correnti di tale intensità hanno la capacità di erodere e trasportare qualsiasi materiale sciolto rilasciato dal substrato roccioso, come quello della soglia, che può essere considerata appartenere ad un ambiente di erosione. Con l'ampliamento e l'approfondimento delle valli dello Stretto le

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

correnti diminuiscono di intensità e si verifica la deposizione di sedimenti progressivamente più fini. Ciottoli con diametro di oltre 10 cm allontanati dalla soglia possono essere stati rimossi e trasportati da correnti di intensità ben maggiore di quella vigente nella posizione da tali ciottoli oggi occupata.

Il carattere bimodale dei ciottoli in tale sito suggerisce che il valore modale dei ciottoli più sottili è collegato alla capacità ed al regime di trasporto delle correnti odierne e che i ciottoli maggiori siano stati depositi in tempi passati in regime di condizioni dinamiche di maggiore intensità. Oggi i sedimenti di dimensioni minori sono allontanati, quelli di dimensioni maggiori restano in situ.

### **3.8 Caratteristiche idrologiche e qualità delle acque marine**

La turbolenza delle acque superficiali dello Stretto è influenzata principalmente da due tipi di circolazione marina, una corrente stazionaria ed una corrente ascensionale, che determinano variazioni delle strutture termo-aline nello strato superficiale delle acque (Azzaro et al., 2000). La corrente stazionaria (fino ad un nodo), è determinata dalla circolazione generale del Mediterraneo, che nell'area in esame assume in superficie (0-30 metri) una direzione prevalente N > S . La forzante verticale è generata dalla cooscillazione mareale dei due bacini (max 50 cm), con ampiezza e periodo quasi analoghe (circa sei ore e un quarto) e in opposizione di fase. Questa componente conduce all'affioramento di acque ioniche profonde più fredde, più salate e ricche di nutrienti rispetto a quelle tirreniche. Tale condizione comporta un'alternanza armonica delle acque tirreniche che fluiscono nel bacino ionico (corrente scendente) e viceversa acque ioniche fluiscono nel Tirreno (corrente montante), intervallate da un breve periodo di stanca.

Durante le attività di monitoraggio recenti (2010), i parametri chimico fisici prelevati nelle 48 stazioni di monitoraggio ubicate nell'area dello Stretto hanno permesso di avanzare alcune considerazioni sulla qualità delle acque marine. I principali parametri considerati (ossigeno disciolto, densità, salinità e clorofilla a) rientrano, allo stato attuale, per i loro valori medi osservati, nei parametri standard per il Mediterraneo: l'ossigeno ha valori medi di 7,50 mg/l, la densità 28,40 (sigma T), 38,29 PSU e la clorofilla a 0,220 ug/l<sup>2</sup>).

<sup>2</sup> 3<sup>a</sup> Campagna di monitoraggio ante operam (dicembre 2010).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Dati di letteratura (Crisafi 1995) descrivono inoltre i risultati di uno studio effettuato in occasione di due incidenti navali, con sversamento di idrocarburi in mare, accaduti in tempi diversi nelle acque dello Stretto. Il primo caso è quello della “Sabine”, accaduto il 13 dicembre 1972 all’imboccatura nord dello Stretto. La nave tanker “Sabine” e il cargo “Ilice” vennero a collisione 0,9 miglia al largo di Punta Pezzo e subito dopo la collisione la Sabine si spostò a zig zag verso sud cercando di disperdere il greggio che intanto fuoriusciva dalle proprie taniche. Dopo 36 ore la nave arrivò a Capo Passero, dopo aver disperso in mare 2500 tonnellate di greggio. Le caratteristiche idrodinamiche dello Stretto crearono subito dopo lo sversamento dapprima un accumulo di greggio lungo le coste della Sicilia nella zona di Ganzirri – Faro e successivamente un intenso processo di diluizione con la totale scomparsa degli inquinanti a distanza di 4 giorni dall’incidente.

Il secondo incidente ebbe luogo il 21 marzo del 1985, alle ore 04.50, quando 2500 tonnellate di greggio finirono in mare nelle acque dello stretto. Il tanker “Patos”, urtato dal tanker “Castillo di Monte Argon”, fu trascinato dalle correnti e dal vento sulla spiaggia di Torre Faro. Dalle falle causate sia dall’urto sia dallo spiaggiamento fuoriuscirono grandi quantitativi di greggio. Al momento dell’incidente la corrente di marea si muoveva in direzione Sud – Nord con velocità superiore ai 3 nodi. Alle ore 07.30 ci fu l’inversione di marea, con un flusso discendente da Nord verso Sud con punte di 5 nodi alle 10.40. Legato a questa dinamica fu il movimento del greggio, per cui una parte di esso subito passò attraverso la bocca nord dello stretto, interessando con piccole macchie la costa di Scilla.

Il secondo giorno macchie più consistenti furono segnalate in varie zone a sud dello Stretto, fino a S.Alessio. Furono interessate dall’inquinamento in particolare le coste di Messina e di Reggio Calabria. Il terzo giorno, chiazze di greggio furono segnalate nel Golfo di Milazzo e lungo la costa calabra tra Palmi e Scilla. La dispersione del greggio interessò la parte centrale dello Stretto e la sua parte meridionale, con chiazze anche a sud e a nord dell’area dello Stretto. Il quarto giorno l’area interessata dallo sversamento era ancora maggiore, con macchie segnalate in tutto lo Stretto di Messina, lungo la costa siciliana fino ad Accastello, per diverse miglia dalla costa. Le macchie più dense furono osservate tra Bagnara e Villa S. Giovanni, di fronte la città di Messina, e ancora più a sud, fino alla città di Acireale. A partire dal sesto giorno si notò una diminuzione delle macchie di greggio lungo la costa e durante il settimo giorno furono segnalate rare macchie di idrocarburi a sud di Riposto. La successiva operazione di disinquinamento fu effettuata dalle autorità locali utilizzando grandi quantità di sostanze disperdenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Gli studi effettuati all'epoca evidenziarono come a distanza di un anno dopo l'incidente, gli idrocarburi non erano più presenti nel sedimento e che gli organismi bentonici ricolonizzarono quei tratti di fondale interessati dal greggio (Crisafi, 1995), mettendo in luce lo stretto legame tra il particolare regime idrodinamico dello Stretto, che da una parte rappresenta il principale fattore di autodepurazione delle sue acque, dall'altra è in grado di veicolare rapidamente "inquinanti", nel senso più generico del termine, sia lungo le coste siciliane e calabre dello Stretto sia diversi chilometri a nord e a sud.

### **3.9 Valore biogeografico dello Stretto di Messina**

Lo Stretto di Messina rappresenta, da un punto di vista geografico, un elemento di separazione fisica tra la Sicilia e l'Italia peninsulare e tra il bacino del mare Ionio e quello del mare Tirreno. Da ciò scaturisce un eccezionale valore biogeografico che l'area dello Stretto assume per gli organismi marini, in termini, soprattutto, dell'influenza che svolge sulle dinamiche della loro dispersione, della loro colonizzazione e delle loro migrazioni periodiche. Nonostante lo Stretto interessi un'area ampia, in senso meridiano, appena 40 km e larga, in senso parallelo, in media 25 km, le comunità animali e vegetali che frequentano i suoi ecosistemi marini sono del tutto variegata ed interessanti.

Un così variegato ambiente marino è caratterizzato da una interessante biocenosi, rappresentata dalle tre categorie ecologiche del plancton, del benthos e del necton. Con il termine "plancton" si indica l'insieme degli organismi che vivono in sospensione nel mezzo acquoso, incapaci di vincere, con movimenti propri, i moti del mare (correnti, onde, ecc.) e che pertanto vengono da questi trasportati passivamente. Questo non significa, però, che tutti gli organismi del plancton non siano in grado di eseguire, su piccola o media scala, movimenti di locomozione o spostamenti verticali nella colonna d'acqua. Gli organismi del plancton si distinguono da quelli dotati di movimenti propri, in grado di opporsi e vincere i movimenti dell'acqua e che vivono in acqua libera (gli organismi del necton) e da quelli, invece, che vivono in contatto con il fondo (gli organismi del benthos).

Ad una così complessa organizzazione biocenotica corrisponde in generale un livello molto alto di sensibilità e un livello di vulnerabilità variabile in risposta agli interventi antropici sull'ecosistema marino.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## Stato iniziale dell'ambiente

### 4 La comunità planctonica

Il plancton è rappresentato da quegli organismi animali e vegetali che vivono in balia delle correnti. Esso viene suddiviso in zooplancton e fitoplancton: gli organismi dello zooplancton hanno metabolismo eterotrofo, variano da semplici organismi unicellulari alle larve di pesci, sono capaci di piccoli movimenti, ma sono le correnti marine e le turbolenze dell'acqua a determinarne i principali movimenti; il fitoplancton è composto da organismi a metabolismo autotrofo, protisti e vegetali, generalmente unicellulari o catene di cellule, dotati o meno di organi locomotori quali flagelli. Alcuni organismi del plancton non rientrano però in nessuna di queste due classificazioni: alcuni protisti e batteri per esempio, possono essere fotosintetici, altri protisti e batteri possono essere eterotrofi. Questi organismi erano chiamati mixoplancton. Le classificazioni più recenti dello zooplancton utilizzano criteri funzionali, dimensionali (includendo così organismi appartenenti a gruppi sistematici diversi) e strutturali (con una classificazione di tipo tassonomica).

Una prima classificazione può essere così fatta in base alla sua distribuzione spaziale, in un plancton che predilige le acque costiere (plancton neritico) o le acque del largo (plancton pelagico), anche se le correnti e altri movimenti del mare possono alterare tale modello.

In base alla profondità che esso occupa nella colonna d'acqua, il plancton può essere ulteriormente diviso in pleuston (animali che abitano la superficie del mare, il loro trasporto è determinato principalmente dal vento), neuston (specie che vivono subito al di sotto della superficie, entro i primi mm di profondità), epipelagico (specie che vivono nella zona tra la superficie e i 200 m di profondità) e mesopelagico (al di sotto dei 200 m e fino a 1000 m, dove vivono forme molto particolari di plancton. Oltre questa profondità ritroviamo gli organismi del plancton profondo, della zona batipelagica (fino a 3000-4000 m), della abissopelagica (fino a 6000 m) e della adopelagica. Le correnti profonde e le onde possono anche trasferire organismi generalmente bentonici per le loro funzioni trofiche (anfipodi, isopodi, misidacei) nella colonna d'acqua; essi sono chiamati picoplancton. Una ulteriore classificazione degli organismi del plancton viene fatta in base alle loro dimensioni. Queste variano dalle grandi meduse o catene di salpe, che possono arrivare al metro di lunghezza, ai batteri e ai protisti le cui dimensioni sono nell'ordine del micron.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Dimensioni	Categoria	Organismi
< 2 µm	Picoplancton	Batteri, Cianobatteri, Prasinoficee
2-20 µm	Nanoplancton	Fitoflagellati, Coanoflagellati
20-200 µm	Microplancton	Diatomee, Peridinee, Tintinnidi, Radiolari
0,2-20 mm	Mesoplancton	Copepodi, Eufasiacei, Cladoceri,
2-20 cm	Macroplancton	Meduse, Salpe, Sifonofori, Pteropodi, Chetognati
20-200 cm	Megaplancton	Meduse, Colonie di Tunicati

Il plancton si può poi suddividere in base al tempo trascorso nell'ambiente pelagico. Avremo quindi un oloplancton, composto da quei organismi che trascorrono tutta la loro vita nella colonna d'acqua, e un meroplancton, composto da organismi (uova, stadi larvali e giovanili, spore o gameti) che passano una parte più o meno breve del loro ciclo vitale nella colonna d'acqua ma sono bentonici o nectonici da adulti.

Il significato di queste larve è legato principalmente a due motivi. Il primo è quello della dispersione della specie. Le larve planctoniche assicurano, soprattutto alle specie bentoniche sessili, il mantenimento degli spazi e delle aree occupate dagli adulti, il mantenimento cioè del proprio areale di distribuzione e di cercare nuovi substrati da colonizzare. La dispersione larvale assicura anche il mantenimento di una popolazione nel caso in cui una catastrofica alterazione ambientale provochi la scomparsa degli altri individui già presenti sul substrato. Il secondo motivo è legato al rimescolamento genetico che si ha grazie al trasporto di uova e larve all'interno dell'areale di distribuzione della specie.

All'interno dell'oloplancton possiamo distinguere ulteriormente uno protozooplancton, composto da microscopici animali unicellulari eterotrofi e un metazooplancton, composto da organismi pluricellulari animali.

La distribuzione del plancton nel mare è molto variabile sia nello spazio che nel tempo. Spesso fitoplancton e zooplancton si presentano sotto forma di densi gruppi, di vere e proprie macchie ("patches") sia in senso verticale che orizzontale. Queste macchie hanno dimensioni variabili da pochi centimetri fino a centinaia di chilometri, e questo rende difficile campionare il plancton con i tradizionali metodi quali i retini in quanto quello che si ottiene è una media lungo la lunghezza del percorso di traino.

Numerosi sono i meccanismi che concorrono alla formazione delle "patches" di zooplancton. Tra

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

questi ricordiamo i) le variazioni spaziali nelle condizioni fisiche, quali luce, temperatura e salinità, ii) la turbolenza dell'acqua e il trasporto delle correnti e iii) il rapporto tra lo zooplancton e il suo cibo, il fitoplancton, iv) aree localizzate di riproduzione. (nutrienti) delle acque sono in grado di condizionare in particolare la distribuzione del fitoplancton.

Le variazioni spaziali nelle condizioni fisiche (quali luce, temperatura e salinità) e chimiche (nutrienti) delle acque sono in grado di condizionare in particolare la distribuzione del fitoplancton. Il movimento delle acque, ad esempio, regola il rimescolamento delle acque più profonde, ricche di nutrienti, con le più povere acque superficiali. Le zone ove questi scambi sono più accentuati sono generalmente le zone di maggiore concentrazione del plancton (zone di upwelling, ecc.). I fiumi trasportano in mare grandi quantità di nutrienti; questi nutrienti arricchiscono le acque costiere ed aumentano la produttività delle zone circostanti la foce del fiume. Luce e nutrienti sono fattori vitali per la crescita delle popolazioni di fitoplancton.

Il movimento del vento sulla superficie del mare genera delle correnti di risalita dal fondo verso la superficie e correnti di discesa dalla superficie verso il fondo. Nel caso di vortici ciclonici, con venti che ruotano in senso antiorario, si formano delle zone di risalita di acque profonde che portano in superficie nutrienti, favorendo la crescita del fitoplancton. Vortici anticiclonici (che ruotano in senso orario) provocano invece un accumulo di acqua al centro del vortice e un suo successivo inabissamento, causando una concentrazione di plancton. Le correnti possono produrre una serie di linee di aggregazione di plancton parallele alla superficie del mare, che possono essere divergenti o convergenti a secondo del tipo di corrente. Il fitoplancton in particolare può essere concentrato in queste zone. Anche gli animali dello zooplancton tendono a concentrarsi in tali zone. Analogamente, particelle galleggianti, quali bolle, alghe e residui vari possono concentrarsi in queste aree. Anche le correnti interne possono contribuire alla concentrazione del plancton. Le correnti interne sono delle correnti subacquee che si propagano lungo il picnoclino; si formano quando le correnti di marea scorrono sopra salti vistosi delle batimetrie, quale ad esempio il limite della piattaforma continentale o di un banco sottomarino. Dalla superficie, in condizioni di mare calmo, si possono vedere gli effetti di queste correnti interne come una serie di zone di mare liscio sulla superficie dell'acqua alternate a zone di mare più mosso. Le zone lisce rappresentano zone di discesa delle acque mentre le aree rugose tra esse sono zone di risalita. Lo zooplancton può essere concentrato in queste zone lisce nello stesso modo in cui esso è concentrato nelle zone di discesa viste prima. Anche le correnti superficiali possono creare persistenti pattern di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

distribuzione spaziale nella circolazione. Ostruzioni quali isole o la foce di fiumi possono fortemente alterare il flusso dell'acqua stessa.

Il rapporto tra lo zooplancton e il suo cibo può influenzare la distribuzione dello zooplancton stesso. Su piccola scala temporale o su limitate aree geografiche, dense aggregazioni di fitoplancton e di zooplancton erbivoro tendono ad essere mutuamente esclusive. Questo può essere legato al pesante "brucare" dello zooplancton che riduce il numero del fitoplancton. Può essere anche legato a differenze nel tasso di crescita tra alghe e zooplancton: dove il fitoplancton può moltiplicarsi velocemente grazie a favorevoli condizioni di luce e nutrienti, l'incremento del numero dello zooplancton può essere ritardato a causa del suo più lento ritmo di crescita. Di conseguenza, quando il fitoplancton raggiunge il suo picco di abbondanza e i nutrienti iniziano a diminuire di concentrazione perché consumati, la biomassa zooplanctonica può essere ancora a bassi livelli in quanto solo ora, in risposta ad una alta concentrazione di cibo, essi iniziano a crescere. Anche la riproduzione può giocare un ruolo importante nel causare una distribuzione a patches del plancton. Aggregazioni di zooplancton su piccola scala si formano, infatti, per alcune specie nel momento della riproduzione, così come le larve che schiudono da una emissione di massa tendono a rimanere insieme prima di disperdersi.

## **4.1 Caratteristiche ecologiche**

### **4.1.1 Fitoplancton**

Il fitoplancton si trova alla base della catena alimentare nella stragrande maggioranza degli ecosistemi acquatici. Esso produce, inoltre, la metà dell'ossigeno totale prodotto dagli organismi vegetali della Terra.

La crescita e la successione stagionale del fitoplancton sono influenzate da vari fattori, tra i quali principalmente:

- *l'intensità luminosa*: l'intensità luminosa influisce sull'attività fotosintetica. Nelle regioni temperate le condizioni favorevoli per lo sviluppo vanno dalla primavera all'autunno. Un eccesso di intensità luminosa può anche avere effetti inibitori sulla fotosintesi. La penetrazione della luce alle varie profondità è uno dei fattori più importanti che influiscono sulla distribuzione delle varie specie lungo la colonna d'acqua.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

- *la temperatura*: entro certi limiti l'aumento di temperatura favorisce i processi metabolici, quindi ad una maggiore temperatura corrisponde generalmente una maggiore produzione di biomassa fitoplanctonica. La temperatura influisce anche su altri fattori importanti per il fitoplancton, quali ad esempio la solubilità dell'ossigeno ed i movimenti delle masse d'acqua, ai quali il plancton è per definizione vincolato.
- *la disponibilità di nutrienti*: la disponibilità di nutrienti è legata alla loro immissione dall'esterno del corpo d'acqua ed alla loro mobilitazione dal fondo, dove avviene la degradazione della sostanza organica e dove quindi essi tendono ad accumularsi. Nel caso di un lago la mobilitazione di nutrienti dal fondo è legata alle fasi di piena circolazione che avvengono, per un tipico lago di zona temperata, in primavera ed in autunno.
- *fattori biologici*: le interazioni fra le diverse specie dell'ecosistema acquatico, quali competizione, predazione, parassitismo, hanno una notevole influenza sul fitoplancton, in particolare sulla successione stagionale delle specie che lo compongono.

Interessante è anche la classificazione funzionale di Porter, secondo la quale le diverse specie che compongono il fitoplancton possono essere suddivise secondo il loro ruolo all'interno della rete trofica in:

- \* specie edibili, ovvero quelle facilmente utilizzabili dallo zooplancton erbivoro per via delle dimensioni ridotte e dell'assenza di strutture particolari di resistenza alla predazione. Si tratta principalmente di criptofitee e crisofitee.
- \* specie non edibili, ovvero quelle non utilizzabili dallo zooplancton erbivoro, a causa delle dimensioni, dell'aggregazione in colonie ecc. Tra queste si trovano alcune clorofitee coloniali (Es. *Volvox*) e dinoflagellati (Es. *Ceratium*).
- \* specie resistenti, ovvero che resistono alla digestione e vengono espulse ancora vitali.

Un'altra classificazione di tipo funzionale è quella proposta da Reynolds e riguarda le risposte che le varie specie hanno nei confronti della variazione stagionale di intensità luminosa, disponibilità di nutrienti ecc.. Si possono così distinguere:

- \* Specie C, dette "invasive", che dominano quando sono abbondanti sia luce che nutrienti (tipicamente in primavera). Si tratta di specie a ciclo vitale breve.
- \* Specie S, dette "acquisitive" che dominano quando l'illuminazione è buona, ma gran parte dei nutrienti è stata consumata (tipicamente in estate). Sono generalmente caratterizzate da grosse dimensioni, dotate di strutture che consentono piccoli spostamenti lungo la colonna d'acqua

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

per rimanere nella zona eufotica. Es grosse Cloroficee.

\* Specie R, dette "acclimatanti", che dominano quando sono abbondanti i nutrienti, ma comincia a scarseggiare la luce (tipicamente in autunno). Sono generalmente caratterizzate da un elevato contenuto di clorofilla per cellula e da una notevole capacità (per essere planctoniche) di rimanere nella zona eufotica.

I gruppi principali che costituiscono il fitoplancton sono Diatomee, Dinoflagellati, Coccolitoforidi, Crisoficee, Cianoficee.

Le **Diatomee**, spesso dominanti in acque superficiali temperate e alle alte latitudini, sono alghe unicellulari facenti parte della classe *Bacillariophyceae*, comparse circa 135 milioni di anni fa e le loro dimensioni variano da 2 a 1000 µm. Queste alghe unicellulari sono provviste di un astuccio siliceo formato da due valve o teche, di cui quello superiore è più grande e ricopre quello inferiore come il coperchio di una scatola. Il guscio superiore è detto epiteca quello inferiore ipoteca. All'interno di questo astuccio si trova il protoplasma cellulare nel quale, a sua volta, sono presenti i pigmenti fotosintetici costituiti da clorofilla A e clorofilla C. Sono presenti anche i pigmenti "accessori" soprattutto le xantofille che danno un colore bruno-dorato all'organismo e la fucoxantina (di colore brunastro). Questi astucci sono cosparsi di minuscoli fori, incisioni, rilievi disposti in modo regolare a formare graziosi reticolati. Le diatomee hanno diverse forme e strutture, le possiamo trovare isolate o raggruppate in colonie filamentose. La capsula silicea che ricopre la cellula è detta Frustulo. Il Frustulo ha varie "decorazioni" punctae, alveoli, canaliculi e costae. Le diatomee si dividono in 2 sottogruppi: le pennate e le centriche. Sostanzialmente la differenza tra questi due tipi sono la forma (quelle centriche hanno una simmetria centrale mentre quelle pennate una forma allungata e simmetria bilaterale), il tipo di acqua in cui vivono e soprattutto come vivono. Infatti le alghe diatomee centriche vivono in colonie filamentose in sospensione e quelle pennate singolarmente nei sedimenti marini. Il sistema di locomozione di queste alghe è particolare. In alcune famiglie il guscio inferiore possiede dei fori e soprattutto una fessura longitudinale, detta *rafe* che può essere assiale, sublaterale o presente in una sola valva. Una parte del citoplasma della diatomea fuoriesce da questa fessura e produce una secrezione collosa che scorre lungo il rafe provocando il movimento della diatomea, un po' come se fosse provvista di un cingolo. Le diatomee immagazzinano le loro riserve nutritive sotto forma di goccioline di olio, le quali permettono loro di galleggiare liberamente, rimanendo così in prossimità della superficie, ben esposte alla luce del sole. Il loro habitat naturale è essenzialmente l'acqua e infatti sono presenti in gran numero soprattutto negli stagni, nelle fontane, nei laghi, nei fiumi e nei

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

torrenti. Spesso formano uno strato bruno su pietre sommerse o soggette a spruzzi d'acqua. Inoltre sono presenti anche nel terreno e nelle superfici molto umide. Sia l'ambiente marino sia quello d'acqua dolce sono ricchi di diatomee, e le molecole organiche prodotte da queste microscopiche alghe sono una delle principali fonti di nutrimento in tutti gli ambienti acquatici (rappresentano infatti una fonte di cibo importante per gli animali marini quanto lo sono le piante per gli ambienti terrestri). Tra tutti gli esseri viventi che effettuano la fotosintesi, poi, loro contribuiscono nel 25% di produzione di ossigeno e di sostanze nutritive.

La ricerca di diatomee nelle vie aeree e nei tessuti corporei è un esame routinario per suffragare l'ipotesi di morte per annegamento in acqua dolce. Dato un corpo rinvenuto in acqua, la presenza di diatomee, non solo a livello bronchiale ed alveolare ma anche a livello parenchimale extrapolmonare (fegato, cervello, rene, midollo osseo etc...) sta a significare che il soggetto è annegato. In caso contrario il corpo si è trovato in acqua a morte già sopraggiunta. Le diatomee sono utili anche per stabilire il PMI (Post-Mortem Interval) e cioè il tempo trascorso dalla morte, grazie al tempo di colonizzazione diverso caratteristico delle varie specie di alga. Per questo motivo è molto importante tipizzare la popolazione algale dello specchio d'acqua dolce dove il corpo è stato ritrovato e quella, come nel caso di un fiume, dove si presume che il corpo sia transitato prima del rinvenimento.

I grandi depositi di diatomee fossili (gusci senza organismi che sono ormai morti) formano spessi sedimenti noti come diatomite (o farina fossile), la quale viene utilizzata per le sue proprietà abrasive (ad esempio nei dentifrici) o filtratorie (nelle piscine). Insieme alla nitroglicerina è il principale ingrediente della dinamite, ove funge da stabilizzante.

I **Dinoflagellati** sono principalmente unicellulari, mobili, con due flagelli a frusta utilizzati per la propulsione in acqua. Possono essere autotrofi, eterotrofi, parassiti o simbiotici (con zooxantelle). Spesso sono responsabili di vere e proprie esplosioni nel numero di individui di una o due specie (blooms). I dinoflagellati, conosciuti tradizionalmente anche come pirrofiti o pyrophyta, sono alghe microscopiche acquatiche contenenti clorofilla di tipo *a* e *c*, -carotene e xantofille peculiari, che concorrono alla formazione del plancton sia di mare che d'acqua dolce.

Come già anticipato, sono per la maggior parte unicellulari e mobili con un livello di organizzazione monadale, dotati di due flagelli ciliati uno dei quali situato in un solco che circonda la cellula. La divisione comprende sia specie fotosintetizzanti sia specie eterotrofe. Posseggono riproduzione sessuale e vegetativa longitudinale.

La loro parete cellulare è composta da lamine di cellulosa che formano una teca costituita da due

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

solchi, uno longitudinale e uno trasversale.

Le sostanze di riserva sono granuli di amido conservati all'esterno del cloroplasto e sostanze affini ai grassi.

Sono molto abbondanti in tutti gli oceani e la loro proliferazione può dar origine al fenomeno delle "maree rosse" raggiungendo una densità di circa 30.000 cellule per millilitro di acqua marina. Alcune Pyrrophyta producono neurotossine chiamate Tricocisti (liberate dai pori presenti sulla parete) che determinando morie di pesci ed altri organismi marini. La loro parete cellulare è detta *teca*, ed è formata da placche rigide di cellulosa situate sotto la membrana plasmatica.

Possono vivere insieme a cianobatteri simbiotici o essere esse stesse simbiotici, come ad esempio le *zooxantelle* dei coralli, che permettono la formazione delle barriere coralline tropicali grazie alla loro produttività fotosintetica.

La maggior parte delle specie sono biflagellate, ma esistono anche forme aflagellate, quindi immobili. Come sostanza di riserva hanno l'amido dei dinoflagellati. Hanno un nucleo con mitosi primitiva, in cui i 2 o 4 cromosomi sono attaccati alla membrana nucleare, persistente, e non al fuso. Questi cromosomi sono molto primitivi: non hanno introni, e l'unico istone che posseggono è l'istone H1.

I **Coccolitoforidi** sono piccole alghe unicellulari (< 20 µm) dotate di placche esterne calcaree. Sono abbondanti nelle luminose acque tropicali; si accumulano nei sedimenti e danno origine a marmi.

Le **Silicoflagellate** hanno uno scheletro interno di spicole silicee e dimensioni di 10 – 250 µm. Sono elementi del plancton abbondanti nelle acque più fredde.

Le **Cianoficce** sono batteri ed hanno una parete di tipo Gram negativo, sono sempre unicellulari con le cellule singole (es. *Dermocarpa*) o riunite in colonie. In questo caso le cellule possono essere organizzate in filamenti ramificati (es. *Tolyphotrix*) o non ramificati (ad esempio *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Nostoc*), oppure possono formare cenobi (es. *Chroococcus turgidus*, *Merismopedia*, *Pleurocapsa*, *Microcystis*).

La fotosintesi dei cianobatteri ha luogo nella loro membrana tilacoidea, in un modo analogo a quello che avviene nei cloroplasti delle alghe, dei muschi, delle felci e delle piante con semi.

Per la fotosintesi i cianobatteri non utilizzano solo quella parte dello spettro visibile che utilizzano anche le piante verdi: oltre alla clorofilla a, possiedono altri pigmento fotosintetici, in particolare le ficobiline (tra cui la ficocianina (azzurro), la ficoeritrina (rossa) e la alloficocianina) organizzate in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc		<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

ficobilisomi. La ficocianina dona a molti cianobatteri la caratteristica colorazione blu, ma talvolta (ad esempio nei casi della *Spirulina* e della *Oscillatoria rubescens*) la colorazione è rossa, a causa della ficoeritrina. Il rapporto delle concentrazioni dei singoli pigmenti può variare di molto, colorando i batteri di verde o persino di nero (colorazione a tratti). Le ficobiline permettono lo sfruttamento di una vasta porzione dello spettro visibile (nelle piante la lunghezza d'onda sfruttata varia da 500 a 600 nm, mentre le ficobiline permettono di estendere questo intervallo fino a 650 nm). L'efficienza del processo di raccoglimento della luce è per la ficoeritrina persino più elevata che nella clorofilla. I cianobatteri possono, in questo modo, sopravvivere con successo anche in condizioni di scarsa luminosità, come ad esempio nelle profondità marine o in ecosistemi acquatici caratterizzati da forte corrente. Altri pigmenti fotosintetici dei cianobatteri sono beta-carotene, zeaxantina, echinone e mixoxantofilla. I cianobatteri accumulano, come sostanze di riserva, amido delle cianoficee, granuli di cianoficina (polimero degli aminoacidi arginina e asparagina, come riserva di azoto) e granuli di volutina (costituiti prevalentemente da polifosfati, come riserva di fosforo).

I cianobatteri sono da considerarsi tra gli organismi bio-costruttori, in quanto la loro attività fotosintetica sottrae CO<sub>2</sub> all'ambiente, inducendo la precipitazione del carbonato di calcio (CaCO<sub>3</sub>). Questi organismi danno luogo a vere e proprie piattaforme carbonatiche in ambiente sia marino che lacustre. Molti cianobatteri possono fissare l'azoto riducendo l'azoto elementare (N<sub>2</sub>) in (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) all'interno delle eterocisti, cellule dedicate a questo compito, con parete ispessita per essere impermeabile all'ossigeno (che inibisce il processo di azotofissazione).

Tutte le specie sono in grado di produrre tossine, dette cianotossine, usate, talvolta, come difesa dagli assalti delle specie planctoniche, e che possono appartenere alla categoria delle neurotossine come la beta-metilammino-alanina, la anatosina-a, la saxitossina; queste ultime sono in grado di impedire la comunicazione tra neuroni e cellule muscolari e quindi possono interferire con il sistema nervoso e possono provocare la morte per paralisi dei muscoli respiratori; sono state responsabili di morie di animali nei paesi del nord Europa ed nell'America settentrionale. Inoltre, un'altra categoria di tossine è quella delle epatotossine, che possono indurre danni al fegato e ristagno di sangue nell'organo; il loro effetto è di danneggiare le cellule epatiche intervenendo sul citoscheletro oltre ad inibire le proteinfosfatasi che svolge un ruolo importante nella divisione cellulare. Si stanno effettuando studi per verificare un collegamento fra alterazioni croniche nel tubo digerente ed esposizione con le tossine specifiche oltre alla relazione fra le epatotossine e i tumori. Infine i cianobatteri producono anche una serie di citossine, che riescono a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

danneggiare le cellule, ma non sono pericolose per gli organismi pluricellulari e anzi sono in corso studi e ricerche per poterle utilizzare contro alghe, batteri e cellule tumorali.

Note sono le Microcistine della specie *Microcystis*. Attraverso l'ingestione di pesce e molluschi alcune tossine, come il BMMA, possono giungere all'organismo umano ed animale, conducendo, occasionalmente, ad avvelenamenti fatali. La prima descrizione degli effetti pericolosi indotti dai cianobatteri risale al maggio del 1878 per merito dell'australiano George Francis che inviò una lettera alla rivista Nature. Ricercatori della Carnegie Institution scoprirono nel 2006 che nel Parco Nazionale di Yellowstone vivono cianobatteri che utilizzano cicli giorno-notte: di giorno effettuano la fotosintesi clorofilliana e di notte la fissazione dell'azoto. Questa caratteristica è, ad oggi, considerata unica.

I cianobatteri, come tutti i procarioti, si riproducono asessualmente per scissione. La divisione cellulare nei batteri filamentosi avviene attraverso la formazione centripeta di una parete cellulare trasversale. La moltiplicazione delle colonie, invece, avviene per rottura del filamento o per formazione di ormogoni, cioè segmenti di poche cellule, giovani e non specializzate, che si staccano dal filamento madre per produrne uno nuovo.

In alcuni cianobatteri unicellulari una cellula può dividersi in numerose endospore sferiche, per sopravvivere a condizioni avverse. Altre forme di resistenza, nei cianobatteri filamentosi, sono gli acineti, cellule ingrossate dalla parete resistente e ricche di sostanze di riserva, che in condizioni favorevoli germinano formando ormogoni.

I cianobatteri sono organismi acquatici cosmopoliti che si possono trovare sia in acqua dolce che in acqua salata, da acque fredde di alta montagna ad acque termali fino a 75 °C. Esistono sia specie planctoniche che specie bentoniche o fissate al substrato: nel mare formano pellicole nerastre sugli scogli al limite superiore dell'alta marea, e su rocce carbonatiche, dove c'è gocciolamento di acqua, formano patine lineari chiamate "strisce d'inchiostro".

In condizioni particolarmente favorevoli, ad esempio verso la fine dell'estate, possono raggiungere concentrazioni elevate, causando caratteristiche "fioriture". Inoltre i detergenti ed i fertilizzanti che contaminano i bacini tendono ad aumentare la concentrazione dell'azoto e del fosforo, che in cascata inducono la proliferazione di cianobatteri, talvolta dannosi. Anche la temperatura elevata e l'alcalinità dell'acqua sono due altre componenti ideali per la diffusione dei cianobatteri.

La maggior parte dei cianobatteri vive libera, ma alcuni vivono in simbiosi con le piante: ad esempio *Anabaena azollae* vive in simbiosi con *Azolla* e nelle radici di molte *Cycadales*; *Nostoc* con epatiche, antocerote e alcuni funghi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

#### 4.1.2 Zooplancton

Tra i gruppi principali che compongono il protozooplancton ritroviamo:

- **Protisti.** Sono animali unicellulari tra i più comuni e abbondanti nel plancton. Essi sono grandi consumatori di piccoli organismi, quali i batteri, non direttamente utilizzabili da altre specie dello zooplancton. I protisti sono consumati dagli organismi dello zooplancton più grandi e sono quindi il maggior legame tra le forme microbiche e il resto della catena alimentare planctonica. Tra di essi i Ciliati sono ubiquitari nel plancton e spesso molto abbondanti. Sono di forma allungata e spesso ricoperti da fila di ciglia che, con il loro movimento coordinato, spingono l'acqua e ne permette il movimento. I Foraminiferi sono comuni attraverso tutti gli oceani. Le loro dimensioni variano da meno di 1 mm a pochi millimetri; normalmente secretano uno scheletro esterno di carbonato di calcio, diviso in camere. Il citoplasma occupa le camere e fuoriesce da perforazioni nella conchiglia a formare pseudopodi contrattili che servono alla cattura di fitoplancton e batteri. Foraminiferi sono abbondanti nelle acque aperte e certe specie sono buone indicatrici delle diverse masse d'acqua. I Foraminiferi, quando muoiono, affondano in gran numero sui fondali e, a profondità superiori ai 2000 m, dove il carbonato di calcio non si dissolve, danno luogo a sedimenti profondi noti con il nome di "fanghi a Globigerina", dal nome di un genere di Foraminiferi molto comune. Il 35% degli oceani del mondo sono coperti da questi "fanghi" e il materiale usato per costruire le grandi piramidi d'Egitto fu estratto da depositi di calcare costituiti da gusci di un foraminifero del Terziario inferiore. I Radiolari hanno dimensioni che variano da meno di 50 µm fino a pochi millimetri e forme coloniali che possono arrivare fino a diversi centimetri. Sono comuni, specialmente nelle acque tropicali pelagiche. Una membrana di pseudochitina separa il corpo in una capsula centrale e un citoplasma extracellulare, la calimma. Dritti e rigidi pseudopodi (axopodi) si irradiano dalla capsula centrale. Lo scheletro silicico è normalmente una combinazione di spine radiali e di sfere che producono un complesso di grande bellezza. Sebbene spine ed aculei siano un buon meccanismo di difesa contro i predatori, esse aumentano la superficie del corpo dell'animale, rallentandone l'affondamento nella colonna d'acqua. I Radiolari mangiano molto attivamente, e alcune specie hanno delle alghe simbiotiche, le zooxantelle, all'interno della calimma. Anche i Radiolari sono molto abbondanti e in alcuni mari la loro forte sedimentazione produce dei veri e propri fondi a Radiolari.
- **Celenterati o Cnidari:** da ricordare in questo phylum gli Scifozoi e gli Idrozoi Sifonofori. Le meduse vere e proprie (classe Scifozoi) "nuotano" attraverso la ritmica contrazione della campana che permette loro piccoli movimenti verso l'alto o in avanti. L'adattamento al galleggiamento è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

dato, oltre che dalla campana, dallo sviluppo di una mesoglea gelatinosa che riduce il peso del corpo. Esse catturano zooplankton attraverso i loro tentacoli dotati di strutture urticanti e adesive chiamate nematocisti o cnidocisti. Alcune nematocisti possono paralizzare pesci, altre, quali quelle di alcune Cubomeduse (*Chironex*, la vespa di mare) possono essere molto pericolose anche per l'uomo. Le meduse propriamente dette sono tipicamente planctoniche e alternano la forma medusoide a quella polipoide, bentonica, ma ridotta. Agli Scifozoi appartengono le note e grosse meduse dei nostri mari. Ricordiamo la *Rhizostoma pulmo*, che raggiunge i 50 cm di diametro, la *Pelagia noctiluca* rossastra con macchie viola lungo i tentacoli, estremamente urticanti, e luminescente di notte, la *Cotylorhiza tuberculata*, con l'ombrello di colore giallastro e i tentacoli che terminano con un bottoncino violaceo. I Sifonofori sono un gruppo di cnidari specializzati e polimorfici. Individui di differente morfologia servono le funzioni di alimentazione, riproduzione e galleggiamento. I tentacoli, lunghi fino ad una decina di metri, pendono verso il basso e comprendono gli individui che compongono la colonia: gastrozoidi (specializzati per l'alimentazione), gonozoidi (vi maturano gli elementi sessuali), dattilozoidi (muniti di nematocisti atte a paralizzare la preda), nectocalici (polipi natanti). La velella *Veleva veleva* è più piccola, ma ha un'evidente struttura verticale a forma di vela inserita in un disco orizzontale che serve a farla galleggiare e trasportare dal vento. Alla base del disco vi è un gastrozoide centrale circondato da vari individui della colonia. La base prominente intorno alla vela è ripiena di aria racchiusa in camere d'aria concentriche che serve a stabilizzare l'animale quando esso viene sospinto dal vento. Questi organismi possono essere visti a milioni galleggiare sull'acqua e possono spesso essere spiaggiati lungo le coste.

- **Ctenofori**: phylum esclusivamente marino, è composto da animali simili alle meduse, gelatinosi, trasparenti, vivono in acqua libera e posseggono 8 file esterne di pettini detti cteni, costituiti da ciglia agglutinate. Alcuni hanno anche lunghi tentacoli, senza nematocisti. Nell'acqua riescono a nuotare solo debolmente e quindi le maree e le correnti possono concentrarli in gran numero. Sono carnivori e consumano soprattutto Copepodi. Alcune specie sono forti predatrici di larve di pesci. Molti sono bioluminescenti ed emettono lampi di luce quando disturbati. Nel Mediterraneo sono comuni *Cestus veneris*, il cinto di Venere, a forma di nastro trasparente, lungo sino a 2 metri, con la bocca situata al centro su di un lato e l'organo di senso (statocisti) sul lato opposto.

- **Chetognati**, organismi a forma di siluro, allungati, lunghi da 1 mm a 10 cm, con uno o due paia di pinne laterali. Nuotano rapidamente per mezzo di rapide contrazioni dei muscoli del tronco. Armati di spine sulla testa e con una testa adattata per afferrare le prede, si nutrono voracemente di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

zooplancton. Alcune specie sono spesso confinate in ben specifiche masse d'acqua e possono essere utilizzate per distinguere le acque pelagiche da quelle neritiche.

- **Molluschi.** Ai Molluschi planctonici appartengono Pteropodi e Eteropodi. I Pteropodi (Opisthobranchia) sono dei molluschi oloplanctonici che nuotano per mezzo di espansioni laterali del piede modificato. A volte possono essere ben abbondanti; catturano le prede nell'acqua mediante una rete di muco che essi stessi producono. Gli pteropodi tecosomi hanno una sottile conchiglia di carbonato, conica in *Creseis* o spiralata come in *Limacina*, che, alla morte degli animali, precipita sul fondo e produce i "fanghi a Pteropodi". Gli pteropodi gimnosomati sono privi di conchiglia e hanno braccia con ventose (*Cliona*, *Cliopsis*). Gli Eteropodi, altro gruppo di molluschi pelagici, sono simili alle lumache, hanno il piede modificato a formare una unica pinna e nuotano col piede rivolto verso l'alto, hanno occhi e sono buoni predatori. Ricordiamo tra i Carinariaidea i generi *Carinaria* e *Atlanta*. Infine, da citare il nudibranchio Glaucididae *Glaucus*, con le ceratie adibite a strutture di galleggiamento, vive appeso sotto la superficie del mare in caccia delle meduse di cui si nutre.

- **Policheti.** Alcune famiglie di policheti (*Tomopteris* spp.) sono oloplanctonici e hanno ben sviluppati appendici locomotorie (parapodi, larghi e appiattiti) e organi di senso.

- **Tunicati,** con due classi esclusivamente marine: Taliacei e Appendicularie. I Taliacei sono specializzati per la vita in acque pelagiche, posseggono sifoni inalanti ed esalanti ai lati opposti del corpo e una tunica permanente. *Salpa* ha il corpo a forma di barile e può essere solitaria o formare per gemmazione colonie di decine di individui che rimangono uniti fra loro a formare una catena. *Pyrosoma* è coloniale, di forma cilindrica, chiusa ad una estremità. Le colonie raggiungono 2 metri di lunghezza. *Thalia democratica* è una specie comune nel Mediterraneo, anche essa in grado di dare luogo a lunghe catene di individui. *Doliolum* a forma di barilotto, lunghi da pochi mm a 5 cm, ampiamente distribuiti nei mari temperati. I Taliacei si nutrono di fitoplancton e particolato inorganico che trattengono con una rete di ciglia mucose. Le Appendicularie sono di piccole dimensioni (fino a 5 mm), hanno un corpo ovoide che continua ventralmente in una coda munita di corda dorsale. Per mezzo di ghiandole secernono un involucro trasparente e gelatinoso che li avvolge completamente, il nicchio, provvisto di orifizi conformati a griglia attraverso i quali vengono filtrati gli organismi del plancton. I nicchi vengono periodicamente abbandonati ed essi forniscono una importante sorgente di carbonio per i batteri. Si nutrono di nanoplancton. I generi più frequenti sono *Oikopleura* e *Appendicularia*.

- **Crostacei,** costituiscono il gruppo zooplanctonico più numeroso, costituendo circa il 90 % in peso

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

dello zooplancton di praticamente tutti i mari. Appartengono a questa classe molti gruppi oloplanc tonici, tra questi ricordiamo: cladoceri, copepodi, anfipodi, eufausacei. L'ordine dei Copepodi è il più grande gruppo di crostacei nello zooplancton (7500 specie) e il principale costituente in biomassa del metazooplancton. I Copepodi variano nelle dimensioni da meno di 1 mm a pochi mm di lunghezza. Sono privi di occhi composti ma sono provvisti di un unico occhio mediano semplice. Antennule o prime antenne lunghe e cospicue. I Copepodi Arpacticoidi hanno generalmente adulti che conducono vita bentonica ma le larve di molte specie possono essere molto abbondanti nelle zone costiere. I Misidacei presentano delle tasche incubatrici in cui si sviluppano le uova, situate centralmente alla base delle zampe toraciche. I Copepodi Calanoidi sono i più abbondanti in biomassa, hanno generalmente una forma del corpo a barile e il corpo è composto da testa, torace e addome. Essi nuotano per mezzo di ritmiche battute del primo paio di antenne e delle 5 paia posteriori di appendici toraciche. I Calanoidi hanno un occhio mediano naupliare. Nel genere *Calanus* la femmina porta, ogni 10-14 giorni, le uova in sacchi ovigeri situati inferiormente. Le larve attraversano una serie di stadi naupliari e copepodite prima dello stadio adulto. I Calanoidi si nutrono principalmente di fitoplancton, particolato organico e piccolo zooplancton. La ricerca del cibo è effettuata con il primo paio di antenne che sono ricoperte con peli sensoriali. Essi intrappolano le particelle con le loro setole maxillari. Per favorire il flusso d'acqua verso la bocca, l'animale muove le 4 paia di appendici; quando la particella giunge vicino il Copepode, i massillipedi la raggiungono e la catturano. *Calanus finmarchicus* è presente in tutti gli oceani dalla superficie fino alla profondità di 400 m e costituisce la principale fonte di cibo per le aringhe del Mare del Nord. L'ordine degli Eufausiacei è composto di crostacei a forma di gamberi della lunghezza fino a 5 cm e in grado di formare densi sciame; dominano lo zooplancton della maggior parte dell'oceano Antartico, ma sono comuni nelle acque pelagiche ad alta produttività di tutto il mondo. Essi costituiscono il krill, e sono il principale cibo delle balene e di molte specie di pesci di interesse commerciale. Il krill si nutre attivamente di fitoplancton e piccoli organismi dello zooplancton attraverso 6 lunghi arti attaccati al cefalotorace e utilizzati come un cestino. La specie Antartica, *Euphausia superba*, è una componente chiave della rete alimentare degli oceani meridionali. Compie pronunciate migrazioni verticali. La femmina emette da 2000 a 5000 uova che affondano fino a 800 – 1000 m prima di svilupparsi in larva nauplio. Questa larva muta e gradualmente acquista maggiori capacità natatorie e le caratteristiche dell'adulto. La risalita verso la superficie dagli stadi larvali a krill richiede poche settimane e questa ascesa viene favorita da correnti ascensionali. Nel Mediterraneo la specie più abbondante è *Meganyctiphanes norvegica*,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

che forma un vero e proprio krill mediterraneo, e che riveste un ruolo fondamentale nell'alimentazione soprattutto della balenottera comune, ma anche di pesci e cefalopodi. I Cladoceri hanno un carapace che assume forma di un guscio aperto centralmente, con pochi segmenti spesso non distinguibili e da 4 a 6 paia di appendici. Il primo paio di antennule è piccolo mentre il secondo è grande e ramificato e funziona da organo di propulsione. Sono abbondanti soprattutto nelle zone di estuari; sei specie marine (*Podon* spp., *Evadne* spp.), caratterizzate da una veloce riproduzione per eterogonia, alternano cioè alla riproduzione anfigonica quella partenogenetica. Si nutrono di zooplancton. *Penilia avirostris* è soprattutto costiera e può sopportare ampie variazioni di salinità. possono aprirsi e chiudersi. Anche alcuni Anfipodi, caratteristici per il corpo compresso lateralmente, sono oloplanctoni. *Themisto libellula* è presente nei mari artici con un gran numero di individui e rappresenta una importante fonte di cibo per i merluzzi. *Gammarus oceanicus* è presente nelle acque a ridotta salinità (foce dei fiumi, ecc.). Comune nel Mediterraneo, la *Phronima*, con il capo fuso con il primo toracomero ingrandito, è dotata di occhi; completamente trasparenti, attaccano meduse, ctenofori e salpe. Hanno sviluppo diretto, senza stadi larvali distinti. Forme adulte di Crostacei Decapodi che conducono vita pelagica sono, nel Mediterraneo, le due specie di *Pasiphaea*, *P. rivado* e *P. multidentata*.

Il meroplancton è composto da organismi che temporaneamente fanno parte del plancton. Molti invertebrati bentonici o organismi del necton hanno larve che nuotano in acqua libera per un periodo di tempo variabile prima di insediarsi sul substrato ed effettuare la metamorfosi o di trasformarsi in specie del necton. Le larve lecitotrofiche sono larve il cui nutrimento dipende dal tuorlo presente in uova relativamente grandi; queste larve non hanno strutture digestive e non si nutrono. Esse sono capaci di movimenti limitati e passano poche ore al giorno per muoversi nella colonna d'acqua prima insediarsi o effettuare la metamorfosi. Questo modo di sviluppo larvale non permette la dispersione delle larve se non per brevi tratti, richiede la produzione di poche uova e larve di grandi dimensioni. Esse sono un bersaglio facile per i predatori. Il loro vantaggio è però quello di passare poco tempo nel plancton, e quindi di ridurre le possibilità di essere predate, inoltre esse non dipendono dal plancton per la loro alimentazione e la sopravvivenza. Le larve planctotrofiche invece si alimentano mentre si trovano nel plancton. Generalmente esse hanno strutture specializzate per una alimentazione larvale e un sistema digestivo; si nutrono di batteri planctonici, alghe, altri piccoli zooplanctonti e generalmente si fanno trasportare dalle correnti anche per diverse settimane. Per questa loro capacità di sopravvivere a lungo nelle acque aperte,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

esse hanno una gran capacità di dispersione. In molti gruppi animali lo sviluppo passa attraverso un numero variabile di stadi larvali e, normalmente, la larva è in grado di ritardare la metamorfosi finale e l'insediamento fino a che non trova che le condizioni adatte. Gli animali che producono questo tipo di larva generalmente producono un grande numero di uova, con il vantaggio di aumentare le possibilità di sopravvivenza e di dispersione, ma anche con lo svantaggio di dipendere dal plancton per la loro alimentazione e di aumentare le possibilità di essere predate. Un classico esempio di larva di questo tipo è quella del mitilo (*Mytilus*): in questa specie i sessi sono separati e gli animali rilasciano uova e spermatozoi nell'acqua; entro una decina di ore dalla fecondazione le larve sono completamente ciliate e sono forti nuotatrici. Entro 5-7 giorni si sviluppa una larva veliger in grado di alimentarsi. Normalmente la vita larvale è di circa 4 – 5 settimane. Appartengono al meroplancton le larve degli animali bentonici quali:

- **Poriferi**, con larve anfiblastula (caratteristica di alcune spugne calcaree) e parenchimella (con l'intera superficie esterna flagellata) che conducono una breve vita pelagica
- **Cnidari**, sono presenti nel plancton le meduse degli Idroidi (piccole meduse dotate di velo, prodotte per gemmazione dalle forme polipoidi sessili) e le planule degli Antozoi (coralli e madrepora hanno questa larva planctonica)
- **Molluschi**, bivalvi e gasteropodi producono la larva trocofora che evolve in veliger, dotata di conchiglia e di due lobi ciliati (velum) che serve per la locomozione e la raccolta del cibo.
- **Policheti**, molti gruppi producono una larva trocofora, a forma di barile con diverse bande di ciglia, priva di segmentazione. Alcune specie bentoniche diventano planctoniche durante la fase della riproduzione: la forma sessuale, nota come epitoca, ha adattamenti per il nuoto (allargamento degli occhi, parapodi muscolari, espansioni setose).
- **Briozoi**, producono una larva cifonauta, di forma conica, munita di ciglia sull'orlo inferiore della base e racchiusa da due piccole valve cornee
- **Foronoidei**, producono una larva actinotroca, con vita pelagica molto lunga, che si nutre di fitoplancton
- **Crostacei** hanno nel plancton molte forme larvali. I cirripedi (balani) producono nauplii (tre paia di appendici, corpo ovale e unico grosso occhio situato anteriormente) che evolvono in cypris, forma bivalve contenente globuli di grasso, che dopo un periodo di vita pelagica si posa sul fondo e si trasforma nell'individuo adulto che è sessile. Nei decapodi (gamberi) la vita larvale può essere molto lunga. Lo stadio di nauplio (corpo non segmentato, un occhio mediano semplice, 3 paia di appendici) può essere attraversato nella tasca incubatrice

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

all'interno del guscio dell'uovo. Le uova schiudono generalmente con una forma larvale planctonica, la zoea, a forma di gamberetto con occhi pedunculati. La zoea evolve in larva megalopa nei granchi prima di insediarsi sul substrato o in larva fillosoma, con corpo fogliaceo, nelle aragoste; nei peneidi il nauplio si trasforma in protozoea, poi in mysis e finalmente nella forma giovanile simile all'adulto. I Caridei hanno la larva zoea che attraversa diversi stadi "palemonidei", con occhi sessili composti, tre paia di appendici toraciche natatorie, un telson molto sviluppato e nuotano rovesciati con gli arti in alto e portando avanti la coda. Dopo la metamorfosi la larva perde le appendici natatorie, sviluppa i pleopodi addominali che verranno usati per il nuoto e nuota con gli arti verso il basso e la testa in avanti. I granchi spesso hanno una vita larvale corta, con solamente due fasi: zoea e megalopa

- **Echinodermi** quali ricci, stella marine e oloturie producono una larva dipleurula, con simmetria bilaterale, dalla quale si svilupperanno le forme larvali caratteristiche delle varie classi (doliolaria nei crinoidei, auricularia nelle oloturie, bipinnaria e brachiolaria negli asteroidei, echinopluteo negli echinodermi, ofiopluteo negli ofiuroidi). Tutte queste larve hanno una lunga vita planctonica
- **Pesci**, moltissimi producono uova pelagiche e larve, denominate da molti Autori come "ittioplancton". Le uova sono generalmente trasparenti e di forma sferica, più raramente ovale, spesso con rilievi caratteristici. L'uovo è ricco di tuorlo che serve a nutrire l'embrione per tutto il suo sviluppo. Alcune larve trattengono parte del tuorlo dell'uovo in un sacco sotto il corpo fino a che la bocca e lo stomaco sono completamente formati.

## 4.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto

### 4.2.1 Fitoplancton

Il popolamento vegetale che caratterizza lo Stretto di Messina può essere inquadrato in due grandi gruppi ecologici: il fitoplancton ed il fitobenthos.

La caratteristica più rilevante della distribuzione delle popolazioni fitoplanctoniche è la loro eterogeneità spaziale, definita a "patchiness", e che altro non è se non il risultato delle variazioni spaziali legate sia a processi biologici quali l'accrescimento, la predazione, il galleggiamento e le migrazioni verticali, sia a processi avettivi come la turbolenza. Quest'ultima permette la diffusione di molti nutrienti che influenzano il movimento degli organismi ed, insieme alla radiazione solare,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

crea le condizioni idonee per lo svolgimento della produzione primaria (Margalef, 1997). Confrontando i tre sistemi (Tirreno, Stretto e Ionio) si osserva come, in virtù della variazione dei parametri termo-alini, la biomassa fitoplanctonica, espressa in funzione della concentrazione della clorofilla *a*, nello strato 0-150 m sia più elevata nelle acque tirreniche (range: 0,394-0,061 mg m<sup>-3</sup>), intermedia nello Stretto (range: 0,359-0,090 mg m<sup>-3</sup>) e più bassa nello Ionio (range: 0,333-0,114 mg m<sup>-3</sup>) (Caroppo & Decembrini, 2006). Questi dati sono in contrasto con quanto osservato da Decembrini *et al.* (1998), i cui risultati mostravano la più alta concentrazione di clorofilla *a* e del tasso di assimilazione del carbonio nella parte meridionale dello Stretto, corrispondente alle zone di upwelling di acque ricche di nutrienti. Lo sviluppo fitoplanctonico, favorito dall'arricchimento in nutrienti delle acque di risalita, appariva legato inversamente al mixing nella colonna d'acqua e direttamente al tempo di residenza degli organismi nello stato eufotico. Anche le comunità microbiche sono maggiormente rappresentate nel settore settentrionale (tirrenico) dello Stretto (Caruso *et al.*, 2006). Le classi dimensionali della clorofilla *a* evidenziano come le frazioni nano- e pico- siano più abbondanti (oltre 80%) rispetto a quella microfiteoplanctonica. In particolare, l'incidenza della comunità pico- sul totale aumenta seguendo un gradiente nord-sud (dal 58 al 69%) con percentuali intermedie ai due valori nello Stretto; distribuzione opposta si evidenzia per la frazione micro-, mentre le comunità nano- risultano costanti intorno al valore 25% nei tre sistemi considerati (Caroppo & Decembrini, 2006). L'analisi delle comunità fitoplanctoniche (Magazzù *et al.*, 1995; Caroppo & Decembrini, 2006) ha evidenziato che nell'area dello Stretto sono ben rappresentate le diatomee *Thalassionema bacillare*, *Navicula* sp., *Proboscia alata*, *Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros* spp., *dactyliosolen fragilissimus*, dai dinoflagellati *Heterocapsa niei*, *Heretocapsa triquetra*, *Prorocentrum minimum*, *Scrippsiella precaria*, *Ceratium fusus seta* e *Gymnodium marinum* e dal coccolitoforide *Emiliana huxleyi*.

#### 4.2.2 Zooplancton

La comunità zooplanctonica dello Stretto, estremamente variegata e diversificata, vede nel microzooplancton la sua componente più importante (Sparla & Guglielmo, 1992; Sitran *et al.*, 2007). Esso risulta costituito dai più piccoli organismi eterotrofi (20 - 200 µm) e gioca un ruolo fondamentale nelle catene trofiche alimentari marine, ai fini del trasferimento di energia dai primi livelli trofici a quelli successivi. Analisi condotte in merito alle categorie tassonomiche che lo costituiscono, hanno evidenziato che, nell'area in esame, il 91% circa dei gruppi tassonomici che

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

lo caratterizzano appartengono ai Ciliati ed ai Tintinnidi, il 3,6 % è rappresentato da Radiolari, Acantari e Foraminiferi, mentre gli stadi larvali di Metazoi rappresentano circa il 5,2 % del popolamento. Tra le specie a più ampia distribuzione in tutta l'area si segnalano *Stenosemella nivalis*, *Stenosemella ventricosa*, *Helicostomella subulata*, *Craterella armilla*, *Tintinnopsis* sp. e *Dictyocista mitra*. Inoltre, la presenza di specie come *Codonella aspera*, *Codonella galea*, *Rhabdonella spiralis*, *Salpingella acuminata*, *Salpingella attenuata* e *Dictyocista elegans* assume un importante significato ecologico e biogeografico nella spiegazione dei fenomeni idrodinamici del passaggio di acque orientali nel bacino occidentale del Mediterraneo attraverso lo Stretto di Messina. Inoltre, la presenza di Tintinnidi del genere *Eutintinnus* conferma il fenomeno della sovente risalita di ingenti masse d'acqua di origine profonda, essendo queste specie molto comuni ad elevate profondità (Sparla e Guglielmo, 1992). Come Ciliati e Tintinnidi sono una componente importante del microzooplancton, così gli Eufasiacei lo sono per il macrozooplancton dello Stretto di Messina. Tra le specie dominanti si segnalano *Nematoscelis megalops*, *Euphasia krohni*, *Thysanopoda aequalis*, *Euphausia hemigibba* e *Stylocheiron abbreviatum* (Brancato *et al.*, 2001). Le analisi faunistiche condotte sullo zooplancton dello Stretto di Messina (Sparla & Guglielmo, 1992; Guglielmo *et al.*, 1995; Brancato *et al.*, 2001; Sitran *et al.*, 2007) identificano tutte lo Stretto di Messina come una via di comunicazione tra il bacino orientale e quello occidentale del Mediterraneo e zona di "accumulo" che produce un successivo insemminamento delle aree limitrofe tirrenica e ionica. Tra le altre componenti importanti dello zooplancton si segnalano 19 specie di Sifonofori, 35 specie di Molluschi, 132 specie di Crostacei Copepodi, 15 specie di Misidiacei, 35 specie di Crostacei Amfipodi, 13 specie di Crostacei Eufasiacei, 13 specie di Crostacei Decapodi, 9 specie di Chetognati e 17 specie di Appendicularie.

In genere, inoltre, le comunità zooplanctoniche dello Stretto sono simili a quelle presenti nel Mediterraneo orientale: oltre alle specie ubiquitarie, meso e batipelagiche, si devono segnalare anche specie di origine subtropicale.

## 5 Il gruppo ecologico del benthos

Gli organismi del benthos sono quelli che vivono sul fondo o all'interno di esso, che nuotano nelle sue immediate vicinanze o che contraggono con il substrato relazioni di tipo alimentare (trofico). Il rapporto con il fondo può essere più o meno stretto, più o meno costante, e a volte il margine che divide questi organismi da quelli del plancton e del necton è piuttosto sfumato. Essendo il benthos

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

a contatto con il fondo, esso è condizionato dalle caratteristiche fisiche del substrato stesso. Altri fattori che svolgono un ruolo fondamentale nello strutturare il benthos sono la luce, l'idrodinamismo, il contenuto di sali minerali, di ossigeno e di sostanze nutritive. A questi bisogna poi aggiungere i fattori di tipo "biotico", legati alla presenza di altre specie vegetali o animali in grado di condizionare il popolamento bentonico.

Il substrato presenta una considerevole varietà di aspetti: può essere duro, cioè formato essenzialmente da roccia, scogli, opere portuali, pali, imbarcazioni, oppure mobile (detto anche molle) come la sabbia e il fango. Il substrato può avere una differente struttura e costituzione mineralogica e, se mobile, una differente granulometria, cioè un diverso diametro dei granuli. Il substrato duro è caratterizzato dalle irregolarità delle superfici le quali determinano piccoli ambienti molto variabili. I substrati mobili sono quelli i cui elementi costitutivi sono spostabili gli uni rispetto agli altri. A secondo della loro granulometria si distinguono elementi che vanno dai ciottoli (da qualche centimetro a 25 cm) fino alle argille colloidali più fini (meno di un micron), passando attraverso le ghiaie, le sabbie, le melme. Questi substrati, chiamati sedimenti, si presentano spesso mescolati in una stessa area (sabbia melmosa, ghiaia melmosa, ecc.). Molto schematicamente, si può dire che le dimensioni medie degli elementi costitutivi di un sedimento decrescono via via che ci si allontana dalla riva, nel senso che a partire da questa si incontreranno successivamente, andando verso il largo, ciottoli, ghiaie, sabbie, melme. Questo è legato principalmente alle caratteristiche idrodinamiche dell'area. Nella zona più costiera, soggetta ad un maggior moto ondoso, il sedimento è continuamente rimescolato, e la frazione più fine asportata. Più al largo, in condizioni di moto ondoso ridotto, la frazione più fine del sedimento, trasportata dalle correnti, ha la possibilità di depositarsi e accumularsi sul fondo.

Nel benthos, dal punto di vista dimensionale, si usa distinguere un macrobenthos, un meiobenthos e un microbenthos. Gli studi sulle classificazioni (Nybakken, 1993) fissano i limiti dimensionali del meiobenthos fra 0,5 e 0,062 mm (cioè gli organismi che passano attraverso il filtro di 0,5 mm ma non attraverso quello di 0,062 mm). Pertanto il macrobenthos comprende gli organismi superiori a 0,5 mm e il microbenthos quelli inferiori a 0,062 mm. E' ancora possibile ritrovare vecchie classificazioni in cui il limite delle dimensioni del macrobenthos è posto a 1 o 2 mm. Il microbenthos comprende sia organismi unicellulari (Batteri, Funghi, Alghe unicellulari, Protozoi) sia organismi pluricellulari, rappresentati da piccolissimi metazoi e da larve di metazoi del macrobenthos.

La variabilità degli ambienti dei fondi duri e dei fondi mobili fa sì che le nicchie ecologiche

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

dell'ambiente bentonico siano particolarmente numerose: di conseguenza il benthos presenta una gran varietà di organismi e adattamenti. Il substrato e l'acqua immediatamente sovrastante, formano l'ambiente dove vivono gli organismi bentonici. Questi possono essere ulteriormente suddivisi in endobentonici (endofauna o infauna se animali, endoflora o inflora se vegetali) (gli organismi che vivono all'interno del substrato e presentano caratteristici adattamenti a tale ambiente) ed epibentonici (epifauna o epiflora) (quelli che vivono sulla superficie del substrato e che si proiettano nello strato d'acqua vicino il substrato per la respirazione, l'alimentazione, ecc.). Esistono ovviamente delle specie intermedie, come molti molluschi e policheti che vivono infossati nel substrato ma emergono da esso verso l'acqua sovrastante attraverso sifoni o reti tentacolari e alcuni crostacei che alternano periodi di tempo in cui si trovano infossati nel sedimento con altri in cui nuotano nell'acqua sovrastante. In linea di massima, lo sviluppo dell'epifana è maggiore sui fondi duri, quello dell'endofauna prevale sui fondi mobili. I due tipi di substrato, duro e mobile, ospitano faune molto diverse nella loro fisionomia complessiva: il substrato duro consente l'impianto della maggior parte delle alghe, di invertebrati quali spugne, gorgonacei, madreporari, tunicati, ecc. Il substrato molle ospita un gran numero di invertebrati a comportamento fossorio quali policheti, lamellibranchi, gasteropodi e, inoltre, costituisce la sede di impianto delle fanerogame marine.

Oltre che dal substrato, gli organismi bentonici sono condizionati nella loro distribuzione dalla latitudine e dalla profondità. L'influenza della latitudine si manifesta in rapporto alle differenti zone climatiche e dipende in primo luogo dalla temperatura. L'influenza del clima si fa sentire particolarmente sull'epifauna e sull'epiflora litorale mentre l'infauna litorale, vivendo all'interno del sedimento, ne risente in misura minore. Esempi classici di formazioni bentoniche essenzialmente legate alla latitudine sono quelle delle mangrovie e delle barriere coralline, limitate ai tropici.

Altro importante elemento di differenziazione della vita bentonica è rappresentato dalla profondità. Questa comporta la variazione di tutta una serie di fattori ecologici che influenzano in modo significativo le caratteristiche del benthos. In primo luogo è da considerare la luce. Abbiamo visto in un paragrafo precedente come, all'aumentare della profondità, diminuisce l'intensità luminosa e varia la composizione dello spettro luminoso. In relazione al grado di luminosità vi possono essere ambienti ben illuminati o ambienti scarsamente illuminati. A causa di un diverso adattamento all'intensità della luce gli animali ed i vegetali si distinguono in fotofili (che amano la luce) e sciafili (che preferiscono l'ombra). La scarsa penetrazione della luce sotto i 200 m rende la vita vegetale impossibile, influenzando in modo essenziale sulle caratteristiche dell'ecosistema marino. Altro fattore

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

importante di differenziamento dei popolamenti bentonici legato alla profondità è rappresentato dall'idrodinamismo, che nella zona superficiale è intenso a causa del ritmo delle maree e del moto ondoso mentre in profondità i movimenti delle acque sono dovuti esclusivamente alle correnti. Anche in questo caso avremo organismi adattati a vivere in condizioni di forte moto ondoso (organismi cumatofili) o di forti correnti (organismi reofili) oppure organismi amanti delle zone a minore idrodinamismo (organismi galenofili). Alcuni adattamenti degli organismi bentonici a queste condizioni ambientali saranno descritti più avanti. In profondità la temperatura decresce, diminuiscono le oscillazioni termiche e aumenta la pressione. Avremo così organismi in grado di sopportare ampie escursioni di temperatura (organismi euritermi), quali ad esempio le specie che vivono nelle zone più superficiali, nelle pozze di scogliera, nei laghi salmastri, oppure specie non in grado di sopportare variazioni di temperatura (specie stenoterme), quali le specie che vivono negli abissi. Analogamente avremo specie in grado di sopportare ampie variazioni di pressione (euribate) e specie invece che hanno bisogno di valori di pressione ben precisi e stabili (stenobate). Il benthos presenta quindi aspetti e composizione diversi a seconda della profondità: si determina pertanto una zonazione in fasce verticali il cui numero e la cui ampiezza varia a seconda dei criteri di descrizione adoperati. Un criterio che è stato largamente utilizzato è quello di Ekman che fissa nell'isobata di 200 m la separazione fra le formazioni litorali e quelle profonde. Secondo Ekman questa profondità rappresenta tanto il limite della piattaforma continentale quanto quello che separa la zona illuminata dalla radiazione solare o fotica dalla zona oscura o afotica. Pérès considera tale limite eccessivo sia dal punto di vista biologico, in quanto l'isobata di 200 m è superiore alla profondità di compensazione legata all'efficienza del processo fotosintetico sia da quello geomorfologico, dato che la variazione (il pendio che separa la piattaforma dalla scarpata continentale) si ha in genere intorno ai 150 m di profondità. Oggi si considera in generale che il limite fra la zona fotica e quella afotica oscilli fra i 100 e i 200 m. Talora si riconosce una zona di transizione, situata fra questo limite e i 1.000 m. In questa zona, detta disfotica, la luce può essere sufficiente per la visione ma non per la fotosintesi.

Il benthos è così separato in due sistemi: 1) fitale o litorale caratterizzato dalla presenza di vegetali autotrofi. Esso corrisponde nel dominio pelagico alla zona neritica o epipelagica; 2) afitale o profondo in cui i vegetali autotrofi mancano. Esso corrisponde nel dominio pelagico alla zona oceanica. E' generalmente riconosciuto nel sistema fitale una suddivisione in zona sopratidale o sopralitorale (raggiunta occasionalmente dagli spruzzi e dalle onde, con organismi quindi che sopportano lunghi periodi di emersione), una zona intertidale (talora detta impropriamente litorale,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

compresa tra il limite superiore della alta marea e quello inferiore della bassa marea e quindi con emersioni periodiche più o meno brevi) ed una zona sublitorale o subtidale (sempre immersa).

Il sistema profondo comprende i seguenti piani: a) batiale, in rapporto sia alla scarpata continentale sia alla zona immediatamente sottostante a tale scarpata; b) abissale, in rapporto alla grande pianura che va dalla base della scarpata continentale fino all'orlo delle grandi fosse oceaniche; e) adale, in rapporto alle grandi fosse oceaniche. Questi tre piani corrispondono nel dominio pelagico al batipelagico, all'abissopelagico e all'adopelagico. Naturalmente i piani si distinguono anche per i fattori biotici essendo caratterizzati da diversi tipi di popolamenti.

E' difficile assegnare ai piani dei limiti batimetrici precisi, data la variazione dei fattori sopra indicati. Il piano sopralitorale può avere un'altezza di 50 cm sul livello del mare in tratti di costa riparati (moda calma) e di 3-4 m in tratti di costa esposti (moda battuta); l'ampiezza del piano litorale varia a seconda dell'ampiezza dell'escursione di marea, che è diversa, com'è noto, sia in località differenti che nei vari periodi dell'anno. Nel Mediterraneo, ad esempio, dove l'escursione di marea è piccola, il piano litorale non supera in media i 30-50 cm, mentre nel Mar del Nord può avere anche un'estensione di 10 m. Il limite inferiore del piano sublitorale oscilla fra i 100 e i 200 m, quello del piano batiale è posto in genere a 4.000 m mentre quello del piano abissale a 6000 m. Il piano adale va da tale livello fino alle massime profondità oceaniche (fossa Challenger, presso le Marianne, più di 11.000 m).

Per quanto riguarda la posizione nei confronti del substrato, si usa distinguere, oltre all'epibenthos che vive sul substrato e all'endobenthos che vive all'interno del substrato, un meiobenthos, che vive negli spazi interstiziali fra i granelli di sabbia.

A seconda della capacità di movimento, l'epifauna è detta sessile, come nel caso di poriferi, antozoi, briozoi, ascidiacei, balanidi, ecc. quando è fissa al substrato per tutta la durata di vita dell'adulto, sedentaria quando, pur aderendo al substrato è capace di compiere brevi spostamenti, come nel caso delle patelle e vagile quando si muove strisciando (come in vari gruppi di policheti e molluschi) oppure deambulando grazie ad appendici articolate (crostacei). Altri organismi, detti pivotanti, vivono normalmente infossati nel substrato mobile, ma sono in grado di staccarsi dal fondo, farsi trasportare dalle correnti e infossarsi nuovamente in un luogo più idoneo. E' il caso, ad esempio, dei pennatulacei. Esiste anche un benthos "natante", rappresentato da quei pesci, crostacei, molluschi, ecc. che si spostano nuotando sul fondo, pur stazionando saltuariamente su di esso, e ne dipendono strettamente per l'alimento, il rifugio e la riproduzione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## 5.1 Caratteristiche ecologiche

### 5.1.1 Fitobenthos

I vegetali che costituiscono il fitobenthos sono rappresentati dai grandi gruppi di alghe pluricellulari quali clorofite o alghe verdi, feofite o alghe brune, rodofite o alghe rosse, oltre ad alghe a struttura unicellulare come diatomee e fitoflagellati. Inoltre, importanti vegetali bentonici sono le zosteracee, un gruppo di monocotiledoni affini alle graminacee, che costituiscono le grandi praterie di *Posidonia* e i prati di *Zostera* e di *Cymodocea*. Gruppi di minore importanza sono i funghi e i licheni. Abbondantissimi e molto importanti sono invece i batteri bentonici, tra cui i cianobatteri autotrofi. Di seguito vengono date alcune informazioni di base sui tre principali gruppi di alghe (verdi, rosse e brune). Le fanerogame marine saranno trattate nel paragrafo seguente.

Le **Clorofite** (Chlorophyta) sono una divisione di alghe unicellulari, coloniali e pluricellulari anche di grandi dimensioni e comprendono la maggior parte di quelle che sono chiamate comunemente alghe verdi.

Si pensa che da esse si siano evolute le piante superiori perché, al pari di queste ultime:

- \* possiedono clorofilla *a* e *b*;
- \* accumulano amido come carboidrato di riserva all'interno dei plastidi (ciò è una caratteristica esclusiva di alghe verdi e piante);
- \* posseggono il fragmoplasto (sistema di fibrille che si forma tra due nuclei figli durante la telofase);
- \* hanno un involucro nucleare che scompare all'inizio della mitosi;
- \* nei perossisomi hanno la glicolato ossidasi (enzima fotorespiratorio);

Presentano rosette come le piante (6 subunità che formano miofibrille di cellulosa).

I loro cloroplasti sono formati da 2 a 6 tilacoidi fusi a formare grana. Non hanno reticolo endoplasmatico e la loro sostanza di riserva è l'amido. Presentano il pirenoide (zona nel cloroplasto dove si accumula l'amido), che può essere situato tra i tilacoidi o attraversato da essi o imbrigliato all'interno di questi ultimi.

Nella parete cellulare può essere presente o meno la cellulosa (ne sono prive le sifonali, le quali hanno abbondanti quantità di mannani all'interno della parete).

Alcune specie di *Chlorella* possiedono una parete di grande importanza filogenetica, in quanto contiene la sporopollenina, sostanza tipica dei granuli di polline delle piante a fiore.

Nelle alghe verdi si sono osservati cicli vitali molto vari: aplonte, diplonte, aplodiplonte con

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

alternanza di generazioni, da più semplici (come in *Chlamydomonas*) a più complessi (come nell'*Ulva* o lattuga di mare). In questi cicli una forma diploide (sporofito) si riproduce per via asessuata tramite spore prodotte per meiosi, alternandosi a una forma aploide (gametofito) che si riproduce tramite gameti, cioè per via sessuata. La classificazione delle alghe verdi è ancora oggi oggetto di controversie.

In passato venivano incluse nel regno dei protisti. Classificazioni più recenti, basate su evidenze filogenetiche, inquadrano le alghe verdi nel clade degli archeplastidi o direttamente nel regno delle piante. Il phylum delle clorofite è composto da circa 7000 specie.

Si dividono in 7 classi:

- \* Bryopsidophyceae Bessey (517 specie)
- \* Chlorophyceae Wille (2.027 specie)
- \* Pedinophyceae Moestrup (15 specie)
- \* Pleurostrophyceae K.R. Mattox & K.D. Stewart (4 specie)
- \* Prasinophyceae T. Christensen ex Ø. Moestrup & J. Throndsen (153 specie)
- \* Trebouxiophyceae Friedl (168 specie)
- \* Ulvophyceae K.R. Mattox & K.D. Stewart (928 specie)

La classe delle **Feoficee** (Phaeophyceae) comprende le cosiddette alghe brune. Esse sono organismi complessi da un punto di vista anatomico e morfologico, sempre pluricellulari, quasi esclusivamente marini e che prediligono acque fredde e ben ossigenate. Comprendono circa 250 generi per un totale di oltre 1500 specie. Contengono clorofilla a e c, caroteni (in particolare betacarotene) e grandi quantità di xantofille come pigmenti accessori. Tra queste la fucoxantina è quella responsabile della colorazione di queste alghe.

Questa varietà di pigmenti consente di effettuare la fotosintesi clorofilliana a differenti profondità negli oceani dove lo spettro luminoso sfruttabile non è completo. I loro cloroplasti sono rappresentati da membrane fotosintetiche raggruppate in lamelle formate da 3 tilacoidi. Hanno una parete formata da acido alginico nella parte più esterna e cellulosa nell'interno.

La sostanza di riserva principale è il laminarano (un polisaccaride), che ha localizzazione citoplasmatica e non plastidiale.

Hanno due tipi di talli:

- \* *aplostico* (forma più semplice), in cui le divisioni cellulari avvengono in un'unica direzione dello spazio formando filamenti;
- \* *plostico* (forma più complessa), le divisioni cellulari avvengono in tutte e tre le direzioni dello

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

spazio.

Sono solitamente le alghe di dimensioni maggiori e si possono trovare galleggiare in acqua grazie a delle strutture dette cisti ricche di aria o di olio. Il fatto che siano così esposte alla luce solare non è un problema per il disseccamento, perché producono delle sostanze mucillaginose, tra le quali alginati, che fanno in modo che le cellule di queste alghe siano sempre ben idratate.

Le laminari sono la massima espressione morfologica delle alghe.

Possiedono un tallo plastico di tipo parenchimatico, in cui è necessario un sistema di trasporto dei prodotti della fotosintesi dalle zone illuminate dell'alga in cui vengono sintetizzati alle zone in cui vengono utilizzate.

Lo sporofito delle laminari si divide in 3 parti:

- \* *aptero*, che ancora l'alga al substrato (simile ad una radice);
- \* *cauloide*, simile al fusto delle piante superiori;
- \* *filloide*, costituente le fronde.

Un esempio di alga bruna è il sargasso (*Sargassum*), che contiene le aerocisti, ovvero cellule piene di gas che permettono il galleggiamento delle fronde ed evitano che queste si spezzino.

Le fronde sono l'unica parte fotosintetizzante di queste alghe e contengono le solenocisti, cellule allungate e slargate, ricche di vacuoli che permettono il passaggio di sostanze nutritive. La funzione di trasporto è simile a quella del floema nelle piante superiori.

Le alghe brune sono usate in agricoltura come fertilizzanti organici; nell'industria cosmetica, farmaceutica, tessile, della carta e delle vernici. Inoltre, per il loro contenuto in alginati (dei ficocolloidi: composti che conferiscono viscosità alle soluzioni) vengono utilizzati nell'industria alimentare, per esempio per la produzione di gelati, in quanto impediscono la formazione di cristalli di ghiaccio anche a basse temperature.

Inoltre l'acido alginico estratto dalle alghe è indicato nelle diete, visto che riduce il senso di fame e l'assorbimento di grassi e zuccheri

Le alghe rosse o **Rodofite** (Rhodophyta) sono organismi eucarioti, privi di flagelli, fotosintetizzanti, che contengono clorofilla *a* e *d* (dovuta alla presenza di cianobatteri simbiotici), ficobiline contenute nei ficobilisomi e comprendenti specie plurinucleate. Vivono soprattutto nelle acque di mare calde e se ne annoverano circa 4.000 specie, gran parte delle quali pluricellulari. Sono organismi bio-costruttori, in quanto la loro crescita dà luogo a edifici calcarei di origine organica noti come *piattaforme carbonatiche*, e contribuiscono alla costruzione di vere e proprie *scogliere organogene*. La parete cellulare è povera di cellulosa ma ricca di agar agar (polisaccaride acido) e carragenani;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

in alcune alghe rosse manca la cellulosa, al posto della quale ci sono xilani e mannani.

I cloroplasti di queste alghe hanno tilacoidi che restano isolati, disposti più o meno parallelamente tra loro e non associati in lamelle. Un unico tilacoide periferico avvolge tutti quelli interni. Lungo le membrane tilacoidali si trovano allineati i ficobilisomi. I cloroplasti hanno forma stellata, reticolata o lobata. Non hanno reticolo endoplasmatico. Hanno il pirenoide. La loro sostanza di riserva è l'amido delle floridee.

La maggior parte della alghe rosse ha un tallo molto elaborato, fatto dall'aggregazione di numerosi filamenti cellulari nei quali le singole cellule sono collegate mediante delle sinapsi chiamate *Pit connections*, che sono delle perforazioni che mettono in comunicazione cellule contigue di uno stesso filamento e nelle quali si deposita materiale glicoproteico di forma lenticolare. Tra cellule di filamenti diversi si possono formare delle *Pit connections* secondarie, in questo caso, preliminarmente si forma una cellula laterale che poi viene riassorbita. *Pit connections* secondarie si possono formare anche tra cellule di organismi diversi, legati tra loro da un rapporto simbiotico. Alcune specie di alghe rosse sono utilizzate dall'uomo come cibo, le specie *Palmaria palmata* e la *Porphyra* sono molto diffuse nelle tavole dell'Arcipelago britannico.

### **Le praterie marine**

Le fanerogame sono piante superiori dotate quindi di radici, rizoma (fusto) e foglie. Vivono sulla terraferma ed in mare dove sono presenti una cinquantina di specie. Producono fiori, e frutti galleggianti che raggiungono la superficie e sono trasportati dalle correnti fino a riscendere al fondo dove danno origine ad una nuova pianta. Crescono anche vegetativamente espandendosi lateralmente fino ad occupare ampie aree di fondale. Hanno una importanza notevole in quanto possono ricoprire enormi estensioni di fondale, ed in particolare *Posidonia oceanica*, specie endemica del Mediterraneo, occupa prevalentemente i fondali sabbiosi compresi tra i 10 e i 30-40 m di profondità. La pianta si insedia sul fondo mobile e rimane ancorata per mezzo di radici. La crescita annuale del rizoma consente di creare spazi in cui si intrappola nuovo sedimento. L'insieme delle piante crescendo verticalmente e intrappolando sedimento formano una struttura molto compatta che prende il nome di Matte. Con questo meccanismo la *Posidonia* è in grado di utilizzare un fondale, quello sabbioso, non utilizzabile dalle alghe per assenza di strutture in grado di ancorarsi al sedimento. Per l'ampiezza delle superfici occupate dalle fanerogame queste specie sono molto importanti da un punto di vista ecologico nonostante in tutto il mondo esistano poche specie.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

La densità sul fondale può essere molto elevata, raggiungendo per alcune specie le 4000 piante per metro quadro e una biomassa di 2 kg/m<sup>2</sup>. La Posidonia può raggiungere le 1000 piante per metro quadro formando quindi vere e proprie praterie compatte monospecifiche. E' questa la ragione per cui si parla, analogamente alle condizioni terrestri, di praterie di Posidonia. Diversamente dalle altre sorgenti di produzione primaria in mare legate alle diverse migliaia di specie di alghe che utilizzano i nutrienti presenti nella colonna d'acqua, le fanerogame sono in grado di assorbire nutrienti dal sedimento per mezzo delle radici. Sono quindi in grado di riciclare nutrienti che sarebbero altrimenti persi nel sedimento. Tuttavia il loro ruolo trofico è meno evidente degli analoghi prati terrestri in quanto mentre numerosi sono gli erbivori che sostengono le praterie terrestri, le fanerogame marine sono utilizzate da un numero di erbivori particolarmente basso non in grado sicuramente di canalizzare la grande biomassa prodotta, nelle comunità costiere. L'ipotesi di utilizzazione di tale produzione attraverso il ciclo del detrito è quella correntemente ipotizzata. Le foglie che si distaccano, muoiono e si frammentano in piccole particelle sono poi utilizzate da diversi organismi detritivori che a loro volta sono poi predati da altri carnivori.

La Posidonia forma una complessa comunità, da alcuni considerata addirittura un ecosistema in quanto le diverse stratificazioni dalle foglie con i suoi epibionti, alla matte con la complessa fauna associata possono essere considerati un complesso di biocenosi.

La *Posidonia oceanica* ((L.) Delile, 1813) è una pianta acquatica, endemica del Mar Mediterraneo, appartenente alla famiglia delle Posidoniacee (Angiosperme Monocotiledoni).

Ha caratteristiche simili alle piante terrestri, ha radici, un fusto rizomatoso e foglie nastriformi lunghe fino ad un metro e unite in ciuffi di 6-7. Fiorisce in autunno e in primavera produce frutti galleggianti volgarmente chiamati "olive di mare".

Forma delle praterie sottomarine che hanno una notevole importanza ecologica, costituendo la comunità climax del mar Mediterraneo ed esercitando una notevole azione nella protezione della linea di costa dall'erosione. Al suo interno vivono molti organismi animali e vegetali che nella prateria trovano nutrimento e protezione.

Il posidonieto è considerato un buon bioindicatore della qualità delle acque marine costiere.

La *Posidonia oceanica* presenta radici che servono principalmente per ancorare la pianta al substrato, rizoma e foglie nastriformi.

I rizomi, spessi fino ad 1 cm, crescono sia in senso orizzontale (rizomi *plagiotropi*), sia in senso verticale (rizomi *ortotropi*). I primi, grazie alla presenza sul lato inferiore di radici lignificate e lunghe

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

fino a 15 cm, ancorano la pianta al substrato mentre i secondi, incrementando l'altezza, hanno la funzione di contrastare l'insabbiamento dovuto alla continua sedimentazione[1]. I due tipi di accrescimento danno luogo alla cosiddetta *matte*, una formazione a terrazzo costituita dall'intreccio degli strati di rizomi, radici e dal sedimento intrappolato. In questo modo le posidonie colonizzano un ambiente difficilmente utilizzabile dalle alghe a causa della mancanza di radici.

Le foglie nascono dai rizomi ortotropi, sono nastriformi, di colore verde brillante che diventa bruno con il passare del tempo. Raggiungono la lunghezza di circa 1,5 m, sono larghe in media 1 cm e presentano da 13 a 17 nervature parallele. Gli apici sono arrotondati e spesso vengono persi per l'azione del moto ondoso e delle correnti.

Sono organizzate in fasci che presentano 6 o 7 foglie, con le più vecchie che si trovano all'esterno e le più giovani all'interno e vengono suddivise in tre categorie:

- \* Foglie adulte: presentano una lamina con funzione fotosintetica e da una base separata dal lembo fogliare da una struttura concava detta "ligula";
- \* Foglie intermedie: sono prive della base;
- \* Fogli giovanili: sono convenzionalmente di lunghezza inferiore ai 50 mm.

In autunno la pianta perde le foglie adulte più esterne, che diventano di colore bruno e sono fotosinteticamente inattive e durante l'inverno vengono prodotte le nuove foglie.

La *Posidonia oceanica* si riproduce sia sessualmente sia asessualmente per stolonizzazione.

La riproduzione sessuale avviene mediante la produzione di fiori e frutti. I fiori sono ermafroditi e raggruppati in una infiorescenza a forma di spiga, di colore verde e racchiusa tra brattee fiorali. L'asse floreale si attacca al rizoma al centro del fascio. Il gineceo è formato da un ovario uniloculare che continua con uno stilo e termina con lo stigma; l'androceo è costituito da tre stami con antere corte. La fioritura è regolata da fattori ambientali (luce e temperatura) e da fattori endogeni (età e dimensione della pianta) e avviene in settembre - ottobre nelle praterie più vicine alla superficie del mare, mentre è spostata di due mesi nelle praterie più profonde.

Il polline all'interno dell'antera è di forma sferica, ma diventa filamentoso appena viene rilasciato in acqua. Non sono presenti meccanismi di riconoscimento tra polline e stigma che prevengano l'autofecondazione. L'impollinazione è idrofila e può portare alla formazione dei frutti, sebbene alcuni abortiscano prima della maturazione che avviene dopo sei mesi. Una volta maturi, i frutti si staccano e galleggiano in superficie.

Il frutto, leggermente carnoso e chiamato volgarmente "oliva di mare", è simile ad una drupa e presenta un pericarpo poroso e ricco di una sostanza oleosa che ne permette il galleggiamento.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

Quando marcisce viene liberato un seme, rivestito da una membrana sottile ma privo di un vero e proprio tegumento, che cade sul fondo e se trova le adatte condizioni di profondità, stabilità e tipo di sedimento germina e da origine ad una nuova pianta. Affinché la piantina possa attecchire è necessario che trovi un substrato umificato. L'umificazione consiste nella degradazione dei detriti vegetali, quindi la pianta può impiantarsi in "suoli" precedentemente colonizzati da altri vegetali, quali macroalghe o altre fanerogame. Si genera così una vera e propria successione ecologica in cui posidonia rappresenta l'ultimo stadio successionale. La germinazione comincia con l'emissione di una piccola radice bianca dal polo radicale e di una fogliolina dal polo apicale. Con la riproduzione sessuata la pianta colonizza nuove aree, diffonde le praterie in altre zone e garantisce la variabilità genetica.

La stolonizzazione, che permette l'espansione delle praterie, avviene invece mediante l'accrescimento dei rizomi plagiotropi, che crescono di ca. 7 cm/anno e colonizzano nuovi spazi. Un alto accumulo di sedimenti e la diminuzione dello spazio a disposizione per la crescita orizzontale, stimola la crescita verticale dei rizomi, formando così la *matte*.

L'accrescimento verticale dei rizomi porta alla formazione di una struttura chiamata *matte*, costituita da un intreccio di rizomi morti e radici tra i quali resta intrappolato il sedimento. Solo la parte sommitale di queste strutture è formata da piante vive.

La formazione delle *mattes* dipende in massima parte dai ritmi di sedimentazione; un'alta velocità di sedimentazione può portare ad un eccessivo insabbiamento dei rizomi e quindi al loro soffocamento; al contrario, una sedimentazione troppo lenta può portare allo scalzamento dei rizomi ed alla regressione della prateria. Poiché la velocità di decomposizione dei rizomi è molto lenta essi possono rimanere all'interno della *matte* anche per millenni.

La *matte* ha un ritmo di crescita molto lento: il suo accrescimento è stato stimato in circa 1 m al secolo.

Come tutte le fanerogame marine, la posidonia ha evoluto una serie di adattamenti morfologici e fisiologici atti a permetterle la vita in mare. In molti degli organi è presente il parenchima aerifero, che facilita gli scambi gassosi in tutte le parti della pianta e che forma una fitta rete tra foglie, rizoma e radici.

Le foglie sono prive di stomi ed hanno una cuticola sottile per facilitare la diffusione di ioni e CO<sub>2</sub>. Le posidonie sono in grado di assorbire i nutrienti anche per via fogliare. Spesso le piante vivono in un substrato soggetto all'anossia (mancanza di ossigeno). Per questo motivo le radici, oltre ad assicurare l'ancoraggio e l'assorbimento delle sostanze nutritive, fungono da riserva di ossigeno,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

prodotto per fotosintesi dalle foglie e trasportato dal parenchima aerifero.

Come tutte le Fanerogame marine, anche la *Posidonia oceanica* si è evoluta da Angiosperme che vivevano nella zona intertidale, al confine tra la terra e il mare, e che erano quindi in grado di sopportare brevi periodi di immersione in acqua. Quando l'impollinazione da anemofila è diventata idrofila, le piante hanno completamente abbandonato la terraferma. I primi fossili di posidonia (*Posidonia cretacea*) risalgono al Cretaceo, circa 120 milioni di anni fa, mentre nell'Eocene, 30 milioni di anni fa, fece la sua comparsa la *Posidonia parisiensis*. La crisi di salinità del Messiniano, avvenuta circa 6 milioni di anni fa nel Mediterraneo, ha provocato un abbattimento della diversità genetica in posidonia. Mentre prima esistevano sia ceppi in grado di vivere in condizioni locali di alta salinità sia ceppi capaci di vivere in bacini a salinità bassa, dopo la crisi questi ultimi sono scomparsi e sono stati selezionati solo quelli capaci di vivere a salinità elevate. All'interno dello stagnone di Marsala, le praterie si trovano in una zona che può raggiungere valori di salinità del 46-48‰.

Linneo, nel suo "*Systema Naturae*", descrisse la specie chiamandola *Zostera oceanica*. Nel 1813 lo studioso Delile la rinominò *Posidonia oceanica*. Il genere *Posidonia* appartiene, secondo la maggior parte dei botanici, alla famiglia delle Posidoniaceae ma ci sono autori che la attribuiscono alle Potamogetonaceae, altri alle Najadaceae e altri ancora alle Zosteraceae. Anche per quanto riguarda l'ordine non vi è accordo tra gli studiosi. Secondo la classificazione Cronquist *Posidonia* appartenerrebbe all'ordine Najadales, mentre secondo l'ITIS all'ordine Potamogetonales. La classificazione APG mantiene l'attribuzione alle Posidoniaceae ma assegna la famiglia all'ordine Alismatales e considera sinonimi i due ordini sopra citati.

Il nome generico *Posidonia* deriva dal greco Poseidone, il dio del mare, mentre l'epiteto specifico *oceanica* si riferisce al fatto che questa specie aveva una distribuzione ben più ampia di quella attuale.

Questa specie si trova solo nel Mar Mediterraneo; occupa un'area intorno al 3% dell'intero bacino (corrispondente ad una superficie di circa 38.000 km<sup>2</sup>), rappresentando una specie chiave dell'ecosistema marino costiero.

Un segnale inequivocabile dell'esistenza di una prateria di posidonia è la presenza di masse di foglie in decomposizione (dette *banquette*) sulla spiaggia antistante. Per quanto possano essere fastidiose hanno una notevole rilevanza nella protezione delle spiagge dall'erosione. Secondo la parte IV del Testo Unico Ambientale (D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale")

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

le foglie di posidonia spiaggiate sono da considerare rifiuti solidi e devono quindi essere smaltite. Secondo alcuni questo materiale vegetale potrebbe essere utilizzato per il compostaggio, ma ciò è attualmente vietato dall'allegato 1C della legge 748/84 (L. 19 ottobre 1984, n. 748, in materia di "Nuove Norme per la Disciplina dei Fertilizzanti") che vieta l'uso di "alghe e piante marine" per la preparazione del compost.

Sulle spiagge si trovano inoltre, e soprattutto in inverno, delle "palle" marroni formate da fibre di posidonia aggregate dal moto ondoso e dette *egagropili*.

La posidonia vive tra 1 e 30 metri di profondità, eccezionalmente e solo in acque molto limpide fino ai 40 metri, e sopporta temperature comprese fra i 10 e i 28 °C. È una pianta che necessita di valori di salinità relativamente costanti per cui difficilmente si trova nei pressi di foci di fiumi o nelle lagune. Ha bisogno di una forte illuminazione, per cui la luce è uno dei principali fattori limitanti. Colonizza i fondali sabbiosi o detritici ai quali aderisce per mezzo dei rizomi e sui quali forma vaste praterie, o posidonieti, ad elevata densità (oltre 700 piante per metro quadrato). La produzione primaria fogliare delle praterie varia da 68 a 147 g C m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>, mentre la produzione dei rizomi va da 8,2 a 18 g C m<sup>-2</sup> y<sup>-1</sup>. Una piccola parte di questa produzione (dal 3 al 10%) viene utilizzata dagli erbivori, una parte più cospicua passa agli organismi decompositori e un'altra percentuale viene immagazzinata all'interno delle *matte* in foglie e rizomi.

Le praterie presentano un limite superiore ed un limite inferiore.

Il primo, il punto in cui ha inizio la prateria partendo dalla costa, è piuttosto netto, mentre il secondo, il punto dove finisce, può essere di tre tipi:

- \* Limite progressivo o climatico: con l'aumentare della profondità, diminuisce la densità dei fascicoli fogliari perché la luce diventa un fattore limitante. È caratterizzato dalla presenza di rizomi plagiotropi che finiscono improvvisamente.
- \* Limite netto o edafico: il tipo di substrato non permette la progressione dei rizomi, passando per esempio da un substrato sabbioso ad uno roccioso. È caratterizzato dall'assenza di *matte* e dalla presenza di un'alta densità di fascicoli fogliari.
- \* Limite erosivo: è legato al forte idrodinamismo che non consente alla prateria di progredire. È caratterizzato da elevata densità e presenza di *matte*.
- \* Limite regressivo: è causato dall'inquinamento che rende le acque di una data area torbide, impedendo quindi la penetrazione della luce più in profondità. Vi si trovano solo *matte* morte.

Nelle aree riparate e a basso idrodinamismo, che provoca una maggiore sedimentazione, le *matte*

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

possono alzarsi fino a che le foglie non raggiungono la superficie dell'acqua. Si crea in questo modo una barriera detta *recif barriere*. Tra la barriera e il litorale si può formare una laguna, e ciò impedisce il progredire della prateria verso la costa. La *recif barriere* ha un ruolo importantissimo nella protezione della linea costiera dall'erosione.

Nelle zone a forte idrodinamismo, invece, i rizomi possono essere scalzati, creando delle formazioni dette *intermatte*, costituite da canali di erosione.

Le caratteristiche proprie della pianta di posidonia, la sua dinamica di crescita e la grande quantità di biomassa prodotta, sono dei fattori in grado di reggere delle comunità animali e vegetali molto diversificate. Distinguiamo comunità epifite, cioè di batteri, alghe e briozoi che colonizzano la superficie fogliare e i rizomi della pianta, comunità animali vagili e sessili e comunità di organismi detritivori.

Lungo la foglia si possono identificare delle successioni e delle zonazioni che seguono l'età della foglia. In prossimità della base della foglia e sulle foglie giovani, si impiantano Diatomee e batteri; successivamente nella parte centrale si impiantano alghe rosse e brune incrostanti, mentre sopra le incrostanti e nella zona apicale vivono alghe erette filamentose.

Le comunità epifite vengono predate da Molluschi Gasteropodi, Crostacei Anfipodi e Policheti e rivestono un ruolo molto importante nella catena alimentare delle praterie di posidonia, considerando il fatto che sono pochi gli organismi in grado di nutrirsi direttamente del tessuto vegetale della pianta, sgradita agli erbivori per l'alta percentuale di carboidrati strutturali, per gli alti valori di C e N e per la presenza di composti fenolici. Gli epifiti, però, possono anche danneggiare le posidonie. Essi, infatti, aumentandone il peso, possono causare la caduta prematura delle foglie, diminuiscono la luce e inoltre ostacolano gli scambi gassosi e l'assorbimento di nutrienti attraverso la foglie.

La fauna associata alle praterie di posidonia è costituita da animali sessili, che vivono cioè adesi al substrato costituito dalle foglie e dai rizomi, e da animali vagili, capaci di muoversi all'interno della prateria. Vi sono poi degli organismi, costituenti l'infauna, che vivono all'interno delle *matte* e che sono principalmente detritivori. Studi effettuati da Gambi *et al.* nel 1992 hanno dimostrato come circa il 70% del popolamento animale complessivo della prateria sia costituito da erbivori. Tra questi, i più abbondanti sono gli echinodermi, in particolare il riccio *Paracentrotus lividus*, tra i pochi organismi in grado di cibarsi direttamente delle foglie della pianta. I carnivori sono rappresentati da pesci, molluschi, policheti e decapodi.

Tra i molluschi, abitatore abituale e quasi esclusivo delle praterie è la *Pinna nobilis*, il bivalve più

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

grande del Mediterraneo e fortemente minacciato dalla pesca dei collezionisti e dall'inquinamento. Il popolamento ittico è costituito da un piccolo numero di specie, principalmente labridi e sparidi quasi tutti carnivori. Sono poco frequenti pesci di grandi dimensioni e durante il corso dell'anno si assiste a variazioni dell'abbondanza specifica dovute a reclutamenti e migrazioni. Nelle praterie superficiali e riparate, vi è una grande abbondanza dell'erbivoro *Sarpa salpa*, che rappresenta il 40-70% della fauna ittica estiva.

Il compartimento detritico, costituito dalla lettiera formata dai resti delle foglie cadute, viene colonizzato da microorganismi e funghi. Un gruppo particolare di detritivori sono policheti (*Lysidice ninetta*, *Lysidice collaris* e *Nematonereis unicornis*) e isopodi (*Idotea hectica*, *Limnoria mazzellae*), detti *borers*, che scavano delle gallerie all'interno delle scaglie (resti delle basi fogliari che restano attaccate al rizoma per anni) per nutrirsi e per espandere il proprio habitat

Le foglie, degradate dal moto ondoso e dai microrganismi, una volta spiaggiate, prendono il nome di *banquette* e servono da rifugio e nutrimento a insetti, anfipodi e isopodi sopitando una caratteristica comunità del piano sopralitorale.

Dal punto di vista fitosociologico, la *P. oceanica* rappresenta la specie caratteristica dell'associazione *Posidonietum oceanicae* Molinier 1958. Questa associazione è caratteristica dei fondi sabbiosi e fangosi del piano infralitorale e al suo interno si distinguono diversi aggruppamenti da esso dipendenti: sui rizomi si trova la biocenosi sciafila costituita dall'associazione *Flabellio-Peyssonnelietum squamariae* Molinier 1958, mentre sulle foglie della pianta si distingue l'associazione epifita *Myrionemo-Giraudietum sphacelarioidis* Van der Ben 1971. Questo aggruppamento non è esclusivo del Posidonieto, ma si ritrova anche sulle foglie di altre Angiosperme marine e sulle Cystoseire.

La prateria di posidonia costituisce la "comunità *climax*" del Mediterraneo, cioè rappresenta il massimo livello di sviluppo e complessità che un ecosistema può raggiungere. Il posidonieto è, quindi, l'ecosistema più importante del mar Mediterraneo ed è stato indicato come "*habitat prioritario*" nell'allegato I della *Direttiva Habitat* (Dir. n. 92/43/CEE), una legge che raggruppa tutti i Siti di Importanza Comunitaria (SIC) che necessitano di essere protetti.

Nell'ecosistema costiero la posidonia riveste un ruolo fondamentale per diversi motivi:

- \* grazie al suo sviluppo fogliare libera nell'ambiente fino a 20 litri di ossigeno al giorno per ogni m<sup>2</sup> di prateria
- \* produce ed esporta biomassa sia negli ecosistemi limitrofi sia in profondità;
- \* offre riparo ed è area di riproduzione per molti pesci, cefalopodi, bivalvi, gasteropodi,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

echinodermi e tunicati;

- \* consolida il fondale sottocosta contribuendo a contrastare un eccessivo trasporto di sedimenti sottili dalle correnti costiere;
- \* agisce da barriera soffolta che smorza la forza delle correnti e delle onde prevenendo l'erosione costiera;
- \* lo smorzamento del moto ondoso operato dallo strato di foglie morte sulle spiagge le protegge dall'erosione, soprattutto nel periodo delle mareggiate invernali.

In tutto il Mediterraneo le praterie di posidonia sono in regressione, un fenomeno che è andato aumentando con gli anni con l'aumento della pressione antropica sulla fascia costiera.

La scomparsa delle praterie di posidonia ha degli effetti negativi non solo sul posidonieto ma anche su altri ecosistemi, basti pensare che la perdita di un solo metro lineare di prateria può portare alla scomparsa di diversi metri della spiaggia antistante, a causa dei fenomeni erosivi. Inoltre la regressione delle praterie comporta una perdita di biodiversità e un deterioramento della qualità delle acque.

Le cause della regressione sono da ricercarsi in:

- \* inquinamento: la posidonia è molto sensibile agli agenti inquinanti;
- \* pesca a strascico;
- \* nautica da diporto (raschiamento delle ancore sul fondale, sversamenti di idrocarburi, detersivi, vernici, rifiuti solidi etc...)
- \* costruzione di opere costiere e di conseguenza l'immissione di scarichi fognari in mare che aumentando la torbidità dell'acqua e ostacolano la fotosintesi;
- \* costruzione di dighe, dighe foranee e barriere che modificano il tasso di sedimentazione in mare;
- \* eutrofizzazione delle acque costiere che provoca un'abnorme crescita delle alghe epifite, ostacolando così la fotosintesi.

Recentemente le praterie sono minacciate anche dalla competizione con due alghe tropicali accidentalmente immesse in Mediterraneo, la *Caulerpa taxifolia* e la *Caulerpa racemosa*. Le due alghe presentano una crescita rapidissima e stanno via via soppiantando la posidonia.

Da circa una ventina di anni sta sempre più prendendo piede l'utilizzo di *P. oceanica* come indicatore biologico.

La pianta infatti presenta tutte le caratteristiche proprie di un buon bioindicatore:

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- \* è una specie bentonica;
- \* presenta un lungo ciclo vitale;
- \* è diffusa ampiamente in tutto il Mediterraneo;
- \* ha una grande capacità di concentrazione nei suoi tessuti di sostanze inquinanti;
- \* è molto sensibile ai cambiamenti ambientali.

Attraverso lo studio delle praterie è quindi possibile avere un quadro piuttosto attendibile della qualità ambientale delle acque marine costiere.

Quattro sono generalmente i metodi di studio delle praterie di posidonia:

- \* analisi e monitoraggio del limite inferiore;
- \* analisi della densità della prateria;
- \* analisi fenologica;
- \* analisi lepidocronologica

Una recente indagine (marzo-aprile 2011) condotta nell'ambito delle attività di monitoraggio d'area vasta dell'Ambiente Marino ha consentito di rilevare le biocensi presenti lungo le coste dei due versanti interessati dall'opera di attraversamento.

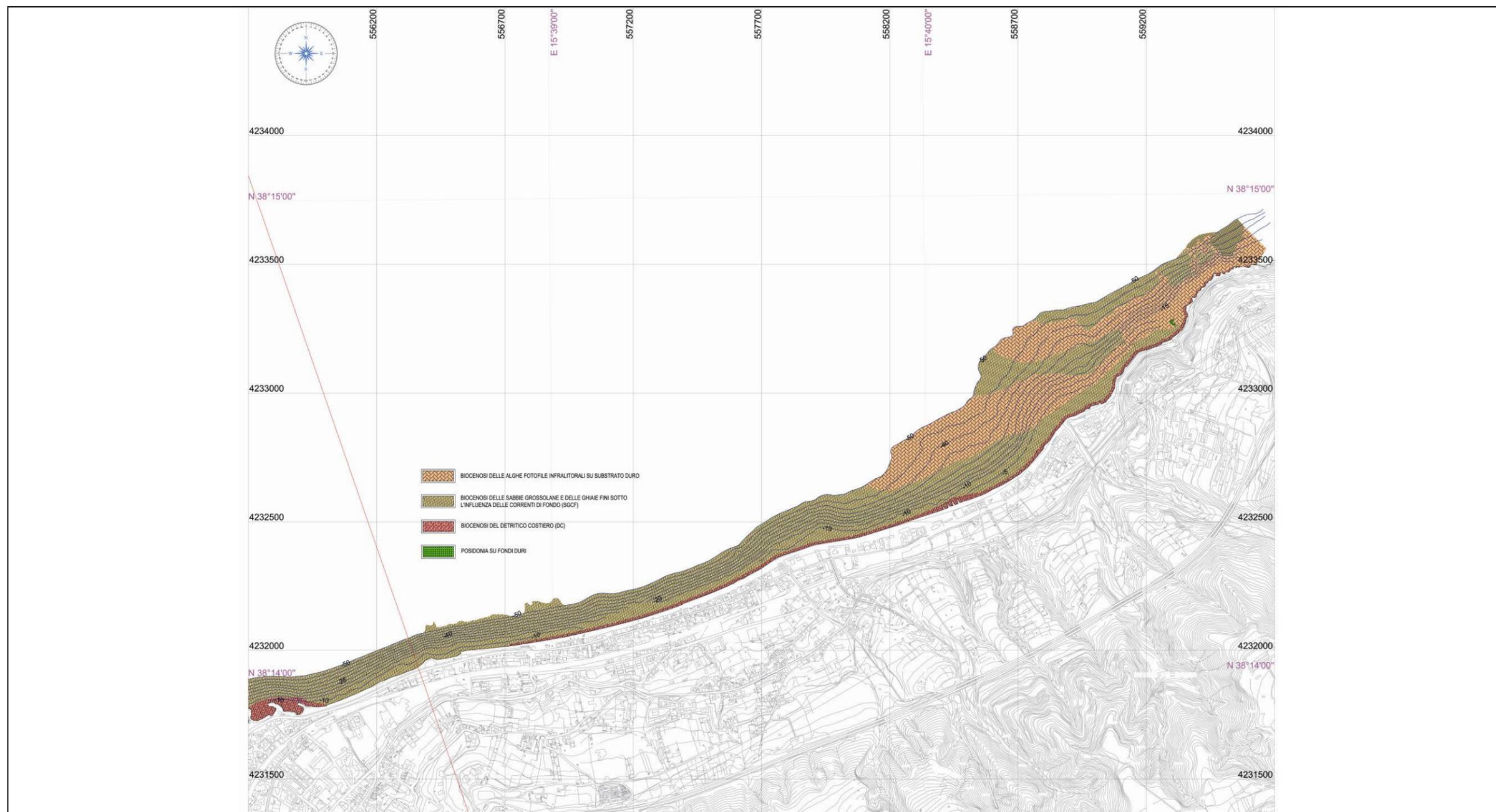
La cartografia biocenotica prodotta riporta la presenza in diversi tratti di fanerogame marine.

A conferma di tale presenza, suggerita dalle registrazioni acustiche mediante Side Scan Sonar, sono state utilizzate le informazioni raccolte per i due versanti durante le indagini di preparazione a Visual Census e Fondi Duri oltre ad osservazioni specifiche su aree di maggiore interesse risultate dai sonogrammi. In queste indagini sono state eseguite osservazioni dirette e registrati filmati dei fondali tra la battigia e i -50 metri. Si è riscontrata l'effettiva presenza di macchie di *Posidonia*, distribuite in maniera discontinua, in prevalenza su fondi duri che ne favoriscono l'impianto.

Non si tratta quindi di praterie più o meno rade come rilevabili a nord del pilone di Torre Faro, ma di fasce con presenza discontinua, che da profondità anche basse, specie in corrispondenza delle opere di difesa costiera, si presentano a matte e ciuffi isolati, e si esauriscono, prima accompagnate e poi sostituite da altre coperture vegetali, sui 30 – 35 metri di profondità.

Di seguito si riportano le carte elaborate a cura del Monitor.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>31/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						



**Fig. 6.1 - Cannitello - Estratto della carta biocenotica – Tav.001 <sup>(3)</sup>**

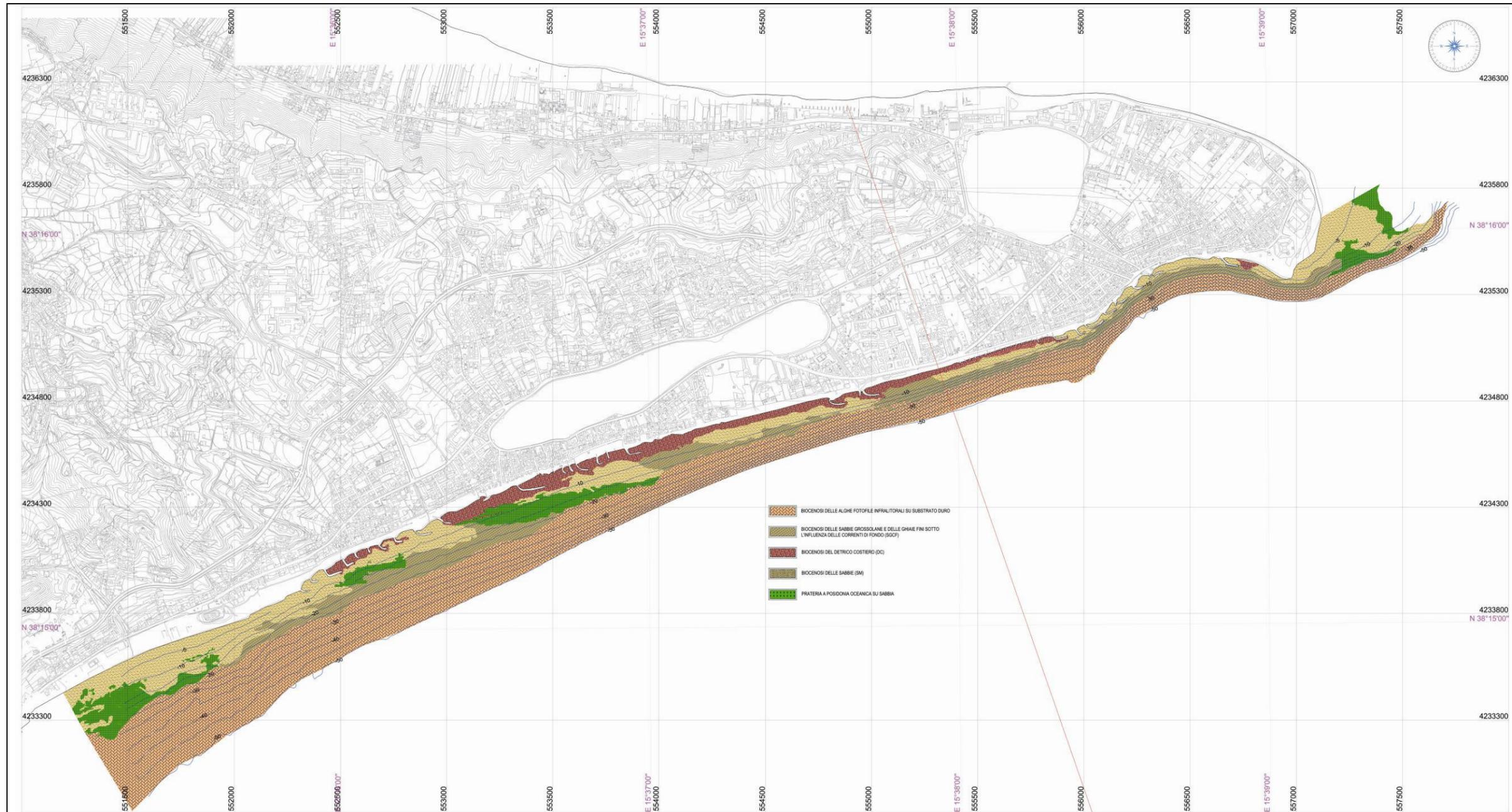
<sup>3</sup> Monitoraggio d'area vasta: Ambiente Marino. "Carta biocenotica Cannitello Tav. 001. Aprile 2011.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<table border="1"> <thead> <tr> <th><i>Rev</i></th> <th><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>31/05/2012</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	31/05/2012
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	31/05/2012						



**Fig. 6.2 - Cannitello - Estratto della carta biocenotica – Tav.002**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012



**Fig.6.3 - Gatzirri - Estratto della carta biocenotica – Tav.003**

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

I riferimenti sulle biocenosi indicate sulla Carta sono riportati di seguito.

### **Biocenosi delle Sabbie Grossolane e Ghiaie Fini sotto l’Influenza delle Correnti di Fondo (SGCF)**

Questo habitat è ritrovato in Mediterraneo tra 3-4 m e 20-25 m di profondità, ma, localmente, può arrivare fino a – 70 m. Appartiene, dunque, a due piani: Infralitorale e Circalitorale.

È frequente in canali tra isole soggetti a correnti violente e frequenti, che costituiscono la principale causa dell’esistenza di questo habitat. Si trova anche in canali intermatte scavati delle correnti nelle praterie di Posidonia.

Questo habitat, strettamente correlato alle correnti di fondo, può cambiare se il movimento dell’acqua è modificato artificialmente o naturalmente, per esempio durante lunghi periodi di mare calmo.

La sua estensione in profondità, fino al piano Circalitorale, è legata a fenomeni di idrodinamismo particolarmente intenso, o direttamente sotto ai banchi rocciosi del margine della piattaforma o negli stretti. In queste condizioni, può presentare variazioni quali - quantitative nelle sue popolazioni abituali. Variazioni stagionali sono segnate da differenze nell’abbondanza e nella sostituzione delle specie. Il sedimento è rappresentato da sabbia grossolana e ghiaia fine.

Questa biocenosi, il cui sedimento presenta un alto grado di porosità, è estremamente ricca in meiofauna e mesopsammon, gruppi ecologici poco noti ma molto importanti per l’alimentazione di altri organismi. Questo habitat non tollera infangamento. La qualità dell’acqua, in particolare la quantità di materiale in sospensione, è pertanto estremamente importante.

Tra le specie caratteristiche e indicatrici rientrano , Anellidi Policheti, Molluschi Bivalvi, Echinodermi, Crostacei.

È un habitat di un certo interesse anche per la possibile presenza dell’anfiosso (*A. lanceolatus*), specie rara in Mediterraneo.

### **Biocenosi Fotofile Infralitorali su Substrato Duro**

Comprende tutte le biocenosi fotofile del substrato duro del piano infralitorale.

Il popolamento algale è particolarmente ricco e si possono distinguere diversi strati:

- strato endobionte, formato da alghe che vivono nella roccia;
- strato incrostante di alghe calcaree, Corallinacee incrostanti;
- strato “gazonnantes” formato cioè da alghe che formano un tappeto erboso e che possono trattenere il sedimento;

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- strato eretto , formato principalmente da rodoficee e feoficee, composto da alghe a struttura arbustiva, o arborescente, provvisti di molti epifiti.

Una specie molto diffusa è *Jania rubens* presente sia come epifita che come costituente del sottostrato. I frammenti calcarei del suo tallo possono formare una gran parte di sedimento sul quale può crescere la fanerogama *Cymodocea nodosa*.

La fauna è particolarmente ricca e formata da specie di piccole dimensioni. Anche per i popolamenti animali possiamo riconoscere una stratificazione:

- fauna associata al substrato roccioso;
- fauna associata al tappeto algale;
- fauna associata allo strato algale eretto, arbustivo o arborescente.

Il popolamento associato al substrato roccioso è povero soprattutto se il soprastante strato algale è molto ricco. Gli organismi animali che vivono sul tappeto algale sono condizionati dalle caratteristiche strutturali delle alghe che lo compongono.

### **Biocenosi delle sabbie (S)**

Questa biocenosi è fortemente condizionata rispetto a quella di riferimento (sabbie fini Ben Calibrate) dalle interferenze locali dei fattori idrodinamici sulla tessitura del sedimento. Variano infatti localmente granulometria, infangamento e grado di classamento.

I popolamenti bentonici dei fondi molli sono costituiti prevalentemente da organismi endobionti.

Sui fondali privi di vegetazione, il popolamento è largamente legato alla sedimentazione (in funzione dell'idrodinamismo), e gli organismi predominanti sono i Molluschi Pelecipodi fossori, ed anellidi.

Le sabbie possono essere ricoperte da un leggero velo, ricco di sostanze organiche in assenza del quale la biocenosi risulta impoverita nel popolamento.

### **Biocenosi dei Fondi Detritici Costieri (DC)**

Si tratta di una formazione detritica attuale, o recente. La natura del sedimento è molto varia e dipende per lo più dalla vicinanza della linea di costa e dalle formazioni infralitorali adiacenti.

Il substrato può essere composto di ciottoli e sabbie generate dalle rocce che dominano nel posto, o da conchiglie vuote, frammenti di Briozoi, resti di alghe calcaree (provenienti dal Coralligeno) e da Melobesie morte. Tutti questi materiali sono più o meno frammentati poiché soggetti all'azione degli organismi che attaccano il calcare. Gli interstizi presenti sono riempiti da una frazione fangosa (che in questa biocenosi raramente supera il 10%). L'idrodinamismo è consistente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Tale biocenosi si rileva a partire dal limite inferiore del piano infralitorale sino ad 80-90 m di profondità. Le specie caratteristiche di questa biocenosi sono le Rodoficee, alghe calcaree. Tra gli organismi animali gli Cnidari, Crostacei Decapodi e molti Policheti.

Questa biocenosi presenta delle facies molto differenti tra loro che potrebbero essere anche considerate come delle biocenosi indipendenti.

### **Posidonia**

La *Posidonia* predilige substrati sabbiosi, ma tra le fanerogame è l'unica che vive anche su roccia, da profondità che vanno da meno di un metro fino a 30-40 m. Fondamentale per la sua sopravvivenza è la quantità di luce e la salinità: è stenoalina, quindi necessita di valori di salinità relativamente costanti.

Quando *Posidonia oceanica* incontra condizioni ambientali favorevoli si estende su vaste aree di fondale, formando praterie, parallele alla linea di costa; nelle praterie riscontriamo un limite superiore (fascia dove inizia la prateria, orientata verso la costa) e un limite inferiore (fascia terminale della prateria, verso il mare aperto).

L'evoluzione delle praterie è influenzata da fattori biotici (competizioni tra fanerogame, ecc.) e da fattori abiotici (idrodinamismo, luce, morfologia del fondo, salinità, temperatura, nutrimenti).

Le praterie si insediano su diversi substrati: sabbia, roccia o matte (struttura biogeniche "autocostruite" costituiti dall'intreccio di più strati di rizomi, radici e di sedimento fortemente compattato e intrappolato tra questi) .

Le praterie possono essere pure o miste, continue o discontinue, quando il fondo è interrotto dalla presenza di canali e radure, o se la distribuzione è a macchie.

Le correnti marine hanno una influenza diretta sulle praterie poiché possono creare dei corridoi tra le praterie, i cosiddetti canali "intermatte"; le correnti del fondo generalmente di maggiore intensità vanno verso il largo e creano delle "intermatte deferlenti".

## **5.1.2 Zoobenthos**

Per descrivere le comunità zoobentoniche e definire i gruppi animali che le costituiscono è opportuno suddividerle a seconda della tipologia di substrato.

### **5.1.2.1 Gli organismi dei fondi mobili**

Il sedimento mobile è una mistura di particelle inorganiche, organiche e acqua interstiziale e gli

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

organismi del benthos sono fortemente influenzati dalle variazioni di questi costituenti. Le dimensioni delle particelle di sedimento, ovvero la loro granulometria, sono una buona misura dell'energia idrodinamica: in linea di principio, i sedimenti più fini vengono asportati dalle correnti forti o dal moto ondoso (in grado di smuovere anche sabbie grossolane e ghiaie) mentre vengono depositati sul fondale in presenza di acque più calme. La capacità di adattamento ad una diversa granulometria del sedimento e a differenti regimi delle correnti coinvolgono le maggiori differenze nella morfologia degli organismi bentonici e nelle loro abitudini alimentari. Le dimensioni delle particelle del sedimento mobile influenzano, infatti, lo stile di vita degli organismi bentonici. Così, i sedimenti consistenti di sole pietre, ad esempio, mancheranno delle particelle fini richieste dagli organismi che ingeriscono il sedimento per filtrarlo e quindi alimentarsi. Al contrario, sedimenti composti di sole particelle fini possono essere troppo instabili per sostenere animali grandi e pesanti.

Animali che vivono in zone di forti correnti, in grado di smuovere le particelle più grandi, sono soggetti a continua asportazione dal substrato e devono essere capaci di un rapido reinsediamento per ristabilire la loro posizione. Sedimenti presenti in aree con debole corrente hanno diametro delle particelle molto piccolo. In questo caso, la quantità del sedimento che può essere ingerito dagli animali può aumentare notevolmente, soprattutto con l'aumentare del materiale organico e dei piccoli organismi presenti.

Raramente un fondale sabbioso appare completamente piatto. In aree sottoposte a corrente o moto ondoso, la superficie del sedimento è smossa di continuo, creando "barre", "banchi" e "secche mobili". Su piccola scala, i "ripple marks", ovvero quelle ondulazioni della sabbia che si possono facilmente notare in bassa profondità su fondali sabbiosi, si sviluppano dove il sedimento è in movimento. In aree dove le correnti sono unidirezionali, i ripple marks in sezione appaiono asimmetrici, con il lato ripido rivolto verso la corrente. Le onde possono produrre un movimento oscillatorio e generare così ripple marks simmetrici. I ripple marks creano un microambiente essi stessi. Il materiale più fine tende, infatti, ad accumularsi negli avvallamenti dei ripple e le specie che si nutrono di particelle sul fondo si concentreranno proprio in questa zona. Al contrario, le creste dei ripples sono relativamente povere di questi materiali e sono zone di maggiore erosione. Proprio per l'instabilità dei substrati, sui fondi mobili le forme sessili non sono molto diffuse, e queste devono essere dotate di idonee strutture di ancoraggio. Talune ascidie (*Molgula*, ad esempio) si fissano al sedimento per mezzo di rizoidi ramificati formati dalla base della tunica. Le forme fisse, dette a *fittoni*, sono ancorate al substrato con la parte inferiore del corpo oppure con peduncoli affondati nel sedimento su cui appoggiano gli individui di una colonia: è il caso di alcune spugne, delle pennatule (*Pennatula phosphorea*), degli alcionari (*Alcyonium palmatum*) delle attinie

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

edwardsiadee, di rare alghe, e, soprattutto, delle fanerogame marine.

La vita all'interno del substrato mobile, che rappresenta un elemento importante di protezione nei confronti di predatori o di condizioni ambientali sfavorevoli, è molto diffusa. La fauna dei fondi molli è quindi essenzialmente rappresentata dall'endofauna.

Per poter penetrare nel sedimento, gli organismi della endofauna devono essere in grado di smuovere le particelle di sedimento. Lo spostamento iniziale dei granuli richiede che una struttura rigida sia spinta nel sedimento con una forza sufficiente. Molti organismi scavatori, quali alcuni policheti o i molluschi bivalvi, hanno una struttura molle la cui forma può essere modificata variando la pressione idrostatica al suo interno. Per permettere il funzionamento di questo organo tale struttura può essere irrigidita per mezzo di un fluido. Nel caso dei molluschi bivalvi, il piede diventa così un potente attrezzo per penetrare nel sedimento. Dopo essere stato inserito nel sedimento, la parte distale del piede, sotto la pressione idrostatica, si allarga per divenire una vera e propria ancora. Una contrazione della restante parte del corpo porta l'animale verso la base del piede stesso. Una serie di dilatazioni ed estensioni permette all'animale di muoversi all'interno del sedimento. Questo principio generale è applicato anche da altri animali scavatori quali policheti, sipunculidi, oloturie scavatrici. Un altro sistema di movimento nel sedimento prevede l'uso di dispositivi meccanici, cioè di strutture rigide che agiscono come veri e propri remi o palette, mossi da azione muscolare. Una gran varietà di crostacei si muovono nel substrato per mezzo di appendici specializzate per lo scavo. Per esempio, il granchio *Emerita talpoida*, ha una appendice posteriore a forma di spada. I Policheti si muovono per mezzo di ondulazioni del corpo e movimenti dei parapodi, talvolta aiutati dalla tromba (*Glycera*); i Crostacei si avvalgono dei loro pereopodi, mentre i pleopodi creano una corrente d'acqua per sgombrare il sedimento; gli Echinoidi regolari scavano coi movimenti degli aculei e lo stesso si verifica negli Asteroidi (ad esempio *Astropecten*) che scavano per catturare la preda. Per le specie scavatrici dell'infauna, specialmente durante il movimento, il sedimento si comporta come vera e propria carta vetrata. Sono quindi abbastanza rare le specie il cui tegumento è a contatto diretto col sedimento (ad esempio Oloturie Sinaptidi o Gasteropodi Naticidi) e si tratta in generale di scavatori più o meno temporanei. Le specie scavatrici vere e proprie vivono in un nicchio o in una galleria che comunica con la superficie del sedimento, le cui pareti possono essere più o meno consolidate, ad esempio da muco, ed essere sempre mantenute integre da una corrente d'acqua prodotta dall'animale (movimenti ciliari, appendici). Talune specie passano praticamente tutta la loro esistenza nella stessa tana, mentre altre escono più o meno frequentemente dal sedimento per tornare a nascondersi a distanza. Il polichete *Arenicola*, ad esempio, che vive sui fondi sabbiosi della zona di marea, scava una galleria tubolare a forma di U le cui pareti vengono cementate da una

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

secrezione mucosa prodotta dall'animale, secrezione che si indurisce a contatto con l'acqua di mare.

I Bivalvi scavatori sono in contatto con il sedimento attraverso la loro conchiglia. I bivalvi vivono infossati nella sabbia o nel fango emergendo dal substrato solo con i due sifoni con i quali inalano l'acqua all'interno della conchiglia (sifone inalante) per filtrarla dal particolato alimentare e per ossigenarsi, e la ributtano verso l'esterno dal secondo sifone. Questi adattamenti isolano l'organismo da condizioni sfavorevoli legate alla povertà di ossigeno ed alla presenza di sostanze acide tossiche o di altri composti nocivi derivanti dalla degradazione della sostanza organica nel primo strato di sedimento. In caso di estrema instabilità sedimentaria molte specie della infauna possono continuamente riposizionarsi nel fondale. Bivalvi quali *Spisula solidissima* sono continuamente scalzati dal sedimento nella zona di onda e sono rapidi scavatori per riposizionarsi. Le specie mobili che strisciano o camminano sul fondo possono colonizzare substrati incoerenti purché siano di una certa compattezza. Talvolta la loro forma rispecchia un adattamento volto ad evitare lo sprofondamento nel fango, come ad esempio i lunghi aculei dell'Echinoideo *Cidaris cidaris*, utilizzati come trampoli; le ampie superfici di appoggio della stella *Anseropoda placenta*, e i lunghi radii delle pinne dei pesci *Trigla*.

Dal punto di vista della quantità di biomassa, i Bivalvi ed i Policheti sono sicuramente i più abbondanti abitatori dei fondi mobili. Sui fondi molli l'epiflora è rappresentata essenzialmente dalle praterie di zosteracee, le quali, al contrario delle alghe che assorbono attraverso il tallo, tutti gli elementi minerali necessari, devono trarli direttamente dal fondo attraverso vere radici. Le zosteracee modificano profondamente le condizioni ambientali e anche quelle del substrato determinando la formazione di un ambiente particolare. Ricordiamo solamente in questa sede le praterie di *Posidonia oceanica*.

Una particolare categoria dell'endofauna dei fondi molli è data dal meiobenthos, animali di piccole dimensioni che vivono negli interstizi presenti fra granello e granello di sabbia. Questa particolare fauna è nota anche come interstiziale. Questi organismi hanno caratteri morfologici molto specializzati: il capo in generale è molto allungato e appiattito, sono scarsamente pigmentati; gli occhi possono essere ridotti o assenti, vi sono spesso papille adesive; molte forme hanno anche ghiandole secernenti liquidi che solidificano a contatto con l'acqua. Gli animali caratteristici del mesopsammon appartengono a vari gruppi: ciliati, turbellari, nematodi, policheti, tardigradi, nemertini, crostacei ecc. Il nutrimento di questi animali consiste di minuto detrito organico, di alghe unicellulari e di altri microrganismi.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

### 5.1.2.2 Gli organismi dei fondi duri

I substrati duri includono roccia, massi, conchiglie, scheletri di coralli, ma anche materiali artificiali realizzati dall'uomo (manufatti in cemento, scogliere frangiflutti, pali e navi di legno, ecc.). Gli organismi che vivono su questi fondali possono essere fissi, "cementati" sulla superficie dura, come i balani o attaccati per mezzo di filamenti o strutture di adesione, come i mitili o le alghe (organismi sessili), oppure mobili, quali gasteropodi, ricci di mare, ecc. (specie vagili). Analogamente ai substrati mobili, anche i substrati duri possono essere abitati da specie che vivono sopra il substrato (epifauna) e specie che invece vivono all'interno del substrato duro (endofauna). Anche queste specie hanno sviluppato una vasta serie di adattamenti per poter vivere su tali substrati. Le modalità di fissazione al substrato sono molto varie: alcune specie come quelle incrostanti tendono al massimo ricoprimento possibile, con una superficie di adesione che può essere pari alla metà della superficie corporea. In altri casi sono presenti forme cilindriche o colonnari, come in alcune ascidie ed in alcune Spugne, oppure mammellonari come in altre Ascidie. Alcune specie hanno una minuscola superficie di impianto, rappresentata da peduncoli od altre strutture, ed un notevole sviluppo in altezza, per esempio negli Idrozoi, in alcuni Briozoi e nelle Gorgonie.

Per proteggere e sostenere il loro corpo, gli organismi marini sono provvisti di particolari strutture come scheletri, gusci, conchiglie in cui sono concentrate varie sostanze inorganiche. Queste strutture possono essere interne (endoscheletro) oppure esterne (esoscheletro). Molti animali sessili hanno strutture di sostegno composte di spicole di varia natura immerse in matrici proteiche, come le Spugne (spicole di calcite e a volte di aragonite nelle Calciosponge, spicole silicee nelle Esattinelle, spicole silicee e struttura di spongina nelle Demosponge) e nelle Ascidie. Ancora, un esoscheletro costituito da piastre calcaree comprese nel derma è presente negli Echinodermi. Molti Celenterati hanno un esoscheletro secreto dall'epidermide. Le *Millepora* producono uno scheletro calcareo costituito soprattutto da aragonite attraversata dagli stoloni dei polipi. Anche le colonie degli ottocoralli hanno uno scheletro secreto dalle cellule della mesoglea che può essere calcareo, corneo o di entrambi i tipi. Ad esempio, in *Alcyonium* lo scheletro consiste di spicole che contengono un asse organico sul quale si depositano cristalli di calcite. In altri casi sono presenti scheletri assili di consistenza elastica (il componente principale è la gorgonina, una proteina affine al collagene ad alto contenuto di tiroxina) come nella gran parte dei Gorgonacei oppure duro e calcareo come nel corallo rosso *Corallium rubrum* (le cellule ectodermiche secernono spicole calcaree che si cementano insieme mediante carbonato di calcio). Fra gli Esacoralli, i Madreporari hanno uno scheletro calcareo secreto dall'epidermide e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

costituito prevalentemente da carbonato di calcio nella forma di aragonite. I Crostacei sono muniti di una cuticola chitinosa che riveste come uno scheletro l'epidermide che la secerne; essa protegge le parti molli. La cuticola presenta fra i suoi costituenti la chitina, un polisaccaride azotato, che, impregnata di calcare e sostanze proteiche, la rende una sostanza impermeabile e rigida. In altri crostacei l'esoscheletro è fortemente impregnato di calcare, come ad esempio nei Cirripedi. Un altro sistema di protezione degli organismi del benthos è rappresentato dalle conchiglie. La conchiglia dei Molluschi è formata da tre strati, che andando dall'esterno verso l'interno sono: il periostraco (formato da una sostanza simile alla chitina), l'ostraco (costituito da una sostanza di natura organica, la conchiolina e da carbonato di calcio, con una struttura a lunghi prismi normali alla superficie) e l'ipostraco (la madreperla, lamelle organiche che si alternano a strati calcarei). Come vedremo anche più avanti, la forma della conchiglia assume aspetti molto diversi nelle varie classi di Molluschi.

Altri organismi vivono all'interno di tubi calcarei secreti dagli animali stessi. E' il caso dei Policheti Serpulidi che possono vivere in tubi singoli o dare luogo a masse compatte composte da numerosi individui, come in *Salmacina* e *Mercierella*. I tubi sono costituiti da carbonato di calcio depositato sotto forma di aragonite. In questi casi il tubo non è intimamente unito all'animale.

Tubi costituiti di solo materiale organico si riscontrano in molti altri Policheti e anche nei Celenterati Ceriantari e in certi Crostacei Antipodi. Si tratta di tubi mucosi di varia consistenza secreti da cellule ghiandolari epidermiche; tali tubi vanno da quelli di aspetto mucillagginoso tipici di *Myxicola* a quelli molto resistenti di aspetto corneo come nell'Eunicide *Hyalinoecia*. In certe specie su un substrato mucoso viene depositato del materiale estraneo, quali granuli di sabbia, di fango, ecc. che cementati insieme costituiscono una valida protezione per l'animale (Sabellidi per esempio). Gli organismi sessili del benthos di fondo duro possono vivere in diverse condizioni di correnti e intensità del moto ondoso. Il benthos sessile tenderebbe ad essere trascinato via dalla corrente quando esso si protende dal fondale nella direzione di una forte corrente. Per ridurre questo problema, gli organismi sessili devono essere in grado di minimizzare il trascinamento per mezzo di particolari adattamenti nel comportamento e nella forma del corpo. Possiamo distinguere due tipi di situazioni. Gli animali passivi sono orientati da una forte corrente unidirezionale fino a che una forma di equilibrio viene raggiunta. In molti casi tale orientamento non è differente da quello raggiunto da un oggetto inanimato della stessa forma e densità. Al contrario, gli animali attivi possono esercitare una azione muscolare, mettere in atto comportamenti o utilizzare altri mezzi per orientarsi attivamente in un flusso d'acqua. Questo aggiustamento attivo minimizza il trascinamento e contemporaneamente assicura l'accesso al cibo. Partiamo proprio da questo tipo di adattamento. Una corrente direzionale può essere più o meno irregolare nell'interfaccia

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

substrato – acqua e ciò può influenzare le specie più piccole o i giovanili di specie che da adulte sono di grandi dimensioni. Questo può essere visto nelle gorgonie. Piccole colonie hanno una forma irregolare e non presentano un orientamento preferenziale; al contrario le colonie più grandi sono orientate di preferenza in modo trasversale alle correnti unidirezionali. Probabilmente le correnti più prossime al fondo hanno direzione variabile, seguendo le irregolarità del fondo. Come le colonie crescono, esse si protendono più direttamente verso la corrente principale.

Questo diverso orientamento secondo la direzione della corrente può essere osservato anche in alcune specie di echinodermi crinoidei. I crinoidei che vivono nelle cavità della roccia preferiscono le zone con correnti multidirezionali e hanno le pinnule dei loro tentacoli posizionate su quattro file ad angolo retto, cosa che massimizza la possibilità di cattura del cibo da diverse possibili direzioni. Per contrasto, il crinoideo eretto caraibico *Nemaster grandis* estende le braccia verso la corrente unidirezionale ed ha le pinnule sistemate su un unico piano, cosa che massimizza la cattura sotto questo tipo di corrente. Nella ofiura *Ophiothrix fragilis*, ad ogni lato del tentacolo sono presenti dei pedicelli che hanno il compito di compattare le particelle di cibo catturate in un bolo mucoso e trasportarle, lungo, i tentacoli verso la bocca.

In posizione di forte flusso è difficile mantenere una posizione eretta. La pressione esercitata dall'acqua su un corpo cilindrico è massima se l'asse maggiore del cilindro è mantenuto perpendicolare al flusso e minima se il cilindro è mantenuto con l'asse maggiore parallelo alla corrente. Così, per esempio, il corallo madreporario caraibico *Acropora palmata* forma grandi strutture ramificate erette, a volte più grandi di 2 m di diametro. In situazioni di forti correnti nei reef più esposti, una ramificazione che cresce perpendicolare al flusso di acqua può essere facilmente spezzata. Le colonie allora si sviluppano nel senso di una forte corrente unidirezionale, tendendo a posizionare i loro rami orizzontalmente rispetto la corrente, al fine di minimizzare la forza d'urto della corrente stessa. Ovviamente questo corallo è duro e non può spostarsi o piegarsi nel caso di una modificazione della corrente. Gli animali sessili possono essere flessibili per ridurre la forza di trascinamento della corrente. L'anemone *Metridium senile* può crescere fino a raggiungere dimensioni di 1 m di larghezza.

L'animale è molto flessibile, così in forti correnti il corpo si piega nel senso della corrente. In questa posizione, i tentacoli dell'anemone possono raccogliere il cibo nella scia della corrente, sebbene la corona dei tentacoli possa essere retratta nel caso di velocità molto alte della corrente. Alcune alghe sono egualmente flessibili, e il gambo può essere flesso e piegato secondo la corrente per minimizzare la forza della corrente. Il kelp *Nereocystis luetkeana* ha una serie di fibrille nella parete delle cellule corticali che hanno un angolo medio di 60 gradi rispetto l'asse dello stipite. Questo aumenta l'estensibilità dello stipite e previene le rotture provocate dalla corrente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

L'ascidia del Pacifico *Styela montereyensis* va ricordata perché si ritrova in una grande varietà di ambienti lungo le coste della California, dalle coste battute dal mare alle baie più riparate. Nelle acque calme questa specie ha l'aspetto tipico dell'ascidia solitaria, con il sifone inalante orientato lateralmente. Nelle zone rocciose la maggior parte degli animali è attaccata tramite un esile peduncolo e si muove in accordo al movimento della corrente. In questo caso il sifone inalante è inclinato di circa 180 gradi e quando l'animale è piegato dalla corrente l'acqua può entrare facilmente al suo interno, trasportando le particelle alimentari. Il ruolo della corrente non è molto diverso per il benthos vagile. L'orientamento che minimizza l'asportazione dal substrato è generalmente preferito. Gasteropodi mobili si ritrovano spesso nelle zone di forte corrente, e un orientamento che pone l'asse della conchiglia parallelo alla corrente minimizzerà l'impatto dell'onda. Il gasteropode di fango *Ilyanassa obsoleta* spesso si ritrova nella zona di marea con flussi di acqua superiori a 30 cm/sec, orientato con l'apice della conchiglia in direzione della corrente. Un'altra possibilità è quella di avere un basso profilo per permettere alla forza d'urto dell'onda (o della corrente) di smorzarsi sulla conchiglia. Per questo le patelle (*Patella* spp.), che vivono in zone di marea o con onde molto forti, hanno adottato una conchiglia bassa e appuntita, irrobustita da numerose costolature.

Animali che non sono sessili hanno la possibilità di movimenti relativamente rapidi e possono allontanarsi da situazioni di correnti limitanti. Il già citato crinoideo caraibico *Nemaster grandis* vive su promontori corallini e sembra preferire forti flussi di corrente. Ciononostante, in condizioni occasionali di corrente molto forte, il crinoideo non può più aprire le sue braccia alla ricerca del cibo. In questi casi esso attivamente si sposta verso zone riparate. Il gasteropode *Ilyanassa obsoleta* risponde ad un forte flusso nascondendosi nella sabbia; questo è molto importante durante una forte marea ascendente, quando l'azione erosiva della corrente è molto forte.

Adattamenti particolari, che coinvolgono tutte le problematiche fino ad ora affrontate, sono quelli adottati dagli organismi che vivono sui fondi duri nella zona del sopralitorale e del mediolitorale, come definiti all'inizio di questo paragrafo. In questa zona, infatti, gli organismi devono sopportare periodi più o meno lunghi di emersione, il moto ondoso, il riscaldamento del sole. In questa particolare zona ritroviamo quindi specie la cui forma del corpo è idonea a resistere al moto ondoso dirompente, quali *Patella* o *Chtamalus* (conchiglie e gusci robusti, saldamente ancorati sulla roccia e con la forma a cono), il mitilo (saldamente ancorato tramite il bisso). Queste specie sono anche in grado, serrando le valve o gli opercoli, di resistere alla mancanza di acqua durante la bassa marea. Analogamente l'attinia *Actinia equinia* è in grado di richiudere i tentacoli intorno alla cavità orale per evitare l'essiccamento in attesa del ritorno dell'acqua. Gli animali vagili qui

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

presenti sono capaci di rapidi spostamenti e in grado di ancorarsi sul fondale durante il passaggio di onde non di forte intensità.

### 5.1.2.3 Il fouling

Un aspetto particolare del benthos dei fondi duri è quello rappresentato dai cosiddetti organismi del fouling. Si tratta di quegli organismi sessili che si insediano su qualsiasi substrato immerso prodotto dall'uomo, quali tubature, cavi, moli, scafi delle imbarcazioni, ecc. Questo fenomeno è spesso dannoso, in quanto le incrostazioni appesantiscono gli scafi (possono portare di conseguenza ad un aumento del consumo di carburante del 40 %), possono ostruire le tubazioni di industrie che utilizzano l'acqua di mare per i sistemi di raffreddamento, portano a fenomeni di alterazione dei materiali immersi. Ricordiamo tra i principali organismi del fouling i Balanidi (varie specie del genere *Balanus*, crescono molto rapidamente, distruggono la verniciatura delle chiglie delle navi), i Policheti Serpulidi, i Briozoi, i Molluschi Bivalvi (*Mytilus* e *Ostrea*), gli Idroidi (*Tubularia*), i Tunicati (*Ciona*, *Botryllus*, *Zoobothryon*)

Gli organismi endobionti dei substrati duri sono i cosiddetti perforanti o boring. Questi sono presenti soprattutto nei substrati calcarei o argillosi, meno duri di altri tipi di rocce, o nel legno e vivono in gallerie o fori da essi stessi scavati. La perforazione può essere puramente meccanica, come nei Molluschi Bivalvi Pholadidae (foladi) che scavano grazie a dei movimenti di va e vieni delle loro valve, parzialmente munite di denti simili a quelli di una lima. Lo stesso avviene in taluni Policheti (*Polydora*), che si avvalgono di setole speciali molto forti, portate dal quinto setigero per perforare la roccia. Altre specie, quali *Teredo* (bivalvi, Teredinidae o terenidi) formano un labirinto di gallerie nel legno immerso a lungo nell'acqua. Le valve, degli opercoli anteriori calcarei, sono usate per grattare il legno e viene usato un enzima (cellulasi) per la digestione del legno. Il corpo è protetto in un tunnel di calcare che esso stesso secerne, ed è dotato di sifoni posteriori per il riciclo dell'acqua. Provocano gravi danni alle strutture immerse. Altro perforatore della roccia è il piccolo gambero *Upogebia ancylodactyla* che scava meccanicamente usando le chele, creando una rete di tunnel. Esso filtra piccoli organismi aspirati nei tunnel, ed è lungo fino a 4 cm.

La perforazione può essere anche chimica, come nel caso di Cianofite e Clorofite perforanti, spugne del genere *Cliona*, diversi bivalvi (*Saxicava*, *Gastrochaena*, *Lithophaga*), ecc. Il meccanismo chimico, poco conosciuto, sembra comportare frequentemente, non l'elaborazione di un acido, ma una secrezione mucoproteica che formerebbe un complesso con lo ione  $Ca^{++}$ ; nei Bivalvi interverrebbe anche l'alternanza dell'apertura e chiusura delle valve. Vi è poi una ricca

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

endofauna che vive all'interno delle gallerie prodotte dalle forme perforatrici o nelle cavità, fessure e gallerie presenti nel substrato per fenomeni di erosione. Si tratta di poriferi, turbellari, nematodi, policheti, crostacei, ofiuroidi, ecc.

## 5.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto

### 5.2.1 Fitobenthos

Per quanto riguarda il fitobenthos, i fondali dello Stretto di Messina sono caratterizzati dalla presenza di alcune biocenosi molto particolari (Zampino & Di Martino, 2000): in particolare, bisogna rimarcare il fatto che i popolamenti a Laminariales nello Stretto di Sicilia sono molto particolari, in quanto sono caratterizzati dalla presenza di elementi originali di Laminariales atlantiche.

La prima biocenosi è quella delle alghe fotofile dell'infralitorale superiore, con uno strato elevato caratterizzato dall'Associazione *Cystoseira tamariscifolia*, *Saccorhiza polyschides*, *Phyllariopsis brevipes*, e in sottostrato, le feoficee *Desmarestia ligulata* e *Desmarestia dresnayti*. La seconda biocenosi è quella tipica dell'infralitorale inferiore, con la presenza di *Laminaria ochroleuca*, diffusa un po' ovunque lungo le coste calabresi e siciliane. Infine, la terza biocenosi è quella presente nel piano circalitorale, con l'associazione *Cystoseira usneoidis* e la facies a *Laminaria ochroleuca* e *Phyllaria purpurascens* che domina su quella tipica da 50 a 80 m di profondità, e che mostra una presenza di individui meglio sviluppati e popolamenti più densi a 60-70 m lungo il versante siciliano, più radi lungo quello calabrese.

### 5.2.2 Praterie marine

Assieme ai popolamenti a *Cystoseira* e *Laminariales*, una prateria di *Posidonia oceanica* si rileva in lembi discontinui intorno a Capo Peloro e Torre Faro, lungo la costa siciliana tra Sant'Agata e Messina e sulla costa tirrenica tra Mortelle e Tono. Solitamente, le prime macchie di *Posidonia* compaiono sul fondale intorno gli 11 m di profondità, anche se una prateria più compatta è presente a partire da 15,5 m. Oltre tale profondità la prateria si presenta più compatta, insediata prevalentemente su sabbia, con copertura del 70-80 % per la presenza di canali e chiazze di sabbia e densità a 15 m pari a 473 fasci per metro quadro. Intorno i 20 m di profondità la prateria presenta una copertura maggiore (80-90 %, raramente 100%); il substrato di insediamento è prevalentemente matto, ma anche sabbia. A 20 m il conteggio dei fasci fornisce una densità pari a 539 fasci per metro quadro. La prateria si presenta poi piuttosto densa fino a 24-25 m di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

profondità, dove la copertura passa al 70-90 % e la Posidonia si presenta insediata prevalentemente su sabbia. La densità a questa profondità è pari a 462 fasci per metro quadro. Il limite inferiore della prateria è situato a 28,5 m, e presenta un andamento di tipo netto. Oltre il limite inferiore della Posidonia il fondale si presenta nuovamente sabbioso.

Sul versante calabro gran parte delle formazioni di Posidonia ricadono nel SIC Fondali da Punta Pezzo a Capo dell'Armi, sul versante ionico. Tali popolazioni si presentano frammiste ad affioramenti rocciosi. Tra la zona di Bolano, sullo Ionio e il borgo di Cannitello, sul Tirreno, sono presenti sporadicamente, o talvolta formando popolamenti più estesi, chiazze e ciuffi di Posidonia oceanica.

Inoltre, prati a *Caulerpa taxifolia* sono riportati tanto sul versante siciliano quanto su quello calabrese dello Stretto di Messina. A tal proposito, è bene ricordare che quest'ultima specie è alloctona ed è stata segnalata per la prima volta sui fondali antistanti Torre Faro (Ganzirri, Messina) nel 1993 (Fradà Orestano & Calvo, 1995). Attualmente questa vegetazione appare densa sul versante siciliano, tra 1 e 30 m di profondità e si ritrovano stoloni fissati sino a 100 m di profondità; sul versante calabro. *C. taxifolia* forma prati densi tra 10 e 30 m di profondità tra Scilla e Punta Pezzo. In un lavoro specifico Giaccone e Di Martino (1995) affrontano la problematica tassonomica relativa alla distinzione tra *Caulerpa taxifolia* e *C. mexicana*, segnalando questa ultima specie presente lungo la costa siciliana. La prima segnalazione in Mediterraneo di questa specie risale al 1930-31 in Libano, poi lungo le coste palestinesi nel 1941 e in seguito lungo le coste siriane e turche nel 1976. Il substrato dell'alga è formato da ghiaie e ciottoli di origine metamorfica più o meno rotondeggianti. Gli stoloni di *C. mexicana* si fissano con forti rizoidi sulla ghiaia e sui ciottoli e stabilizzano il fondale mobile. Questo effetto biotico favorisce un ricoprimento importante di alghe calcaree incrostanti e aggreganti (*Lithophyllum grandiusculum* e *Peyssonnelia rosa-marina*) sulle quali vegeta una flora rizofita e aptofita riccamente biodiversificata.

### 5.2.3 Zoobenthos

Il gruppo ecologico dello zoobenthos è anch'esso estremamente diversificato, e costituito da altre due componenti ecologiche: le comunità dei fondi mobili (sabbie e fango) e quelle dei fondi duri (rocce e scogli). Lo zoobenthos dei fondi mobili dello Stretto è costituito da circa 155 taxa (Maltagliati *et al.*, 1995; Giacobbe *et al.*, 1996; Nautilus, 1996), i cui gruppi meglio rappresentati sono i Molluschi (con 71 specie), gli Anellidi Policheti (con 40 specie), i Crostacei Decapodi (con 27 specie) e gli Echinodermi (con 16 specie). Si tratta, in genere, di specie tipiche di acque torbide, conseguenza dell'elevato idrodinamismo dell'area. Tra le specie che rappresentano facies

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

significative oppure rivestono un significato biogeografico si devono segnalare il mollusco gasteropode *Calyptrea chinensis*, l'anellide polichete *Ditrupa arietina*, e poi *Jujubinus tumidulus* e l'echinoderma crinoide *Antedon mediterranea*, ma anche *Calcinus tubularis* e *Pilumnus inermis*. Comunità bentoniche costiere interessanti di fondo mobile sono, infine quelle, dei posidonieti oppure di facies a *Laminaria ochroleuca* e *Phyllaria reniformis* oppure a *Calyptrea* e a *Cymodocea nodosa*.

Anche lo zoobenthos dei fondi duri è rappresentato da specie interessanti che formano comunità ascrivibili all'infralitorale superiore (0,1 – 1 m di profondità) e all'infralitorale inferiore (a profondità maggiori). In totale, sono state segnalate 72 specie appartenenti a 62 famiglie (Mistri *et al.*, 2000); tra i gruppi maggiormente rappresentativi si segnalano i Sillidi, i Terebellidi, i Serpulidi e i Crisopetalidi tra gli Anellidi Policheti Policheti, ed i Tanaidi, i Talitridi, i Dexaminidi ed i Gammaridi tra i Crostacei.

Tra tutte le specie segnalate, spiccano due entità reofile di tipo atlantico, uniche in tutto il Mediterraneo (Rinelli *et al.*, 1999): *Errina aspera* un idrocorallo unico rappresentante conosciuto dell'ordine delle Stylasterina in Mediterraneo, e *Pachylasma giganteum*, un crostaceo cirripede conosciuto in poche altre località del Mediterraneo. Altre specie molto interessanti e tipiche di questi fondali sono i crostacei, *Pilumnus inermis*, *Cestopagurus timidus*, *Pagurus cuanensis*, *Pisidia bluteli* e *Xantho poressa*, l'ofiuroido *Ophiactis balli* e l'oloturoide *Ocnus petiti*.

Le attività di Monitoraggio condotte negli ultimi mesi del 2010 hanno, inoltre, evidenziato la presenza delle seguenti specie, raggruppate anche per biocenosi:

1. Specie appartenenti alla biocenosi SFBC (Sabbie Fini Ben Calibrate): *Euclymene oerstedii*, *Glycera trydactyla*, *Melinna palmata*, *Nephtys hombergi*, *Pectinaria auricoma*, *Sigalion mathildae*, *Spiophanes bombyx* tra i policheti, *Chamelea gallina*, *Donax venustus*, *Dosinia lupinus* tra i molluschi bivalvi, *Mangelia attenuata*, *Nassarius mutabilis*, *Neverita josephina*, *Spisula subtruncata*, *Tellina pulchella* tra i molluschi gasteropodi, *Diogenes pugilator* tra i crostacei decapodi e *Dexamine spiniventris* tra gli anfipodi;
2. Specie appartenenti alla biocenosi DC (Detritico costiero): *Tellina donacina* tra i molluschi bivalvi;
3. Specie appartenenti alla biocenosi DE (Detritico infangato): *Aponuphis bilineata*, *Ditrupa arietina*, *Harmothoe spinifera* tra i policheti, *Corbula gibba* tra i molluschi bivalvi e *Medorippe lanata* tra i crostacei decapodi.

Lo stretto di Messina rappresenta, quindi, un ecosistema estremamente complesso per le associazioni bentoniche. Per quanto riguarda la distribuzione dei sedimenti, la dinamica delle acque e principalmente la velocità delle correnti di fondo giocano un ruolo determinante. Gli apporti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

sedimentari sono prevalentemente di tipo terrigeno, ed influenzano le caratteristiche del fondo in modo sempre meno accentuato man mano che ci si allontana dalla costa. I sedimenti dominanti presentano una granulometria grossolana, con una distribuzione geografica alquanto articolata ed una generalizzata assenza di gradienti batimetrici. Dal punto di vista bionomico, lo Stretto di Messina è sottoposto all'azione di due fattori principali: l'idrodinamismo (fattore edafico) elevato ed intermittente che è la conseguenza delle forti correnti di marea, e la penetrazione in profondità della luce (fattore climatico) legata alla grande trasparenza delle acque. Il fattore idrodinamico provoca la proliferazione e la dominanza assoluta degli organismi filtratori disposti in più strati, ed in effetti l'abbondanza del nutrimento in sospensione contribuisce in maniera molto significativa alla ricchezza degli organismi che colonizzano il substrato. Inoltre la risalita di acque fredde profonde determina un aumento verso la superficie di specie che sono normalmente confinate a maggiore profondità. Il secondo fattore (luminosità) provoca una estensione del limite inferiore delle biocenosi in una banda più profonda.

I risultati emersi dalle attività di Monitoraggio in corso appaiono in linea con quanto riportato nella bibliografia relativa all'area e in particolare confermano che i fondali costieri dello Stretto di Messina sono sostanzialmente caratterizzati da fenomeni di instabilità legati all'elevato idrodinamismo e alla irregolarità degli apporti terrigeni. I popolamenti ad essi associati presentano una duplice caratterizzazione, in quanto essenzialmente oligotipici se riferiti a singoli siti di indagine, ma estremamente ricchi e diversificati nel loro complesso. Ciò deriva dalla grande varietà di situazioni locali e dalla grande disponibilità di risorse trofiche, che compensano largamente l'effetto limitante dell'intenso idrodinamismo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

## 6 Il gruppo ecologico del Necton

Con il termine “necton” si intendono tutte quelle specie animali in grado di compiere movimenti indipendenti dalle masse d’acqua, ed in particolare ampi spostamenti orizzontali. Si tratta quindi di animali in grado di “nuotare”, di resistere e di opporsi alle correnti e ai movimenti delle acque e, a differenza degli organismi del plancton, di “scegliere dove andare”.

Sono inclusi nel necton una grande varietà di specie appartenenti a diversi phyla: pesci, cefalopodi, crostacei, mammiferi marini, rettili, uccelli. Tutti questi animali sono quindi in grado di sostenere una propulsione attiva nell’acqua e la struttura generale del loro corpo è determinata dallo sviluppo di complessi adattamenti funzionali associati con la diminuzione della resistenza idrodinamica e l’aumento della capacità di una propulsione attiva con il minimo dispendio di energia. Il grado di convergenza adattativa verso una ben precisa organizzazione funzionale – morfologica dei diversi gruppi animali appartenenti al necton è altissima. Vivere continuamente in mare aperto richiede lo sviluppo di tutta una serie di adattamenti associati con il mantenimento di un galleggiamento neutrale o quasi neutrale e di caratteristiche specifiche legate al mimetismo, alla ricezione e trasmissione di informazioni, alla ricerca del cibo, ecc. Da qui l’adozione di caratteristiche morfologiche e funzionali simili tra animali appartenenti a differenti, e a volte lontani, gruppi sistematici. Questa similarità appare soprattutto attraverso lo sviluppo dei complessi adattamenti legati al movimento (quali la forma del corpo, idrodinamica, adatta ad un nuoto veloce e a ridurre la creazione di ombre), alla colorazione (permette di mimetizzarsi nell’ambiente pelagico, di essere confusi con il fondo se visti dall’alto o con il cielo se visti dal basso), agli accorgimenti per alleggerire il corpo (come la sostituzione di ioni pesanti quali il sodio con quelli leggeri quale l’ammoniaca o la possibilità di variare la quantità di aria presente in apposite sacche di galleggiamento nei polmoni, il grasso nel fegato dei selaci), o ad adattamenti comportamentali, quali la formazione di branchi, e così via.

Una distinzione che si usa fare riguardo gli organismi del necton è basata sulla loro distribuzione, soprattutto batimetrica. Avremo così un epinecton (presente nella zona più costiera, fino ad una cinquantina di metri di profondità), un mesonecton (presente fino a 400 m di profondità), un batinecton (oltre i 400 m di profondità) e un abissonecton oltre i 4000 m. L’epinecton a sua volta è caratterizzato da una porzione costiera e una continentale nell’ambiente neritico (cioè al di sopra della piattaforma continentale) e da una porzione oceanica nelle acque oltre la platea continentale.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Anche la zona mesoneotonica si divide in una zona continentale, sopra la platea, e una zona oceanica mentre la batineotonica e la abissonotonica presenta solamente la zona oceanica.

L'insieme delle specie che hanno un rapporto più o meno costante con il fondale è conosciuto sotto il nome di specie *demersali*.

Da un punto di vista tassonomico, i principali gruppi del neoton sono:

- **Pesci:** i pesci pelagici hanno forma allungata, fusiforme e dispongono di una serie di adattamenti al nuoto veloce e costante. Il colore non è mai appariscente, in genere essi sono bruni o azzurri sul dorso e argentati-bianchi sul ventre come misura mimetica nell'ambiente marino. Dispongono un gran numero di uova pelagiche in rapporto all'assenza di cure parentali. Sono per la maggior parte gregari, e molte specie compiono ampie migrazioni sia nell'ambito dell'ambiente marino sia dal mare alle acque dolci e viceversa. Pesci ossei neotonici per eccellenza sono i piccoli pelagici, quali i clupeidi, e i grandi pelagici, quali gli sgombridi. Anche i pesci cartilaginei neotonici presentano un corpo fusiforme e una coda eterocerca. Per aumentare la loro capacità di ampi spostamenti verticali e orizzontali hanno perso la vescica natatoria. In più, hanno sviluppato tutta una serie di meccanismi per la riduzione del peso corporeo (come la presenza di grasso nel fegato), per aumentare le capacità recettorie (organi di senso particolarmente sviluppati, in particolare l'olfatto e la possibilità di captare le vibrazioni e i campi elettrici). Tipici squali neotonici sono lo squalo bianco (*Carcharodon carcharias*), lo smeriglio (*Lamna nasus*), la verdesca (*Prionace glauca*) e, di minori dimensioni, il palombo (*Mustelus*).

- **Cefalopodi:** I molluschi che appartengono ai cefalopodi neotonici sono i calamari, i totani e le seppie. Si tratta di organismi che vanno dai 2 cm di lunghezza dei piccoli Sepiolidi ai 20 m dell'*Architeuthis*. Le caratteristiche morfologiche e fisiologiche dei cefalopodi li rendono ottimi predatori: basti pensare alla capacità di nuoto, all'efficienza dell'apparato boccale (provvisto di radula e di robuste mascelle cornee, di braccia e tentacoli per la cattura del cibo, allo sviluppo di un sofisticato sistema nervoso e di organi di senso, agli adattamenti particolari come l'emissione di inchiostro e la presenza di cromatofori che consentono all'animale di mimetizzarsi. Il mantello delimita un'ampia cavità palleale in cui si trovano le branchie; l'acqua viene poi espulsa attraverso un imbuto, che corrisponde alla parte inferiore del piede degli altri molluschi, facendo di questo apparato un efficace sistema di spinta dell'acqua e quindi di propulsione. Tipici cefalopodi pelagici sono i calamari che presentano corpo allungato, terminante con due lunghe pinne laterali di forma triangolare. Espellendo l'acqua dalla cavità palleale attraverso l'imbuto con una forte contrazione, l'animale si spinge rapidamente all'indietro realizzando così una sorta di meccanismo di propulsione a reazione. Talvolta si riuniscono in gruppi numerosi per seguire i branchi di pesci neotonici di cui si nutrono. A loro volta i calamari sono predati da numerosi specie di pesci e di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

odontoceti. Comune nelle nostre acque è il calamaro comune *Loligo vulgaris*. I totani presentano invece due pinne di forma triangolare o cuoriforme al termine del corpo allungato. Nelle nostre acque sono comuni *Todares sagittatus* e *Illex coindetii*. Altro gruppo di specie di cefalopodi neotonici è quello delle seppie, dal corpo più tozzo e meno adattate ad una vita in acque aperte. Esse vivono, infatti, in prossimità del fondale dove predano pesci, crostacei e altri cefalopodi. Comune nel Mediterraneo la seppia *Sepia officinalis*.

- **Mammiferi marini:** I cetacei sono dei mammiferi marini che hanno subito, in rapporto al loro ritorno al mare, profonde modificazioni dell'architettura e dell'organizzazione del corpo. Essi sono perfettamente adattati alla vita pelagica: il corpo è allungato, fusiforme, con collo accorciato e immobile, coda slargata con pinne espanse orizzontalmente, arti conformati a pinne, polmoni ampi per consentire lunghe immersioni, narici situate alla sommità del capo per poter respirare quando sono in superficie. Essi si sono completamente svincolati dall'ambiente terrestre per la riproduzione: si accoppiano, partoriscono e allattano i propri piccoli nell'acqua. La produzione e la ricezione dei suoni sono altamente sviluppati e rappresentano un importante strumento di adattamento alla vita pelagica. Le onde sonore prodotte da questi animali permettono un rapido riconoscimento sia degli individui della stessa specie sia di altre specie o di determinate situazioni. Permettono inoltre di valutare le distanze e la velocità degli oggetti in movimento. I cetacei si dividono in Mysticeti (o balene con fanoni), dotati appunto dei fanoni, lamine cornee verticali alle mascelle, idonee a filtrare grandi quantitativi di acqua e trattenere il plancton. Nel Mediterraneo abbiamo 1 famiglia di Balenidae (balene, pelle del ventre liscia, muso lungo e convesso) e 6 famiglie di Balaenopteridae (pelle del ventre con solchi longitudinali, muso appiattito). Gli Odontoceti (o balene con denti), presentano da 2 a 250 denti uguali, conici. Presentano modificazioni particolari sulla testa e nel sistema respiratorio che permettono loro di emettere e ricevere onde sonore con una vasta gamma di frequenze. I suoni, prodotti dal movimento dell'aria attraverso sfiatatoio e sacchi aerei, grazie all'azione di una loro speciale muscolatura, sono utilizzati sia per la ecolocalizzazione che per i rapporti sociali (richiami, canti, ecc.). Nel Mediterraneo sono presenti 10 famiglie di Delphinidae (delfini) e 1 di Physeretidae (capodoglio). Ai Pinnipedi appartengono le otarie (con arti posteriori per sollevarsi e camminare a terra, dotate di padiglioni auricolari), le foche (con arti posteriori immobili, senza padiglioni auricolari), i trichechi (con arti posteriori per camminare a terra, senza padiglioni auricolari e con sviluppati canini) e i Sirenidi (dugonghi e lamantini). Nel Mediterraneo l'unica specie presente è la foca monaca *Monachus monachus*.

- **Altri taxa:** Oltre ai cetacei e ai pinnipedi ci sono altri animali di origine terrestre che si sono adattati a vivere nelle acque aperte, subendo una serie di modificazioni e adattamenti. Si tratta di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

serpenti e tartarughe che, a differenza dei cetacei, non si sono mai completamente svincolati dall'ambiente terrestre. I serpenti marini (idrofidi), dal corpo anguilliforme, dotati di grandi polmoni che permettono all'animale di stare a lungo sott'acqua senza respirare e di regolare il proprio assetto. Presenti nelle acque tropicali della zona indo-pacifica, sono predatori, alcuni anche molto velenosi. Anche le tartarughe nuotano agilmente in mare nonostante le dimensioni e il peso grazie a modificazioni degli arti in pinne e alla capacità di immagazzinare aria nei sacchi polmonari. Non sono completamente indipendenti dall'ambiente terrestre sicché devono tornare a riva, sulle spiagge, per la deposizione delle uova. La più grande tartaruga marina che si incontra nel Mediterraneo è la *Dermochelis coriacea*, che arriva fin ad un peso di 5 q. La più comune è invece la *Caretta caretta*.

## 6.1 Condroitti

### 6.1.1 Caratteristiche ecologiche

I Condroitti sono caratterizzati da uno scheletro completamente cartilagineo che essendo meno pesante e rigido di quello osseo agevola i movimenti e aiuta nel galleggiamento. Tipiche caratteristiche fisiche di questi pesci sono il corpo affusolato, la testa appuntita ed una grande apertura delle mascelle. La maggior parte di loro presenta cinque fessure branchiali ai lati della testa oppure inferiormente (anche se in alcune specie se ne trovano sei o più, come negli Hexanchiformes). Oltre alla prima pinna dorsale, appuntita e triangolare, essi possiedono un paio di pinne pettorali, un paio di pinne pelviche, una seconda pinna dorsale, una pinna anale ed una pinna caudale eterocerca epicerca (ovvero il lobo superiore è più sviluppato dell'inferiore) dalla forma caratteristica. La spinta supplementare verso il basso esercitata dalla forma particolare della coda è compensata dalla presenza di pinne pettorali ben sviluppate. Le altre pinne cosiddette impari, cioè le dorsali e le anali, hanno invece funzioni prettamente equilibratrici.

Attualmente si conoscono circa un migliaio di specie di pesci cartilaginei, che possono presentare lunghezze totali molto diverse; si va dal piccolo squalo pigmeo (*Squaliolus laticaudus*), che non supera lunghezze di 22 cm, al gigantesco squalo balena (*Rhincodon typus*), un pesce filtratore che raggiunge una lunghezza massima di 20 metri ed una massa di 34 tonnellate.

Le parti terminali della pinna pelvica nel maschio si sono modificate in organi sessuali a forma di sigaro-salsiccia, meglio noti come emipeni. Questi organi garantiscono la fecondazione interna: servono per introdurre lo sperma nel corpo della femmina attraverso la cosiddetta *cloaca*.

Lo scheletro dei condroitti è assai diverso da quello dei pesci ossei e dei vertebrati terrestri. Gli

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

squali e gli altri Condritti (la razza e la chimera) hanno uno scheletro di cartilagine gommosa, un materiale assai più leggero e flessibile rispetto al tessuto osseo tradizionale. Come avviene per le razze, la mascella dello squalo non è direttamente fusa al cranio. La superficie della mascella rivolta verso l'interno, al pari di vertebre ed archi branchiali, è un elemento dell'ossatura che richiede più forza degli altri ed un supporto particolare per via della sua maggiore esposizione agli stress fisici. Per questo motivo è dotata di uno strato di minuscole ed uniche placche esagonali chiamate *tesserae*, blocchi cristallini di sali di calcio disposti a mosaico. Tutto ciò fornisce a questa parte del corpo la forza che avrebbe se fosse composta del ben più pesante tessuto osseo. In generale negli squali troviamo un solo strato di *tesserae*, ma tra le specie più massicce, come lo squalo dello Zambesi, lo squalo tigre ed il grande squalo bianco, sono stati riscontrati due o tre strati, o anche più in base alla grandezza crescente del corpo. È stato trovato uno squalo bianco con le mandibole ricoperte da ben cinque strati di *tesserae*. Sul muso, la cartilagine può essere spugnosa e particolarmente flessibile in modo da poter assorbire l'energia degli impatti contro le prede, che costituiscono una tipica tecnica di caccia negli squali. I sottili scheletri sono allungati e sostenuti da terminazioni lisce e leggere chiamate *ceratotrichia*, filamenti di proteine elastiche simili alla cheratina che troviamo anche nelle corna, nei capelli e nelle piume.

Come gli altri pesci, un condroitto estrae l'ossigeno dall'acqua marina al passaggio nelle branchie. Le fessure branchiali non sono tuttavia coperte come accade negli altri pesci, e sono disposte in fila sulla parte posteriore della testa. Un'apertura modificata, chiamata "sfiatatoio", è posizionata proprio dietro gli occhi. Questa apertura ha lo scopo principale di agevolare l'ingresso dell'acqua durante la respirazione e gioca un ruolo assai importante per gli squali che vivono sui fondali, mentre è praticamente inesistente negli squali pelagici attuali. Durante il movimento, l'acqua può passare attraverso la bocca e quindi raggiungere le branchie dello squalo in un processo noto come ventilazione ad ingoio. Anche a riposo, molti squali continuano a pompare acqua attraverso le branchie per assicurarsi una riserva costante di acqua ossigenata. Una piccola parte delle specie di squalo trascorre l'intera vita nuotando in immersione: questo comportamento è comune ad esempio nello squalo volpe pelagico (*Alopias pelagicus*). Gli squali con queste caratteristiche hanno perso la facoltà di pompare acqua attraverso le branchie, e sono permanentemente costretti alla respirazione per ingoio, anche durante le fasi di riposo. Se per qualche motivo accade che non si possano mantenere in movimento, ad esempio perché sono ferite, queste specie sono condannate all'asfissia (qualcosa di analogo accade per alcune specie di pesci ossei). I processi di respirazione e circolazione iniziano quando il sangue deossigenato raggiunge il cuore bipartito dello squalo. Qui viene pompato alle branchie attraverso l'aorta ventrale che poi si dirama nelle arterie branchiali afferenti. In corrispondenza delle branchie il sangue viene riossigenato ed in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

seguito scorre nelle arterie deferenti branchiali, che si uniscono nell'aorta dorsale. Da lì il sangue ossigenato fluisce verso le varie parti del corpo. Una volta impoverito di ossigeno viene poi raccolto dalle parti periferiche del corpo attraverso le vene posteriori cardinali ed entra nella vena cava posteriore cardinale. Quindi il sangue raggiunge l'unico ventricolo cardiaco ed il ciclo si ripete. Alcune specie di squalo infine, se capovolte o colpite sul muso, entrano in un naturale stato di immobilità e i ricercatori utilizzano questo stratagemma per avvicinare questi pesci senza pericolo. Sembra che questo processo sia in qualche modo legato alla respirazione.

Diversamente dai pesci ossei i pesci cartilaginei non sono dotati di vescica natatoria per favorire la nuotata, ma si affidano a quel grosso serbatoio contenente un olio chiamato squalene che è il loro fegato. Il fegato può costituire da solo addirittura il 30% della massa galleggiante dell'animale, e nella maggior parte dei Carcharhinidae esso costituisce il 25% della massa corporea generale. All'interno del fegato, circa l'80% del volume è occupato dal succinato squalene, che è costituito da idrocarburi insaturi e riesce a migliorare il galleggiamento grazie al suo coefficiente di gravità specifica pari a 0.86. La sua efficacia è tuttavia limitata e gli squali devono ricorrere alla spinta inerziale per mantenere profondità e continuare ad affondare quando smettono di muovere le pinne per qualche motivo. Gli squali toro (*Carcharias taurus*) utilizzano una strategia natatoria diversa: deglutiscono dell'aria dalla superficie e la conservano nello stomaco, che sfruttano come fosse una vescica natatoria.

A differenza della maggior parte dei pesci ossei, con l'eccezione dei celacanti, il sangue e gli altri tessuti degli squali e dei condritti in generale sono isotonici rispetto all'ambiente marino, cioè la concentrazione di soluti è paragonabile e lo scambio netto di sostanze è nullo. Questa proprietà viene conferita loro dall'alta concentrazione di urea e di trimetilammine all'interno del corpo e consiste nell'instaurazione di un equilibrio osmotico tra sangue ed acqua salata. Questo adattamento evolutivo d'altra parte impedisce a molti squali di vivere in acqua dolce, dove collaserebbero, e li confina in ambiente marino. Esiste qualche eccezione alla regola, come lo squalo dello Zambesi, che è in grado di cambiare le sue funzioni renali in modo da espellere grandi quantità di urea e sopravvivere in acqua dolce. Alla morte dello squalo, l'urea è scissa dai batteri che vivono in mare e produce grandi quantità di ammoniaca. Per questo motivo, una carcassa di squalo comincia in breve tempo ad odorare in modo molto spiccato proprio di ammoniaca.

Diversamente da quanto accade nei pesci ossei, gli squali sono ricoperti da una complessa struttura costituita da elastiche fibre di collagene disposte in modo da circondare il corpo con una rete elicoidale. La pelle è costituita da dentelli dermici, cioè scaglie placoidi, che presentano la medesima struttura dei dentelli che compongono i filari mandibolari. Questa particolare corazza lavora come uno scheletro esterno che fornisce all'animale un ancoraggio per i muscoli preposti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

alla nuotata e allo stesso tempo riduce lo spreco di energia. La particolare forma e la disposizione delle scaglie placoidi garantiscono al predatore marino un'eccezionale idrodinamicità oltre che un'efficace protezione dall'azione dei parassiti. L'idrodinamicità è dovuta soprattutto alla riduzione delle turbolenze nell'acqua, durante il nuoto, procurata dai dentelli. Degli studi scientifici hanno infatti dimostrato che i dentelli producono minuscoli vortici che riducono l'attrito tra l'animale e l'acqua in modo da migliorare l'efficacia della nuotata. Inoltre la loro pelle particolare consente agli squali di nuotare in modo molto più silenzioso rispetto agli altri pesci. La maggior parte delle scaglie punta verso la parte posteriore dell'animale, cosicché accarezzare uno squalo dalla testa alla coda produrrebbe una sensazione analoga a quella prodotta da un corpo liscio. Soltanto l'abrasione nel verso opposto rivela la natura ruvida della pelle. Un'eccezione è rappresentata dallo squalo elefante (*Cetorhinus maximus*), l'unico squalo caratterizzato da scaglie isotrope, cioè che puntano in direzioni qualsiasi, e non verso la coda. La pelle degli squali può diventare ruvida come carta abrasiva grazie all'azione dei dentelli, al punto che si sono osservati squali che sfruttano le scaglie per ferire le prede. Alcune società industriali hanno addirittura sfruttato la pelle di squalo per produrre utensili (come l'oroshigane giapponese o la carta vetrata). In Giappone inoltre, i tradizionali forgiatori di katane utilizzano la pelle di squalo per ricoprire l'impugnatura delle spade e renderla meno scivolosa. La tecnica di costruzione prevede che i dentelli siano orientati verso la lama in modo che il samurai sia in grado di recuperare la presa nel caso sia vittima di un tentativo di disarmamento.

La caratteristica dentatura dello squalo è anch'essa costituita da dentelli come quelli che costituiscono la pelle, ma più specializzati ed ancorati mediante tessuto connettivo. I denti, essendo sottoposti a forte usura vengono costantemente sostituiti. L'arco dentario è infatti costituito da tre o quattro file di denti che avanzano e si dispongono all'utilizzo via via che l'animale ne abbisogna. Di conseguenza alcuni squali possono arrivare a perdere e sostituire ben 30.000 denti nella loro vita. Tutti gli squali posseggono queste file multiple di denti lungo le sommità delle mascelle superiore ed inferiore. Denti nuovi crescono continuamente in una fossetta subito dentro la bocca e si spostano dall'interno verso l'esterno su di una sorta di nastro trasportatore formato dalla pelle dove i denti stessi sono ancorati. In alcune specie di squalo le file si rinnovano ogni 10 giorni, in altre possono durare diversi mesi prima di essere sostituite. Le file inferiori sono usate principalmente per trattenere la preda, mentre le superiori effettuano il vero e proprio taglio. Proprio la dentatura dello squalo evidenzia le sue abitudini alimentari. La forma e la disposizione dei denti indicano infatti quale preda visita più spesso le mandibole del predatore. Denti aguzzi e fitti, come quelli dello squalo toro (*Carcharias taurus*), sono specializzati nella cattura di pesci di piccola dimensione; quelli tozzi e larghi, ad esempio quelli che si trovano nelle fauci dello squalo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

tigre (*Galeocerdo cuvier*), sono invece idonei alla consumazione dei crostacei più coriacei.

Le code dei condroitti (pinne caudali) variano considerevolmente in base alla specie ed evolvendosi si sono adattate al particolare stile di vita di ogni specie. È la coda che permette gli scatti in avanti, quindi velocità e accelerazione dell'animale dipendono dalla sua forma. I *Selachimorpha* possiedono infatti una pinna caudale eterocerca la cui parte dorsale è di solito molto più grande di quella ventrale. Ciò è dovuto al fatto che la colonna vertebrale dello squalo si estende per l'appunto fino alla porzione dorsale, dando una maggiore area superficiale ai legamenti dei muscoli, in modo da fornire un metodo di locomozione molto efficiente e da compensare la cattiva galleggiabilità tipica dei pesci cartilaginei. L'opposto accade nei pesci ossei, i membri della classe degli *Osteichthyes*, che sono dotati di pinna caudale omocerca. Per compensare la caratteristica forma eterocerca della coda e la spinta verso il basso che ne deriva, gli squali presentano pinne pettorali saldate appena dietro la testa e piuttosto sviluppate se confrontate a quelle degli altri pesci. La forma delle pinne può essere più o meno accentuata a seconda delle abitudini alimentari delle varie specie. La coda dello squalo tigre ad esempio, ha un grande lobo superiore che permette di distribuire efficientemente la forza sia nel caso in cui il pesce proceda a velocità costante in avanti che nel caso in cui si presenti la necessità di improvvisi cambi di direzione e velocità. Questa specie ha una dieta varia, e per questo deve essere in grado di muoversi facilmente nell'acqua quando caccia, mentre lo smeriglio, che caccia piccoli pesci come lo sgombro e l'aringa, ha una coda dotata di un lobo inferiore di grandi dimensioni che gli permette di mantenere a lungo le alte velocità necessarie alla cattura delle sue agili prede. Alcuni adattamenti delle code hanno lo scopo di permettere allo squalo di colpire le prede. Gli Alopiidae ad esempio appartengono a questa categoria e stordiscono, con un colpo della robusta coda caratterizzata da un lobo superiore potente ed allungato, pesci e calamari che si riuniscono in branco, in modo da cibarsene. L'*Isistius brasiliensis* ha invece una coda con entrambi i lobi piuttosto larghi e simili tra loro, ma ha la peculiare caratteristica di possedere tessuto bioluminescente sulla parte inferiore del corpo fino alla coda stessa. Durante la predazione, una piccola parte di questo pesce abissale si illumina di una luce bluastra in modo da simulare la presenza di un piccolo pesce di altra specie. In questo modo un gruppo di *Isistius brasiliensis* può fingersi un banco di piccoli pesci e di conseguenza altri squali o pesci come i tonni cadono in trappola scambiando i fasci di luce per prede. Quando gli *Isistius* si rivelano l'incauto predatore diventa a sua volta preda.

Alcune delle specie più grandi, come lo squalo mako (*Isurus oxyrinchus*), ed il grande squalo bianco, sono in parte a sangue caldo, cioè riescono a mantenere una temperatura corporea più alta di quella dell'acqua circostante. Ciò è possibile grazie all'esistenza della rete mirabile, un

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

complesso di arterie e vene molto vicine tra loro che tramite un processo di scambio di sangue contro corrente riduce la perdita di calore corporeo. Delle contrazioni muscolari inoltre contribuiscono a generare un debole incremento di temperatura. Ad ogni modo l'insieme di questi stratagemmi non consente di considerare gli squali davvero omeotermi in quanto nella vera omeotermia, che si riscontra nei mammiferi e negli uccelli, il calore è generato, mantenuto e regolato dal metabolismo corporeo.

L'aspettativa di vita di un condroitto varia da specie a specie. La maggior parte ha una vita media tra i 20 ed i 30 anni, mentre lo spinarolo può arrivare all'età record di cent'anni; si ipotizza che gli squali balena possano addirittura superare questa età.

L'apparato digerente è caratterizzato da uno stomaco piuttosto voluminoso e da un intestino corto, chiamato valvola spirale, la cui forma richiama quella di una scala a chiocciola. La valvola spirale può essere di due tipi: ad anelli corti o ad anelli allungati. La conformazione a valvola, che garantisce una maggiore superficie di assorbimento dei principi nutritivi, ma allo stesso tempo incrementa il tempo di digestione, è giustificabile in base alla presenza del grosso fegato di cui sopra. L'intestino termina nel retto, dotato di una ghiandola rettale che espleta le funzioni dell'intestino cieco umano, e quindi si apre all'esterno in prossimità dell'ano attraverso la cosiddetta *cloaca*, che drena all'esterno anche i dotti urogenitali (e nella femmina è qui che avviene la fecondazione). Negli squali sono ben sviluppati sia la milza che il pancreas.

Gli squali possiedono una muscolatura di tipo metameric: i muscoli sono divisi in segmenti, chiamati *miotomi* che sono disposti in fila uno dopo l'altro. Una caratteristica che differenzia i *Selachimorpha* dai pesci ossei è la presenza di una muscolatura epibranchiale, che serve a muovere le fessure branchiali. Questo movimento, necessario per rifornire le branchie di acqua ossigenata, non è presente nei carcharhinidae che, come accennato nella sezione respirazione e circolazione, sono costretti a mantenersi costantemente in movimento per non soffocare. La rete mirabile, già citata nella sezione temperatura corporea, serve anche ad irrorare i muscoli permettendo loro di lavorare ad una temperatura maggiore, e di lavorare meglio di quanto non avvenga tra i pesci a circolazione *semplice*.

Gli squali sono dotati di un sistema nervoso centrale, uno periferico, e di numerosi organi di senso, che tratteremo nel seguito. L'encefalo ed il midollo spinale costituiscono il sistema centrale; il cervello è diviso in varie aree. Quella proencefalica è sede dell'olfatto, quella mesencefalica della vista e quella romboencefalica dell'udito e della ricezione di stimoli meccanici. Esistono 12 paia di nervi che conducono al cervello gli stimoli esterni provenienti dai sensi.

In alcune specie, gli organi olfattivi sono in grado di rilevare una parte per milione di sangue presente in acqua marina. L'acqua entra attraverso le narici e passa ai sacchi nasali mentre lo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

squalo nuota, mentre viene pompata direttamente dalle narici quando l'animale è a riposo. Questo secondo fenomeno avviene naturalmente solo per quelle specie che rimangono immobili mentre riposano e sono in grado di pompare l'acqua come accennato nel paragrafo respirazione e circolazione. I sacchi nasali sono forniti al centro di lamelle o filamenti di tessuto tappezzati di recettori olfattivi, verso i quali viene diretta l'acqua. Il senso olfattivo è collocato nel corto condotto che collega le aperture nasali anteriore e posteriore, che nei pesci ossei sono fuse, ma negli squali sono distinte. Gli squali sono attratti dagli agenti chimici contenuti nelle viscere di molte specie, e in conseguenza di questo spesso si soffermano nei pressi di scarichi fognari. Alcune specie, come lo squalo nutrice, presentano dei barbigli che potenzia ancora di più la sensibilità nella ricerca di prede. Di solito all'olfatto (che negli squali è un senso superiore) è affidata la responsabilità di identificare le prede lontane, mentre sulle brevi distanze gli squali privilegiano la linea laterale, nuotando attorno alla preda per percepire i suoi movimenti in acqua, oppure ricorrono agli speciali pori sensoriali elettroriceptivi di cui sono dotati (le ampolle di Lorenzini) per discriminare i campi elettrici generati dalla preda da quelli creati dal moto ondoso oceanico.

Sembra, invece, che il senso del gusto risieda nei bottoni gustativi, presenti non solo all'interno del cavo orale, ma anche sulla pelle che circonda la bocca.

L'occhio dello squalo è simile a quello degli altri vertebrati, ossia dotato di cristallino, cornea e retina. La differenza principale consiste in un adattamento all'ambiente marino: gli occhi presentano una membrana chiamata *tapetum lucidum*, che si trova dietro la retina e vi riflette una seconda volta la luce, in modo da migliorare la percezione luminosa e la visibilità nelle acque più oscure. L'efficacia della membrana non è naturalmente la stessa per tutte le specie, ma vari tipi di squalo presentano uno spiccato adattamento alla vita notturna. Gli squali hanno le palpebre, ma non le sbattono frequentemente in quanto l'azione dell'acqua circostante è sufficiente alla pulizia dell'occhio. Alcuni presentano la membrana nittitante (più diffusa tra gli uccelli) per proteggere l'occhio durante la caccia e quando l'animale è minacciato. Altri come il grande squalo bianco, non ne sono dotati, ma si proteggono comunque ruotando gli occhi all'indietro quando colpiscono la preda. L'importanza della vista durante la caccia è fonte di dibattito. Alcuni scienziati sostengono che la ricezione elettrochimica sia più importante, altri invece utilizzano l'esistenza della membrana nittitante come prova del fatto che la vista sia fondamentale per l'animale, in quanto presumibilmente non proteggerebbe gli occhi se non fossero essenziali per la sua sopravvivenza. Un'altra facoltà interessante degli squali è la capacità di passare da una visione monoculare ad una stereoscopica in qualsiasi momento a seconda delle condizioni ambientali (il modo in cui lo fanno varia ancora a seconda della specie).

Benché sia molto difficile testarlo, da alcune osservazioni sembra che gli squali siano dotati di un

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

udito molto fine e che possano percepire i movimenti di una preda lontana diversi chilometri. Una piccola apertura su entrambi i lati della testa (da non confondere con le branchie) conduce direttamente all'orecchio interno attraverso un canale molto stretto. La linea laterale funziona in modo simile essendo collegata all'ambiente esterno da una serie di minuscole aperture denominate pori di linea laterale. Questo sottolinea la comune origine dei due sensi che identificano vibrazioni e suoni e sono riuniti nel sistema acustico-laterale. A differenza di ciò che notiamo negli squali, nei pesci ossei e nei tetrapodi non esiste più l'apertura diretta tra orecchio interno e ambiente esterno.

Un altro caratteristico organo di senso è rappresentato dal sistema della linea laterale, che permette di riconoscere movimenti e vibrazioni nell'acqua. Gli squali usano questa facoltà per individuare i movimenti di altri organismi, in particolare quelli dei pesci feriti. La banda di frequenze che riconoscono è quella compresa tra 25 ed 50 Hz.

Una delle ultime caratteristiche dello squalo che si è scoperta è la sua sensibilità a campi magnetici ed elettrici che gli deriva dalla presenza di alcuni recettori collegati ai pori del muso. Il vero organo capace di questa caratteristica è il complesso formato dalle ampole di Lorenzini. Il funzionamento è molto simile a quello del labirinto auricolare presente nell'orecchio umano. Alcune ciglia immerse in un gel vengono sollecitate dalle variazioni di campo grazie all'azione di una pompa protonica e sono quindi suscettibili ad un gradiente elettrochimico. Da alcuni esperimenti fatti in mare aperto si è compreso che lo squalo utilizza tutti i sensi, ma ne attiva alcuni solo a distanze prossime alla preda. Infatti se da lontano prevalgono odore, magari del sangue che sgorga da una ferita, e logicamente vista, da vicino, se l'acqua si fa torbida e deve procedere alla cieca, lo squalo fa proprio affidamento su questo sistema che gli permette di serrare la mascella a colpo sicuro. Il fatto che l'elettroreazione vada a soppiantare olfatto e vista su brevi distanze è testimoniato anche dal fatto che alcuni squali tendono a dimostrarsi aggressivi nei confronti di apparecchiature elettroniche (come le macchine fotografiche) quando transitano nei pressi di gabbie di sub o navi oceanografiche. Come accennato le ampole di Lorenzini sono l'organo elettrorecettore dello squalo e variano in numero da un paio di centinaia a qualche migliaio a seconda dell'individuo. Gli squali le usano per riconoscere i campi elettrici che ogni essere vivente produce. Questa percezione aiuta l'animale a trovare le prede anche in condizioni di pessima visibilità (in modo particolare ciò accade per gli squali martello). Tra tutti gli animali conosciuti, gli squali sono quelli con la più precisa percezione elettrica. L'identificazione delle prede diventa utile soprattutto quando esse si nascondono sotto la sabbia del fondale marino. Anche in quei momenti esse producono infatti inavvertitamente dei campi elettrici. È a causa di questo senso se a volte gli squali attaccano per sbaglio delle barche: il potenziale elettrochimico che l'interazione tra il metallo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

e l'acqua salata genera assomiglia infatti ai deboli campi generati dalle prede, ed in più, essendo spesso più potente di questi ultimi, riesce ad attirare squali che si trovano anche a grandi distanze. Un altro utilizzo dell'elettrocezione è a fini di orientamento: le correnti oceaniche generate dal campo magnetico terrestre producono anch'esse dei campi elettromagnetici e sono usate dagli squali per migrare e rendere meno dispendiosa la navigazione.

Il sesso di uno squalo può essere determinato in modo semplice. Nei maschi si trovano pinne pelviche modificate che costituiscono gli emipeni, delle appendici prensili, comuni in alcuni pesci e rettili, che servono a trattenere la femmina durante l'accoppiamento. Negli squali però l'importanza degli emipeni non si ferma certo qui: questi organi, noti anche come pterigopodi o gonopodi, adempiono anche la funzione che nei mammiferi è svolta dal pene, cioè si occupano della fecondazione vera e propria all'interno dell'apparato genitale femminile. L'accoppiamento tra squali è stato osservato raramente in maniera diretta, e tra le varie specie ci sono delle differenze non trascurabili in questa pratica. I piccoli *Scyliorhinidae* ad esempio, si accoppiano arrotondandosi intorno al corpo della femmina, mentre nelle specie più grandi e meno flessibili, maschio e femmina nuotano paralleli uno all'altra finché il primo non inserisce uno degli emipeni nell'ovidotto della femmina. Molte femmine delle specie più grandi presentano segni di morso che derivano loro dal tentativo del maschio di mantenere la posizione corretta durante l'accoppiamento. I segni possono derivare anche dalle pratiche di corteggiamento, durante le quali il maschio può mordere la femmina per dimostrare il suo interesse. In alcune specie la femmina ha sviluppato una pelle più robusta proprio per ovviare a questo problema. Il rene maschile è direttamente collegato al testicolo. Alcune delle cellule renali costituiscono la ghiandola di Leydig, preposta a secernere il liquido spermatico. La femmina invece ha reni indipendenti rispetto agli ovai e riesce talvolta a conservare lo sperma per un anno. Solo all'interno dell'ovario destro (nelle specie ovipare) si trovano le uova, che sono di dimensioni relativamente grandi. Le due tube sono dotate di ghiandole nidamentali che producono l'albume ed i contenitori delle uova e preposte all'immagazzinamento dello sperma dopo la fecondazione. Gli ovidotti si allargano poi in due uteri che confluiscono in una vagina comune. Gli squali adottano una strategia di riproduzione differente da quella della maggior parte dei pesci. Invece di produrre un enorme numero di uova e prole (strategia che in media produce un tasso di sopravvivenza dello 0,1%), gli squali generano di solito una dozzina di cuccioli (anche se è documentato che una verdesca ne ha partoriti 135, ed alcune specie non ne mettono al mondo più di due alla volta). Questi cuccioli sono protetti da membrane molto robuste che avvolgono le uova, oppure vengono alla luce già vivi.

I cuccioli dei condroitti possono nascere in 3 modi diversi:

\* Oviparità: alcuni di questi pesci depongono uova. In questi casi, spesso l'embrione viene

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

protetto da un contenitore della consistenza della pelle di squalo. A volte questi contenitori vengono infilati in fessure rocciose per aumentare ancora di più il livello di protezione. I borsellini delle sirene, che di tanto in tanto vengono rinvenuti sulle spiagge, sono proprio contenitori per uova rimasti vuoti. Tra gli squali ovipari ci sono il gattuccio, lo squalo di Port Jackson ed il *Cephaloscyllium ventriosum*.

\* Viviparità: in questo caso la madre mantiene un contatto *placentale* con l'embrione in via di sviluppo, in modo analogo a quanto fanno i mammiferi durante la gestazione. Il nutrimento della prole avviene attraverso un vero e proprio cordone ombelicale. In questo modo il cucciolo nasce già vivo e con tutte le funzionalità di base attive. Gli squali martello, gli squali requiem (come lo squalo dello Zambesi e lo squalo tigre) e lo squalo elefante appartengono a questa categoria. Si ritiene che lo squalo elefante sia la specie caratterizzata dalla gestazione più lunga (superiore a 18-24 mesi), ma non vi sono ancora prove scientifiche a riguardo.

\* Ovoviviparità: è il metodo riproduttivo più diffuso tra i condroitti. Il cucciolo viene nutrito dal tuorlo dell'uovo e poi da fluidi secreti dalle ghiandole della parete dell'ovidotto (noti come *latte uterino*) e, spesso, anche dal sacco vitellino. Durante tutta la fase di crescita dell'embrione l'uovo rimane all'interno dell'ovidotto in modo da usufruire delle due fonti di nutrimento citate in precedenza. Come accade nel caso dei vivipari, quando viene alla luce il cucciolo è già vivo ed è in possesso di tutte le sue funzionalità. Alcune specie praticano l'ovofagia: in questi casi il primo embrione ad attecchire si ciba dei rimanenti all'interno dell'ovidotto. Si ritiene che questo meccanismo di sopravvivenza sia diffuso tra tutti i Lamniformes. I cuccioli di squalo toro hanno portato questo meccanismo ad un'evoluzione ancora più avanzata: l'embrione dominante si ciba degli altri embrioni in fase di sviluppo in un processo noto come cannibalismo intrauterino. L'aspetto caratterizzante dell'ovoviviparità è che i nascituri raggiungono dimensioni considerevoli già prima di venire alla luce. In seguito al ritrovamento, nel 1953, di un uovo che conteneva un embrione quasi completamente formato, lo squalo balena è stato per anni classificato come oviparo. Tuttavia, la rarità dei ritrovamenti di uova, la presenza negli adulti dell'ombelico e altre caratteristiche della specie hanno portato i ricercatori alla conclusione che l'uovo di cui sopra fosse il risultato di un aborto e che probabilmente gli squali balena fossero ovovivipari. La conferma giunse nel 1996, quando all'interno del corpo di uno squalo balena pescato a Taiwan furono ritrovati 300 embrioni, alcuni ancora all'interno dei borsellini delle sirene, altri no. In genere le femmine ovovivipare partoriscono in luoghi protetti, come baie, foci di fiumi e anfratti poco profondi. Questi luoghi sono scelti per fornire protezione dai predatori (principalmente altri squali) e per l'abbondanza di cibo.

Ci sono due casi documentati di femmine di squalo che hanno concepito un cucciolo senza entrare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

in contatto con un maschio, attraverso un processo noto come partenogenesi (in uno dei due casi si trattava di uno squalo martello). I dettagli di questo meccanismo non sono ancora noti, anche se l'impronta genetica dei cuccioli in esame ha dimostrato che essi non presentavano contributo paterno nel loro genoma, ma erano cloni perfetti della madre. L'ipotesi di una riserva di sperma maschile nel corpo della madre andava perciò a decadere. Non si conosce per la verità neppure l'estensione di questa pratica tra le varie specie di squalo. La comunità scientifica asserisce che probabilmente questo tipo di comportamento in natura è molto raro, e rappresenta un ultimo disperato tentativo di riproduzione da parte delle femmine di alcune specie che si trovano, ad esempio perché in cattività, in assenza di un compagno. Ciò condurrebbe comunque ad un'assenza di diversità genetica, elemento necessario per una valida difesa contro le minacce naturali. Una situazione di questo genere può aver contribuito al declino della verdesca sulle coste irlandesi.

### 6.1.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto

Tra le specie di Condroitti che frequentano regolarmente l'area si segnalano *Cetorhinus maximus*, *Lamna nasus*, *Hexanchus griseus*, *Prionace glauca* e *Carcharodon carcharias* (Sperone *et al.*, 2007; 2009; 2012). Si tratta di squali pelagici, molti dei quali in progressivo calo numerico nel Mediterraneo e per i quali lo Stretto, probabilmente, rappresenta un punto di passaggio durante le migrazioni trofiche e riproduttive all'interno del Mediterraneo. La seguente tabella riporta le specie di Condroitti segnalate per la Calabria. Le specie indicate con l'asterisco sono state osservate o segnalate anche per lo Stretto di Messina (Sperone *et al.*, 2012). Le altre sono tutte potenzialmente presenti.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

### SQUALOMORPHA

Sharponose Sevengill Shark*	<i>Heptranchias perlo</i> (Bonnaterre, 1788)
Bluntnose Sixgill Shark*	<i>Hexanchus griseus</i> (Bonnaterre, 1788)
Gulper Shark*	<i>Centrophorus granulosus</i> (Bloch e Schneider, 1801)
Kitefin Shark*	<i>Dalatias licha</i> (Bonnaterre, 1788)
Velvet Belly*	<i>Etmopterus spinax</i> (Linnaeus, 1758)
Piked Dogfish*	<i>Squalus acanthias</i> Smith e Radcliffe, 1912
Longnose Spurdog*	<i>Squalus blainvillei</i> (Risso, 1826)
Angular Roughshark*	<i>Oxynotus centrina</i> (Linnaeus, 1758)

### SQUATINOMORPHA

Angelshark	<i>Squatina squatina</i> (Linnaeus, 1758)
------------	---

### GALEOMORPHA

Sandtiger Shark*	<i>Carcharias taurus</i> (Rafinesque, 1810)
Smaltooth Sandtiger*	<i>Odontaspis ferox</i> (Risso, 1810)
Thresher Shark	<i>Alopias vulpinus</i> (Bonnaterre, 1788)
Basking Shark*	<i>Cetorhinus maximus</i> (Gunnerus, 1765)
Great White Shark*	<i>Carcharodon carcharias</i> (Linnaeus, 1758)
Shortfin Mako	<i>Isurus oxyrinchus</i> Rafinesque, 1809
Porbeagle Shark*	<i>Lamna nasus</i> (Bonnaterre, 1788)
Blackmouth Catshark	<i>Galeus melastomus</i> Rafinesque, 1810
Smallspotted Catshark*	<i>Scyliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)
Nursehound*	<i>Scyliorhinus stellaris</i> (Linnaeus, 1758)
Soupfin Shark	<i>Galeorhinus galeus</i> (Linnaeus, 1758)
Starry Smoothound	<i>Mustelus asterias</i> Cloquet, 1821
Smoothound	<i>Mustelus mustelus</i> (Linnaeus, 1758)
Pigeye Shark	<i>Carcharhinus amboinensis</i> (Muller & Henle, 1839)
Spinner Shark	<i>Carcharhinus brevipinna</i> (Muller & Henle, 1839)
Sandbar Shark	<i>Carcharhinus plumbeus</i> (Nardo, 1827)
Blueshark*	<i>Prionace glauca</i> (Linnaeus, 1758)
Great Hammerhead	<i>Sphyrna mokarran</i> (Ruppell, 1837)
Smooth Hammerhead*	<i>Sphyrna zygaena</i> (Linnaeus, 1758)

### BATOIDEA

Spotted Torpedo*	<i>Torpedo marmorata</i> Risso, 1826
------------------	--------------------------------------

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Common Torpedo*	<i>Torpedo torpedo (Linnaeus, 1758)</i>
Skate	<i>Dipturus batis</i> Linnaeus, 1758
Longnose Skate	<i>Dipturus oxyrinchus</i> Linnaeus, 1758
Cuckoo Ray	<i>Leucoaja naevus</i> Muller & Henle, 1841
Sandy Ray	<i>Leucoraja circularis</i> Couch, 1838
Shagreen Ray	<i>Leucoraja fullonica</i> Linnaeus, 1758
Starry Ray	<i>Raja asterias</i> Delaroche, 1809
Blonde Ray	<i>Raja brachyura</i> Lanfont, 1873
Tornback Ray*	<i>Raja clavata (Linnaeus, 1758)</i>
Brown Ray*	<i>Raja miraletus (Linnaeus, 1758)</i>
Spotted Ray*	<i>Raja montagui</i> Fowler, 1910
Speckled Ray	<i>Raja polystigma</i> Regan, 1923
White Skate	<i>Rostroraia alba</i> Lacépède, 1803
Common Stingray*	<i>Trygon (= Dasyatis) pastinaca (Linnaeus, 1758)</i>
Pelagic Stingray	<i>Dasyatis violacea (Bonaparte, 1832)</i>
Common Eagle Ray	<i>Mylobatis aquila (Linnaeus, 1758)</i>
Devil Fish*	<i>Mobular mobular (Bonnaterre, 1788)</i>
Common Guitarfish	<i>Rhinobatos rhinobatos (Linnaeus, 1758)</i>
Bull Ray*	<i>Pteromylaeus bovinus (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817)</i>

## 6.2 Osteitti

### 6.2.1 Caratteristiche ecologiche

Con oltre 30.000 specie, gli osteitti o pesci ossei rappresentano quasi il 50% del totale delle specie di vertebrati note. Si distinguono tra i vertebrati per il lungo periodo di evoluzione (iniziato circa 500 milioni di anni fa che ne ha consentito la diversificazione in tutte le forme attuali, sviluppate e adattate ad ogni tipo di condizione e alimentazione, specializzandosi e occupando praticamente tutte le nicchie ecologiche dei vari ambienti acquatici.

I pesci hanno colonizzato pressoché qualsiasi mare, oceano, fiume o lago del pianeta, con forme, colori e dimensioni diversissime tra loro.

Vi sono specie tipiche dei corsi d'acqua montani (come i Salmonidae o i Cyprinidae) o dei laghi (come la comune *carpa - Cyprinus carpio*), adatti alla vita sul fondale alla ricerca del cibo. Talvolta

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

le specie possono essere endemiche del loro habitat; in Italia, ad esempio, *Salmo fibreni* nel Lago di Posta Fibreno e *Salmo carpio* nel Lago di Garda.

Gli ambienti a salinità variabile, come gli estuari dei fiumi e le lagune, accolgono specie specializzate nel sopportare sbalzi anche grandi della concentrazione del sale disciolto, dette eurialine (i Mugilidae, ad esempio, tra cui il comune *cefalo* - *Mugil cephalus*), al contrario le specie incapaci di adattarsi ad ambienti con salinità variabile sono dette stenoaline.

In mare, nelle zone tipiche dei domini pelagici, lontani dalle coste e privi di ogni nascondiglio, i pesci sono caratterizzati da livree argentate per riflettere quanto più possibile il blu delle acque circostanti e nascondersi così ai predatori. Molti hanno una forma slanciata, adatta al nuoto veloce per favorire la fuga o la caccia (come i tonni), altri cercano la sicurezza radunandosi in branchi numerosi.

Vicino alle coste i fondali rocciosi, ricchi di alghe marine, sono frequentati da una grande abbondanza di pesci tipicamente vegetariani (come la *salpa* - *Sarpa salpa*), ma anche di predatori delle altre specie animali che vivono tra le alghe, come molluschi o anellidi. Le praterie di *Posidonia oceanica* offrono un ulteriore nutrimento e, più spesso, nascondiglio ad altre specie di pesci (come al *pesce ago cavallino* - *Syngnathus typhle*) o a forme giovanili di queste. I fondali mobili, composti da fango, ghiaia o sabbia offrono un ulteriore habitat per pesci che si sono specializzati nella caccia (ad esempio la *rana pescatrice* - *Lophius piscatorius*) o nel nascondersi, mutando la propria struttura fisica per muoversi a stretto contatto col terreno (come la *sogliola* - *Solea solea*) o infossandosi

## 6.2.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto

Risulta particolarmente complesso descrivere con esattezza la comunità di osteitti dello Stretto di Messina, sia per le relative difficoltà di campionamento che per il ruolo biogeografico dello Stretto che rappresenta un punto di incontro tra specie orientali e specie occidentali. Tra gli Osteitti, spicca, tuttavia, la presenza di una interessantissima comunità di specie di profondità, meso e batipelagiche, (Guglielmo *et al.*, 1995), come *Argyropelecus hemigymnus*, *Hygophum benoiti*, *Myctophum punctatum*, *Vinciguerria attenuata*. In ordine di abbondanza, inoltre, le principali famiglie di questo gruppo sono: *Myctophidae*, *Gonostomatidae*, *Sternoptychidae*, *Chauliodontidae* e *Stomiidae*.

Tra gli altri Osteitti si deve segnalare la presenza di grandi migratori pelagici, come il tonno (*Thunnus thynnus*) e il pesce spada (*Xiphias gladius*), ma anche tutte le altre specie di tinnidi e di carangidi, tutte dall'elevato interesse economico ed ecologico (Romeo *et al.*, 2009). Interessante è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

anche la presenza del pesce luna *Mola mola*, che frequenta piuttosto comunemente le acque dello Stretto soprattutto per alimentarsi e termoregolare al sole. Questo pesce è caratterizzato da una forma allungata, ovaloide, molto compressa ai fianchi. La pinna caudale è formata da un'escrescenza carnosa (che parte dalla radice della pinna dorsale) che ha poca mobilità: la locomozione è affidata alle pinne dorsale e anale, opposte, simmetriche, robuste e allungate. La pinna dorsale è piccola e a ventaglio. I denti sono fusi tra loro nella piccola bocca e formano una sorta di becco. Le aperture branchiali sono ridotte ad un buco appena prima la pinna pettorale. La sua pelle può raggiungere lo spessore di 15 cm. Essa ospita fino a cinquanta specie di parassiti e microorganismi, i quali possono provocare il fenomeno della bioluminescenza. Il pesce luna può raggiungere la lunghezza di tre metri per un'altezza di tre metri ed un peso di oltre due tonnellate. Si tratta inoltre di un pesce estremamente longevo: presumibilmente può superare ampiamente i cento anni di età.

Gli esemplari di pesce spada raggiungono grosse dimensioni, con una lunghezza massima di oltre 4,5 m e un peso che supera abbondantemente i 400 kg. Il loro aspetto è caratteristico, il corpo agile e muscoloso, quasi squaliforme, ma le pinne dure e agili denotano una vita fatta di velocità e potenza, è infatti un pesce predatore e migratore. La caratteristica più riconoscibile è ovviamente la spada, lunga fino a un terzo dell'intero corpo, composta da materiale osseo e quindi estremamente pericolosa se usata come arma di offesa (per la caccia) e di difesa dall'unico predatore (uomo escluso) che comporta un serio pericolo alla vita del pesce spada: lo squalo mako.

La coda è estremamente forcuta e sottile, a forma di mezzaluna. L'occhio è grande e la vista buona. Preda principalmente Tonni, Barracuda, pesci volanti, pesce azzurro e molluschi cefalopodi. I pesci spada sono annoverati tra gli animali a sangue caldo (cosa rara per i pesci, solo qualche decina riesce a mantenere costante la temperatura interna), poiché è stato provato che la temperatura interna sia mediamente di 10-15°C superiore all'acqua che lo circonda. Recentemente è stato osservato che il comportamento del pesce spada nello Stretto di Messina sia strettamente correlato alla temperatura ambientale (Romeo *et al.*, 2010; 2011): nello specifico, il corteggiamento avviene a temperature superiori ai 24 °C; a temperature più basse, gli esemplari giovani sembrano essere frequentemente osservati in comportamento di basking (ossia nuotano in superficie per termoregolare); gli esemplari più grandi, invece, eseguono spesso salti (Breaching) al di fuori dall'acqua. Si tratta, tuttavia, di una specie che attua un regolare comportamento di superficie.

Altri pesci ossei piuttosto comuni sono i pesci balestra, che hanno forma ovoidale, fortemente compressa ai lati: la testa è lunga oltre 1/3 dell'intero corpo. Gli occhi sono prominenti, la bocca è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

munita di un robusto becco munito di denti taglienti. Le pinne pettorali sono piccole ma robuste, manca la coppia delle ventrali, la dorsale e l'anale sono poste specularmente e indietro, vicine alla coda. Sul dorso è presente inoltre una pinna particolare, formata da 3 raggi spinosi, il primo dei quali è erettile e munito di una sorta di blocco di sicurezza. Questo congegno anatomico permette ai pesci balestra di sfuggire ai predatori, resistendo incastrati tra le rocce in caso di pericolo oppure diventando troppo grossi in bocca per venire ingoiati. I Pesci Balestra sono facilmente riconoscibili anche per il loro modo di nuotare: pinna dorsale ed anale infatti ondeggiavano a sinistra e a destra alternativamente.

Tra le specie di interesse commerciale si ricorda l'aguglia, di forma affusolata, quasi anguilliforme, con pinne nella parte posteriore; questa specie presenta un becco corneo con mandibola più lunga della mascella, molto flessibile. Lo scheletro è di colore verde-azzurro. La livrea è di un semplice grigio argenteo, scuro sul dorso e quasi bianco sul ventre. Raggiunge una lunghezza di 90 cm.

Anche l'aguglia imperiale è un pesce notevole ed interessante, molto comune lungo lo Stretto (Castrìota *et al.*, 2008; Romeo *et al.*, 2009). Ha il corpo subcilindrico che va rastremandosi verso la parte posteriore; negli individui più giovani (fino a circa 1 metro e mezzo di lunghezza) il corpo è schiacciato lateralmente ma, con la crescita, acquista una sezione più tondeggiante. La testa è caratterizzata da un maggiore sviluppo della mascella superiore che si prolunga in un rostro. Le pinne dorsali sono due: la prima, molto lunga, è costituita da numerosi raggi di cui i primi quattro più alti e gli ultimi quasi nascosti nel dorso. La seconda, invece, ha solamente sei raggi ed è in contrapposizione con la seconda pinna anale. Le pettorali sono corte e falciiformi, mentre la caudale è grandissima, forcuta e con i lobi stretti e appuntiti. Le squame sono piccolissime e incapsulate nell'epidermide. Può raggiungere i due metri di lunghezza, compreso il rostro.

Infine, la costardella è un'altra specie molto comune nell'area di studio in esame. Ha corpo affusolato e allungato e ha un becco, formato da un prolungamento delle mascelle che è più accentuato in quella inferiore che è lievemente più lunga e terminante in una piccola appendice carnosa. I denti sono piccoli, deboli e appuntiti. Le pinne dorsale e anale sono corte, basse. Le pinne ventrali sono inserite molto indietro e sono piccole come anche le pettorali che sono situate in alto, all'altezza dell'occhio circa. La codale è formata da due lobi uguali e ben distinti che le danno un aspetto abbastanza forcuto. Le squame di cui è coperto il corpo sono piccole, sottili e caduche. La testa è piuttosto schiacciata in senso dorso-ventrale e l'occhio è relativamente grande con iride argentea

La colorazione è blu acciaio verdastro dorsalmente con i fianchi azzurrastrati e argentei brillanti. Le pinne sono scure meno le pinnule che sono biancastre traslucide. spesso finiscono nel becco degli uccelli marini. E' una specie pelagica che nuota in superficie. Al momento della riproduzione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

si avvicinano verso terra, ma non giungono mai in vicinanza delle coste. Sono di abitudini gregarie e formano dei banchi di molte migliaia di individui che sono braccati dai tonni e da delfini. Quando sono inseguiti cercano scampo saltando fuori dell'acqua. Sono voraci carnivori e si nutrono esclusivamente di organismi planctonici, piccoli crostacei, chetognati, larve di pesci e di molluschi, stadi giovanili di clupeidi e di altri pesci. Nello Stretto di Messina le uova di questa specie si pescano nei mesi da novembre a gennaio e nel golfo di Napoli dal mese di ottobre a dicembre. Nel gennaio-marzo già si trovano stadi giovanili lunghi 12-25 mm. In questi stadi non si nota ancora la presenza del becco che incomincia a svilupparsi solo quando hanno raggiunto i 40 mm. La lunghezza massima degli adulti è tra i 35 e i 40 cm. Sono oggetto di pesca speciale che viene eseguita con una speciale rete a fonte. Nello stretto di Messina venivano catturate frequentemente catturate con rete di circuizione con l'ausilio di una barca principale (raustina) e di una più piccola (untru, usata come punto di partenza e di arrivo nella circuizione. Un'altra barca (bacca 'i stagghiu) veniva usata per tagliare la strada al banco e da cui venivano lanciati sassi bianchi per impaurire e fermare la corsa dei pesci.

## **6.3 Rettili marini**

### **6.3.1 Caratteristiche ecologiche**

Le prime tartarughe marine comparvero circa 200 milioni di anni fa, nel Triassico superiore. Oggi, esse sono rettili marini estremamente adattati alla vita acquatica, ma dipendenti dall'ambiente terrestre per la riproduzione.

La pelle delle tartarughe è spessa, asciutta e priva di ghiandole, e in alcune zone, come gli arti, è protetta da scaglie cornee. La maggior parte del corpo è racchiusa dalla corazza, con la quale la pelle è in continuità diretta. La corazza costituisce una rigida armatura che protegge il corpo, e serve anche da ancoraggio per i muscoli. Essa è costituita da un pezzo unico, in cui possiamo però distinguere varie parti. La parte superiore, a forma di cupola, è detta carapace, e quella inferiore, più o meno piatta, è detta piastrone. La zona che unisce carapace e piastrone viene detta ponte. La corazza è fatta di tessuto osseo, rivestito esternamente da uno strato sottile di sostanza detta cheratina, simile a quella che compone le unghie ed i capelli. La parte ossea della corazza è formata da numerose ossa unite insieme. Alcune di queste ossa derivano dalla colonna vertebrale, dalle coste, dallo sterno, e da altri elementi ossei, che si sono completamente modificati, fino a non essere più distinguibili come tali. Altre parti della corazza invece non hanno alcuna corrispondenza con le ossa dello scheletro, e derivano da ossificazioni della pelle. Il rivestimento esterno della

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

corazza, fatto di cheratina, è composto di molti pezzi detti scuti o scudi, circa 38 nel carapace e 18 nel piastrone. Ogni scuto ha un suo nome preciso.

La parte ossea della corazza è molto vascolarizzata; il suo accrescimento avviene sia per la deposizione di nuovo tessuto osseo ai margini di ciascun osso, sia per l'aumento dello spessore. Negli animali neonati in genere le singole ossa non sono a contatto tra loro, e si incontrano con la crescita. Gli scuti crescono per deposizione di nuovo materiale corneo a livello di tutta la loro superficie inferiore da parte di cellule presenti sulla superficie dell'osso della corazza. A mano a mano che l'osso cresce queste cellule si propagano lateralmente, in modo che la parte ossea ne sia uniformemente ricoperta. In molte specie l'accrescimento si verifica in cicli, e quando un ciclo si arresta si forma un anello intorno allo scuto corneo. Il numero degli anelli che così si formano permette di contare i cicli di accrescimento che la tartaruga ha avuto, che tuttavia non sempre coincidono con il numero degli anni. Non vi è un'esatta corrispondenza tra uno scuto e l'osso sottostante. Un singolo scuto può coprire parti di più ossa, e mentre l'animale cresce i rapporti tra uno scuto e le ossa sottostanti possono variare. La parte originale dello scuto, l'areola, che è quella presente alla nascita, tende però a restare attaccata alla parte di osso sopra il quale si trovava inizialmente. Ne consegue che spesso negli individui adulti l'areola si trova lontana dal centro dello scuto, quindi non in posizione centrale, e che gli anelli di accrescimento possono essere più concentrati da una parte e più spaziosi da un'altra. I bordi degli scuti vengono detti suture, e sono in genere ben visibili anche in individui vecchi. Questi bordi lasciano nell'osso sottostante dei profondi solchi, molto più evidenti dei limiti tra le diverse ossa. La testa e gli arti delle tartarughe marine non possono essere retratti dentro la corazza. La colonna vertebrale è in gran parte fusa con il carapace e solo parte del collo e della coda sono ancora libere; l'inserzione di molti muscoli degli arti, della coda e del collo si trova sulla superficie interna del carapace e del piastrone. Gli arti sono tozzi e trasformati in pinne, con le dita fuse insieme, in cui solo le unghie sono distinte. Le tartarughe non hanno denti, e i bordi cornei taglienti delle mandibole formano una specie di becco corneo (ranfoteca) che viene usato per tagliare il cibo in pezzi che possano essere facilmente ingoiati.

La posizione degli organi interni è abbastanza diversa da quella dei mammiferi. Il fegato è molto grande, e insieme ai muscoli pettorali e al cuore occupa la metà anteriore della cavità viscerale. Lo stomaco è simile a quello dei mammiferi e produce degli enzimi digestivi. L'intestino si differenzia in tenue e colon. Anche il pancreas e il fegato producono una varietà di enzimi e di sali biliari, similmente a quanto avviene nei mammiferi. Nei rettili, come negli uccelli, si trova una struttura che manca nei mammiferi: la cloaca. Consiste di tre compartimenti successivi: il coprodeo che raccoglie le feci, l'urodeo che riceve i dotti del tratto urogenitale e il proctodeo che funge da

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

camera comune di raccolta prima dell'evacuazione. La cloaca si apre all'esterno con una fessura longitudinale presente nella coda. I polmoni sono molto estesi e sono adesi alla superficie dorsale e dorso-laterale del carapace. Hanno una struttura simile ad una spugna, molto diversa da quella dei mammiferi; nella posizione di riposo occupano la metà dorsale della cavità corporea, ma si riducono a un quinto quando la testa e i quattro arti sono completamente retratti dentro la corazza. Poiché i polmoni sono attaccati da tutti i lati non si sgonfiano se vengono punti, come invece avviene nei mammiferi. Una sottile lamina di tessuto connettivo, priva di muscoli, separa i polmoni dagli organi sottostanti. Dal momento che il torace non si può espandere, a causa della completa rigidità della corazza, la respirazione avviene tramite l'azione dei muscoli che si trovano vicino alla base degli arti anteriori.

Quando questi muscoli si contraggono lo spazio nella cavità toracica si allarga e si crea una pressione negativa che risucchia l'aria nei polmoni. Per effettuare l'espiazione, i visceri vengono spinti contro la superficie ventrale dei polmoni tramite l'espansione di questi muscoli. Il sistema urinario è composto dai reni, dagli ureteri (che trasportano l'urina prodotta dai reni) e dalla vescica urinaria. I reni sono localizzati dietro il margine posteriore dei polmoni, in corrispondenza della parte posteriore della corazza. Al contrario che nei mammiferi gli ureteri non sboccano nella vescica, ma nella cloaca, e da lì l'acqua può poi defluire nella vescica, che può servire per l'immagazzinamento dell'acqua. La femmina possiede due ovaie, poste sotto i reni. Quando sono in attività aumentano notevolmente di dimensioni, fino a occupare una grande porzione della cavità addominale. Gli organi che accolgono l'ovulo, e in cui avviene la formazione dell'uovo, sono gli ovidotti, che terminano nella cloaca. L'ovidotto ha la capacità di immagazzinare lo sperma deposto dal maschio per periodi anche molto lunghi, infatti la femmina dopo un singolo accoppiamento può deporre uova fertili a distanza di mesi o anni. Il maschio possiede due testicoli di forma ovoidale posti accanto ai reni. Il pene serve a veicolare lo sperma nella cloaca della femmina durante l'accoppiamento. Tre sono gli organi di senso fondamentali in questi cheloni: la vista, il gusto e l'olfatto. Il primo è ben sviluppato, anche se le prove di laboratorio non hanno ben chiarito la possibile distinzione dei colori (pur provando la preferenza per alcuni colori come il blu e l'arancione). L'occhio delle tartarughe marine è dotato, oltre che di due palpebre mobili, di una membrana nittitante che garantisce la protezione dell'occhio. La retina è formata sia da bastoncelli, sensibili alla luce, sia da coni, sensibili ai colori. Sembrerebbe che le tartarughe marine giungano alle spiagge prescelte per la deposizione riconoscendo il profilo della costa. Gusto ed olfatto sono importanti per la ricerca del cibo, per avvertire la presenza di un partner o di un nemico, per riconoscere il proprio territorio ed il punto adatto per la nidificazione.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

L'udito è quasi inutilizzato: il timpano permette di raccogliere i suoni ad alta frequenza trasmessi con l'aria, ma solitamente i cheloni sentono le vibrazioni trasmesse nel substrato dell'acqua.

Le tartarughe marine assorbono una gran quantità di sali, sia dalla loro dieta che dall'acqua marina. L'eliminazione di sali in eccesso avviene, oltre che grazie ai due reni, tramite ghiandole del sale, site in fossette poco profonde nella zona del cranio poco sopra gli occhi. Tali strutture vengono utilizzate anche per mantenere umidi gli occhi quando l'animale si trova sulla terraferma. Tutte le tartarughe marine appartengono alla superfamiglia Chelonioidea, che comprende due famiglie e sette specie per come di seguito riportato:

#### 1. Famiglia Dermochelyidae

- \* *Dermochelys coriacea*, tartaruga liuto o dermochelide coriacea

#### 2. Famiglia Cheloniidae:

- \* *Caretta caretta*, tartaruga comune
- \* *Chelonia mydas*, tartaruga verde o tartaruga franca
- \* *Eretmochelys imbricata*, tartaruga embricata
- \* *Lepidochelys kempii*, tartaruga di Kemp
- \* *Lepidochelys olivacea*, tartaruga olivacea o tartaruga bastarda
- \* *Natator depressus*, tartaruga a dorso piatto.

### 6.3.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto

Tutti gli esemplari di tartarughe marine osservate o segnalate per lo Stretto di Messina appartengono alle specie *Caretta caretta* e *Dermochelys coriacea*. Occasionale potrebbe essere la presenza di una terza specie, finora mai segnalata per l'area in esame, ma comunque presente nel Mediterraneo, la *Chelonia mydas*. Per le tartarughe marine lo Stretto è un'area di passaggio e probabilmente di alimentazione, ma non di riproduzione che avviene, di norma, lungo il versante ionico reggino o nelle isole di Linosa e Lampedusa, solo per la specie *Caretta caretta* (Mingozzi *et al*, 2007). Non si esclude la possibilità che per questa specie, le acque dello Stretto di Messina non rappresentino un canale di congiunzione tra i territori di alimentazione e quelli riproduttivi (Bentivegna, 2002).

## 6.4 Cetacei

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

#### 6.4.1 Caratteristiche ecologiche

I Cetacei (Cetacea, Brisson 1762) sono un ordine di mammiferi eulacantati, completamente adattatisi alla vita acquatica. Il nome cetaceo deriva dal e significa *balena* o *mostro marino* e fu introdotto da Aristotele per designare gli animali acquatici dotati di respirazione polmonare.

Presentano un corpo fusiforme, simile a quello dei pesci, che assicura loro una maggiore idrodinamicità. Gli arti anteriori sono modificati in pinne; gli arti posteriori come tali sono assenti, ma sono presenti solo alcune ossa vestigiali, non collegate al bacino e nascoste dentro il corpo. La pinna caudale è disposta orizzontalmente e divisa in due lobi. Sono generalmente privi di peli e sono isolati termicamente da uno spesso strato di grasso.

L'ordine Cetacea comprende circa 85 specie, quasi tutte marine tranne 5 specie di delfini di acqua dolce. Le specie sono suddivise in due sottordini: Mysticeti ed Odontoceti. Esiste un terzo sottordine, Archaeoceti, cui appartengono solo specie estinte.

I Cetacei viventi sono divisi in due sottordini:

\* i Mysticeti dotati di fanoni. I fanoni sono delle strutture presenti nella mascella superiore che agiscono da setaccio e che sono costituita da cheratina. Tale struttura permette di filtrare il plancton dall'acqua.

Vi appartengono le seguenti famiglie:

- \* Balaenidae
- \* Balaenopteridae
- \* Eschrichtiidae
- \* Neobalaenidae

\* gli Odontoceti dotati di denti. Si nutrono principalmente di pesci e/o calamari. Questi Cetacei hanno un'abilità eccezionale nel percepire l'ambiente circostante mediante la ecolocalizzazione.

Vi appartengono le seguenti famiglie:

- \* Delphinidae
- \* Monodontidae
- \* Phocoenidae
- \* Physeteridae
- \* Platanistidae
- \* Iniidae
- \* Ziphiidae

Essendosi evoluti da progenitori terrestri, i Cetacei hanno dovuto sviluppare notevoli adattamenti

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

anatomici e fisiologici per poter condurre una vita completamente acquatica:

- il corpo è fusiforme ed ha assunto una forma idrodinamica simile a quella di un pesce;
- sul dorso è comparsa una pinna dorsale, formata da tessuto connettivo;
- gli arti anteriori si sono modificati in pinne pettorali (*flipper*) ed hanno assunto la forma di pagaie;
- l'estremità della coda è piatta, formata da due lobi;
- gli arti posteriori sono assenti e di essi rimangono piccole ossa nascoste all'interno del corpo;
- sulla sommità del capo è presente uno sfiatatoio;
- i peli scompaiono completamente dopo i primi mesi di vita;
- i padiglioni auricolari sono assenti;
- i genitali esterni sono nascosti all'interno di tasche.

La forma del corpo dei Cetacei ricorda molto da vicino quella dei pesci. Per convergenza evolutiva, infatti, hanno sviluppato una forma affusolata, idrodinamica, che permette loro di muoversi agevolmente nell'ambiente acquatico riducendo l'attrito con l'acqua. Il corpo dei Mysticeti è più tozzo rispetto a quello degli Odontoceti, che sono in grado di nuotare a maggiori velocità.

All'ordine dei Cetacei appartengono alcuni tra i più grandi animali mai esistiti sulla Terra. Soprattutto tra i Mysticeti, le dimensioni corporee sono ragguardevoli: la balenottera azzurra (*Balaenoptera musculus*) può raggiungere i 30 metri di lunghezza ed è considerato il più grande animale mai esistito. Tra gli Odontoceti, è il capodoglio (*Physeter macrocephalus*) che raggiunge le dimensioni maggiori, arrivando ad una lunghezza di circa 20 metri nei maschi. Il cetaceo più piccolo in assoluto è invece la focena del golfo di California (*Phocoena sinus*), una focena che può raggiungere la lunghezza di circa 140 cm. Tra i Mysticeti, le dimensioni minori sono quelle di *Caperea marginata*, che può raggiungere circa 6 metri.

Come in tutti i Mammiferi, la pelle dei Cetacei è formata da epidermide, derma ed ipoderma.

L'epidermide è costituita da un epitelio pavimentoso pluristratificato, è più spessa da 10 a 20 volte di quella dei mammiferi terrestri e il suo strato più esterno viene rinnovato circa 12 volte al giorno. Il derma è costituito da tessuto connettivo denso ed è privo di follicoli piliferi e ghiandole sebacee. L'ipoderma forma il pannicolo adiposo (*blubber*) ed è costituito da tessuto connettivo lasso ricco di adipociti e fibre di collagene. La sua funzione è quella di evitare la dispersione del calore e di fungere da sostanza di riserva.

La superficie della pelle di diversi odontoceti presenta alcune *creste cutanee*, spesso visibili anche ad occhio nudo e distribuite lungo tutto il corpo, ad eccezione della testa e in alcune specie della

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

regione ventrale. Non è ancora chiaro quale sia il loro ruolo: si pensa che possano essere coinvolte nella ricezione di stimoli tattili, o che abbiano funzione idrodinamica, o entrambe le cose. La pelle della testa e delle pinne pettorali di molte balene e balenottere è colonizzata da una serie di parassiti cutanei, soprattutto Cyamidae, conosciuti col nome di *pidocchi delle balene*, e balani appartenenti ai generi *Coronula*, *Cryptolepas*, *Conchoderma*, *Xenobalanus* e *Tubicinella*. Mentre i *pidocchi* possono interferire con i recettori sensoriali delle balene e nutrirsi della pelle delle stesse, i balani sembrano non procurare agli animali nessun danno.

Quasi tutti i cetacei presentano sul dorso una pinna dorsale formata da tessuto connettivo. La sua funzione è quella di dare stabilità al nuoto, evitando che l'animale possa capovolgersi durante gli spostamenti laterali veloci. Questa pinna è assente negli animali che vivono nelle regioni polari, come narvali (*Monodon monoceros*), beluga (*Delphinapterus leucas*) e balene della Groenlandia (*Balaena mysticetus*), che non sarebbero in grado di nuotare agevolmente sotto i ghiacci.

La pinna dorsale presenta forme e dimensioni diverse nelle diverse specie di cetacei: può essere falcata, triangolare o arrotondata. Questa caratteristica è utile per l'identificazione delle specie. Inoltre la pinna poiché è spesso ricoperta da graffi, tagli e cicatrici, è utilizzata dai ricercatori per la fotoidentificazione, una tecnica che consente di riconoscere i singoli esemplari di una specie mediante le fotografie di particolari anatomici.

La coda dei Cetacei è costituita da due lobi di tessuto connettivo, detti *flukes*, che formano la pinna caudale. A differenza di quella dei pesci, nei Cetacei questa pinna è disposta orizzontalmente e si muove dal basso verso l'alto. Questa caratteristica permette di riconoscere a prima vista un cetaceo da un pesce e la sua funzione è quella di agire da mezzo di propulsione tramite il suo movimento verticale.

Anche in questo caso forma e dimensione variano tra le diverse specie e quindi queste caratteristiche possono essere usate per l'identificazione soprattutto delle specie di grandi dimensioni.

Nei Cetacei, gli arti anteriori si sono modificati per formare delle pinne pettorali, che vengono chiamate *flipper*. Diversamente dalle pinne dorsali e caudali, le pettorali sono sostenute da ossa omologhe a quelle degli arti anteriori dei mammiferi terrestri, seppur con consistenti modifiche proporzionali (estremo raccorciamento di omero, radio e ulna e, dall'altro lato, enorme sviluppo delle dita con iperfalangia, cioè presenza di falangi in soprannumero). La funzione di queste pinne è quella di assicurare stabilità al nuoto e permettere gli spostamenti laterali.

Anche le pettorali variano in forma e dimensione, e l'abilità nel nuoto delle varie specie dipende da questa caratteristica. Le specie che presentano pinne di piccole dimensioni in rapporto alla superficie corporea, come le balenottere azzurre, sono specializzate a nuotare lentamente e in

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

mare aperto, mentre le specie con pinne di maggiori dimensioni sono in grado di nuotare più velocemente e di manovrare più agevolmente. Le pinne di maggiori dimensioni sono possedute dalla *Megaptera novaeangliae*, in cui raggiungono una lunghezza pari a circa un terzo dell'intera lunghezza dell'animale. Le grandi dimensioni di queste pinne aiutano l'animale a compiere delle manovre acrobatiche per la cattura delle prede.

Tutti i Cetacei sono privi degli arti posteriori, di cui rimangono solo delle piccole ossa vestigiali all'interno del corpo che non sono collegate alla colonna vertebrale. Durante lo sviluppo embrionale, però, tutti i cetacei presentano degli abbozzi di questi arti, la cui regressione successiva è dovuta a cause non ancora conosciute.

Nel 2006 dei pescatori giapponesi hanno catturato un tursiope (*Tursiops truncatus*) che presentava un paio di pinne poste nella regione caudale. I ricercatori pensano che queste costituiscano una ulteriore prova al fatto che i Cetacei si siano evoluti da progenitori terrestri e che l'evoluzione abbia fatto scomparire gli arti posteriori. In questo tursiope, una mutazione ha fatto riemergere un carattere perso milioni di anni fa.

La mandibola e la mascella sono allungate a formare una struttura simile ad un becco, chiamata rostro, che è maggiormente evidente nei delfinidi, mentre nei mysticeti è praticamente invisibile.

Negli Odontoceti, soprattutto negli Zifidi, il rostro è costituito da ossa piuttosto compatte. Si pensa che questa caratteristica serva ad aumentare la forza del rostro e ad evitare fratture durante i combattimenti dei maschi per le femmine. Secondo altri ricercatori, invece, nonostante l'alta mineralizzazione delle ossa, il rostro è una struttura piuttosto fragile che svolge un ruolo nel recepimento delle onde sonore e che quindi è importante nell'ecolocalizzazione.

Nei Mysticeti il rostro ha una forma arcuata per permettere l'alloggiamento dei fanoni, che si attaccano all'osso mascellare. L'inarcamento maggiore si ha nei Balenidi, in cui i fanoni sono eccezionalmente lunghi.

I Cetacei possiedono un cervello molto sviluppato, le cui dimensioni relative sono paragonabili a quelle dei primati antropomorfi, uomo compreso.

La corteccia cerebrale del cervello dei Cetacei presenta un alto numero di circonvoluzioni, soprattutto nel caso degli Odontoceti, che possiedono un numero di circonvoluzioni maggiore di quello del cervello umano, sebbene lo spessore della corteccia sia minore.

Vi è un acceso dibattito su quanto "intelligenti" siano i Cetacei in generale e i delfini in particolare. Secondo alcuni, infatti, questi animali sarebbero potenzialmente in grado di comunicare mediante un linguaggio, mentre secondo altri le dimensioni del cervello potrebbero essere dovute alla presenza di un'area acustica primaria molto ben sviluppata. Ciononostante, sono indubbie le

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

grandi capacità cognitive di questi animali. Per esempio, i tursiopi sono i soli animali, insieme all'uomo e ad alle scimmie antropomorfe, ad essere in grado di riconoscersi se posti di fronte ad uno specchio e dimostrano di possedere delle abilità numeriche.

Il midollo spinale ha una forma cilindrica e la sua lunghezza dipende principalmente dalle dimensioni corporee. Il rapporto tra la lunghezza del corpo e quella del midollo è pressoché uguale a quello dell'uomo. Nella regione cervicale, in corrispondenza con le pinne pettorali, si assiste ad un ispessimento del midollo, mentre nella regione lombare l'ispessimento è meno evidente a causa della mancanza degli arti posteriori.

Sono presenti da 40 a 44 nervi spinali, in cui le radici posteriori sono meno sviluppate delle anteriori. Questa caratteristica è dovuta al maggiore sviluppo della muscolatura ventrale dei Cetacei rispetto a quella dorsale e alla scarsa presenza di recettori sensoriali periferici.

Gli occhi dei Cetacei hanno una forma appiattita e il cristallino è di forma sferica. La pupilla di questi animali permette loro di vedere sia sott'acqua sia in aria, nonostante la diversa densità esistente tra i due ambienti.

Gli occhi sono posti lateralmente alla testa, e mentre per alcuni Cetacei la visione è binoculare, nei delfinidi ogni occhio si muove indipendentemente dall'altro, sebbene nei tursiopi sia stata dimostrata la presenza di alcune zone di sovrapposizione.

Dietro la retina è presente una zona altamente vascolarizzata, il *tapetum lucidum*, che grazie ad uno strato di cellule riflettenti svolge la funzione di aumentare la quantità di luce che raggiunge la retina stessa.

Poiché quest'ultima possiede sia coni sia bastoncelli si è pensato che i Cetacei siano in grado di distinguere i colori. Tuttavia la questione se i Cetacei siano in grado di farlo è ancora molto controversa. I coni costituiscono solo l'1% dei fotorecettori presenti nell'occhio e mancano quelli sensibili alle basse lunghezze d'onda e quindi si pensa che la distinzione dei colori sia possibile solo in condizioni di buona illuminazione. Alcuni autori sostengono che la presenza dei due tipi di fotorecettori aiuti gli animali a meglio identificare gli oggetti.

Sebbene le ghiandole lacrimali siano assenti, molti Cetacei possiedono delle ghiandole nella congiuntiva che secernono un liquido in grado di proteggere la cornea dal sale presente nell'acqua marina.

Il senso dell'olfatto è fortemente ridotto nei Mysticeti e completamente assente negli Odontoceti. Nei primi sono presenti i nervi olfattivi, ma nel lobo frontale del telencefalo manca il bulbo olfattivo, che è presente solo nello stadio fetale. Negli Odontoceti, invece, sono assenti sia i nervi, sia il bulbo.

I cetacei possiedono sulla lingua le papille gustative, sebbene il loro numero sia ridotto rispetto a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

quello dei mammiferi terrestri. I Cetacei sono in grado di riconoscere il sapore di diverse sostanze. I tursiopi presentano una sensibilità per il gusto aspro circa 7 volte superiore a quella dell'uomo, mentre la sensibilità per il dolce e il salato è superiore di circa 10 volte. La grande sensibilità per il salato potrebbe aiutare gli animali nell'orientamento, grazie alle variazioni di salinità presenti nelle acqua marine.

Il senso del tatto è dovuto alla presenza su tutta la superficie corporea dei meccanocettori, che sono maggiormente presenti sulla testa e in prossimità delle pinne pettorali e degli organi genitali. Oltre ai meccanocettori, molti Mysticeti presentano sulle mascelle e sulle mandibole delle sottilissime vibrisse, che hanno anch'esse il compito di ricevere gli stimoli tattili. Negli Odontoceti di queste strutture rimangono solo dei follicoli vestigiali. Solo nelle sotalie (*Sotalia fluviatilis*) le vibrisse sono ben sviluppate, ma in questi animali sono dei recettori in grado di percepire la direzione della corrente dell'acqua.

L'udito è il senso più sviluppato nei Cetacei, che sono in grado di capire sott'acqua da quale direzione provenga il suono: una capacità assente nei mammiferi terrestri. Ciò è reso possibile dal fatto che le ossa dell'orecchio interno di questi animali sono ben separate dal resto del cranio, che potrebbe interferire con la ricezione degli stimoli acustici. Questa separazione è tuttavia più evidente negli Odontoceti che nei Mysticeti.

Per garantire una maggiore idrodinamicità i Cetacei sono privi dei padiglioni auricolari, mentre l'orecchio medio e quello interno sono simili nella struttura a quelli degli altri mammiferi. Negli Odontoceti le onde sonore vengono recepite da una sostanza oleosa presente nella mandibola e da questa vengono poi trasferite fino all'orecchio medio, dove raggiungono il timpano. Nei Mysticeti non è stata dimostrata la trasmissione del suono attraverso la mandibola ed è probabile che la ricezione avvenga direttamente attraverso il condotto uditivo.

I Cetacei, come tutti i Mammiferi, respirano l'aria per mezzo di polmoni. Per questo motivo, essi hanno la necessità di raggiungere periodicamente la superficie del mare per effettuare gli scambi respiratori tra CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>.

Le narici si sono spostate sulla sommità del capo e costituiscono gli sfiatatoi. Questa soluzione permette ai cetacei di rimanere quasi completamente immersi durante la respirazione. Mentre nei misticeti lo sfiatatoio è costituito da due orifizi, negli odontoceti ne è presente soltanto uno. L'apertura dello sfiatatoio avviene per azione di muscoli volontari e quindi, diversamente dagli altri mammiferi, i cetacei devono decidere quando respirare.

L'aria espirata, riscaldata dai polmoni, una volta entrata in contatto con l'esterno si condensa e forma un getto, chiamato *soffio* o *spruzzo* e visibile anche da grandi distanze. Poiché forma, direzione e altezza del soffio variano da specie a specie, i cetacei possono essere identificati a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

distanza utilizzando questa caratteristica.

La trachea è costituita da una serie di anelli cartilaginei uniti gli uni agli altri. Nei Mysticeti gli anelli sono aperti e collassabili, diversamente da quanto avviene negli Odontoceti, in cui invece gli anelli sono chiusi.

I polmoni hanno una forma a sacco, non sono lobati e, diversamente da quello che si potrebbe pensare, non sono più grandi di quelli degli altri mammiferi. Il polmone destro è generalmente più grande e lungo del sinistro, per potere accogliere il cuore all'interno della gabbia toracica. Il volume polmonare è più basso di quello dei mammiferi terrestri, per evitare il rischio di formazione di emboli gassosi durante le risalite dalle immersioni profonde. Alle alte profondità, infatti, la pressione spinge gli organi interni sul diaframma, che fa sì che i polmoni, avendo un basso volume, si svuotino quasi completamente.

Gli alveoli sono altamente vascolarizzati e permettono di assorbire quasi tutto l'ossigeno presente nell'aria inspirata. *T. truncatus* riesce ad assorbire circa il 90% dell'ossigeno presente nei polmoni, mentre l'uomo ne assorbe solo il 20%.

I polmoni dei cetacei hanno la capacità di collassare quasi completamente con l'aumentare della profondità e nella maggior parte di essi il collasso completo avviene ad una profondità di circa 100 metri. Questa caratteristica permette ai cetacei di evitare pericolosi accumuli di azoto all'interno del sangue, che potrebbe portare all'insorgenza della malattia da decompressione o alla narcosi da azoto, malattie ben note ai subacquei. Con l'aumentare della pressione, aumenta anche la solubilità dell'azoto presente nell'aria inspirata; durante la risalita, con la diminuzione della pressione, l'azoto torna alla forma gassosa e potrebbe formare delle pericolose bolle all'interno del sangue. Il collasso dei polmoni evita questo problema spingendo l'aria nelle vie aeree superiori (bronchi e trachea), dove non viene in contatto con il sangue.

I Cetacei sono in grado di rimanere sott'acqua senza respirare per periodi di tempo molto più lunghi di tutti gli altri mammiferi. Alcune specie, come i capodogli (*Physeter macrocephalus*), possono rimanere sott'acqua fino a poco più di due ore con una sola inspirazione d'aria. Nella tabella 2 sono messi a confronto diversi tempi d'immersione e le profondità massime raggiunte da alcuni cetacei.

L'apparato circolatorio dei cetacei non differisce molto da quello dei mammiferi terrestri. Il sangue non ossigenato viene pompato dal cuore verso la circolazione polmonare per mezzo dell'arteria polmonare che arriva ai polmoni. Qui il sangue si ossigena e, per mezzo della vena polmonare, torna al cuore da dove viene immesso nella circolazione sistemica, per poi ritornare al cuore mediante la vena cava.

Nei mammiferi terrestri il sangue raggiunge il cervello attraverso le carotidi, mentre nei Cetacei è

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

l'arteria spinale anteriore a raggiungere la testa e irrorare il cervello.

Come in tutti i mammiferi, il cuore dei Cetacei presenta 4 cavità, due atri e due ventricoli.

Durante l'immersione, il cuore va incontro a bradicardia, cioè ad una riduzione della frequenza cardiaca. Spesso la bradicardia inizia poco prima che l'animale si immerga, e poco prima che inizi la risalita verso la superficie, la frequenza aumenta (tachicardia). In *T. truncatus* la frequenza cardiaca in superficie è di circa 110 bpm e scende a circa 37 bpm durante un'immersione di circa 4 min; nell'orca (*Orcinus orca*), la frequenza in superficie è di circa 60 bpm e scende a 30 bpm dopo più di 15 s di immersione. La bradicardia è accompagnata da una riduzione del flusso sanguigno verso l'intestino, i muscoli e la pelle che permette alla pressione arteriosa di rimanere pressoché costante e fa sì che gli organi vitali, quali cervello, reni, fegato e cuore, vengano ben irrorati. I muscoli, per assicurarsi un buon rifornimento di ossigeno durante le immersioni, presentano concentrazioni di mioglobina da 3 a 10 volte superiori rispetto ai muscoli dei mammiferi terrestri. La distribuzione della mioglobina non è uniforme nei vari muscoli dell'organismo: è più abbondante nei muscoli dorsali posti vicino alla coda e nella porzione dei muscoli che si trova a più stretto contatto con le vertebre. Inoltre, i Cetacei capaci di compiere immersioni profonde presentano concentrazioni di mioglobina più elevate di quelli che vivono lungo le coste e che effettuano immersioni a minori profondità e di minore durata.

Il sangue dei Cetacei ha un'alta concentrazione di emoglobina per assicurare un'efficiente trasporto dell'ossigeno durante le immersioni. I mammiferi terrestri presentano valori di emoglobina del sangue che vanno dagli 11 ai 14 g/hl, mentre i Cetacei capaci di compiere immersioni profonde presentano valori compresi tra i 21 e i 25 g/hl.

Poiché non sono deputate a sostenere il peso del corpo, le ossa dei Cetacei sono relativamente leggere e spugnose. In esse è presente un'alta concentrazione di grassi, che aiuta gli animali nel galleggiamento.

La colonna vertebrale è costituita da 4 regioni, cervicale, toracica, lombare e caudale. Poiché è assente il cinto pelvico, non è presente la regione sacrale. Le vertebre del collo, sempre in numero di 7, sono fuse nella maggior parte dei cetacei, fornendo stabilità durante il nuoto a scapito della flessibilità. In *Tursiops truncatus* sono fuse solo le prime due vertebre, mentre in *Ziphius cavirostris* sono fuse le prime 4. Le vertebre toraciche variano in numero tra le diverse specie e anche tra gli individui della stessa specie; le vertebre della regione lombare sono molto più numerose di quelle dei mammiferi terrestri. Il focenoide (*Phocoenoides dalli*) presenta 29-30 vertebre lombari ed è il cetaceo che ne possiede di più, mentre il Kogia sima, con solo 2 vertebre, è la specie che ne possiede di meno; anche il numero delle vertebre della regione caudale varia da specie a specie: la caperea (*Caperea marginata*) ne possiede 13, mentre lo zifio (*Ziphius cavirostris*) ne possiede 49.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Il numero totale delle vertebre varia da 41 a 98. La regione toracico-lombare è piuttosto rigida per la presenza di tessuto connettivo subdermico, mentre la colonna vertebrale diventa più flessibile in corrispondenza della testa e della coda, consentendo i movimenti dorso-ventrali responsabili del nuoto.

La gabbia toracica è costituita da un numero variabile di coste ed è molto flessibile, per permettere ai polmoni di collassare durante le immersioni profonde ed evitare l'accumulo di azoto nel sangue. Il cranio è telescopico ed asimmetrico: le ossa mascellari e mandibolari sono allungate anteriormente a formare il rostro e negli odontoceti si allargano posteriormente per accogliere il melone, una massa di tessuto adiposo che si pensa svolga un ruolo nell'ecolocalizzazione; sempre negli Odontoceti, le ossa della parte destra del cranio sono più larghe di quelle della parte sinistra. Si tratta di una conseguenza del fatto che la parte destra si è specializzata nella produzione del suono, mentre la sinistra nella respirazione.

Essendo derivato da quello dei mammiferi terrestri, l'arto anteriore dei cetacei è costituito dalle stesse ossa: omero, radio e ulna. Queste ossa, però, sono più corte e più piatte di quelle dei mammiferi terrestri e inoltre ulna e radio sono più lunghe dell'omero. Tutti i cetacei presentano un certo grado di iperfalangia che riguarda principalmente le dita centrali. Il maggior numero di falangi sono possedute dai globicefali (*Globicephala sp.*): da 3 a 4 nel primo dito, da 9 a 14 nel secondo e da 9 a 11 nel terzo.

La straordinaria lunghezza dell' tratto digestivo dei cetacei può essere dovuta alla grande taglia di questi animali o al fatto che li aiuti nel mantenimento del bilancio idrico. Non vi è correlazione tra la lunghezza del sistema digerente e i tipi di prede da digerire.

L'esofago è una struttura tubulare, lunga e dalle pareti spesse, in cui sono presenti delle cellule mucipare che secernono un liquido lubrificante, il muco, per agevolare il passaggio del cibo.

Lo stomaco è diviso in più camere, come nei ruminanti. Mentre questi ne hanno 4, nei cetacei ne sono presenti 3:

- \* stomaco anteriore o prestomaco, omologo a rumine, reticolo e omaso dei ruminanti;
- \* stomaco principale, omologo all'abomaso;
- \* stomaco posteriore o pilorico, equivalente alla regione pilorica dell'abomaso.

Lo stomaco anteriore, che non presenta ghiandole, è dotato di una robusta muscolatura e contiene al suo interno ossa e piccole pietre per sminuzzare il cibo. Sono presenti anche dei batteri anaerobi che aiutano l'animale nella digestione del cibo mediante la fermentazione batterica, così come avviene nel rumine.

Lo stomaco medio presenta delle ghiandole gastriche che secernono pepsina, lipasi e acido

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

cloridrico. La digestione gastrica prosegue poi nello stomaco posteriore, le cui pareti sono ricche di cellule mucipare. Attraverso il piloro il cibo digerito passa nel duodeno, la prima parte dell'intestino, dove avviene l'assorbimento delle sostanze nutritive.

I Cetacei sono privi di appendice, e la sua funzione di filtro potrebbe essere svolta da un complesso di organi linfatici noti come *tonsille anali*. Non è ancora chiaro se queste tonsille siano presenti in tutti i cetacei, ciò che è certo è che sono molto sviluppate nei tursiopi (*T. truncatus*).

Il fegato può essere bilobato o trilobato ed è assente la cistifellea. Il pancreas ha forma allungata, è collegato all'intestino per mezzo del dotto pancreatico ed è generalmente più grande nelle femmine.

La principale caratteristica che distingue gli Odontoceti dai Mysticeti è la presenza dei denti nei primi e dei fanoni nei secondi.

Forma, numero e dimensione dei denti degli odontoceti variano da specie a specie, ma tutti sono caratterizzati dall'essere omodonti e monofiodonti. Il numero dei denti può variare anche all'interno della stessa specie: nei capodogli (*Physeter macrocephalus*), nei delfini comuni (*Delphinus delphis*) e nei globicefali (*Globicephala sp.*) il numero di denti varia da 6 a 18. Alcuni odontoceti, come i capodogli, presentano i denti solo nella mandibola, mentre alcuni zifidi (Ziphiidae) presentano un solo dente in ogni emimandibola. Anche la forma dei denti varia tra le diverse famiglie. I delfinidi (Delphinidae), per esempio, presentano dei denti conici ed arcuati, mentre nei focenidi (Phocoenidae) i denti sono appiattiti.

I maschi dei narvali (*Monodon monoceros*) sono ben noti per il possedere una zanna avvolta a spirale, ad avvolgimento sinistrorso, che probabilmente ha dato origine al mito dell'unicorno. La sua funzione non è ben nota, si pensa che i maschi la utilizzino per i combattimenti intraspecifici per le femmine.

I fanoni sono delle strutture filamentose cheratiniche che si estendono dalla mascella dei Mysticeti. Si accrescono dalla loro parte basale e sono continuamente erosi dall'azione della lingua e per l'abrasione dovuta alle prede. Vengono usati da balene e balenottere come un filtro che intrappola piccoli pesci, organismi planctonici e krill. La lunghezza dei fanoni varia tra le varie specie. I più lunghi sono posseduti dalle balene franche (Balaenidae), in cui possono raggiungere la lunghezza di 3 m, mentre i più corti sono quelli delle balena grigia (*Eschrichtius robustus*), in cui non superano i 50 cm.

L'apparato genitale dei Cetacei non si discosta di molto dalla tipica struttura di quello dei mammiferi terrestri, ma sono presenti degli adattamenti che riguardano soprattutto i genitali esterni e le ghiandole mammarie, nascosti all'interno di *tasche genitali* per favorire l'idrodinamicità.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Nelle femmine, le ovaie si trovano all'interno della cavità addominale. Nei Mysticeti sono ovali, allungate e convolute, mentre negli Odontoceti sono sferiche e lisce.

Nei Mysticeti è possibile stabilire il numero di ovulazioni avvenute nel passato osservando e contando i *corpora albicans*, delle cicatrici che restano nell'ovaia dopo la degenerazione del corpo luteo, se l'ovulo non viene fecondato. Nei mammiferi terrestri queste cicatrici non sono persistenti, mentre nei Mysticeti restano a vita.

Negli Odontoceti solitamente l'ovaia sinistra è più sviluppata e funzionale della destra, mentre ciò non avviene nei Mysticeti, nei quali entrambe le ovaie sono pienamente funzionanti. La vagina è lunga ed nascosta all'interno di una tasca genitale, che comprende anche l'orifizio anale. Anche le ghiandole mammarie, lunghe ed appiattite, sono nascoste all'interno di tasche, dette *fessure mammarie* e poste ai lati della vagina.

Diversamente dai mammiferi terrestri, i testicoli dei maschi non sono esterni, ma sono situati all'interno della cavità addominale, vicino ai reni. Sono di forma cilindrica e, osservati in sezione trasversale, sono ovali o circolari. Il peso di questi organi in rapporto al peso corporeo è tra i più alti di tutto il regno animale. I due testicoli delle balene franche insieme possono raggiungere il peso di 900 kg, corrispondenti a circa il 10% della massa corporea dell'animale.

Anche il pene, quando non è eretto, è completamente nascosto all'interno della tasca genitale. L'erezione è dovuta alla muscolatura e non alla vasodilatazione dei vasi sanguigni dei corpi cavernosi come in tutti gli altri mammiferi.

Il pene dei misticeti più grandi può raggiungere la lunghezza di circa 3 m e il diametro di 30 cm.

Generalmente la copulazione avviene pancia a pancia ed è molto rapida.

Negli Odontoceti la gestazione dura da 7 a 17 mesi, e vi è una correlazione tra la grandezza del corpo dell'animale e la durata della gravidanza, il tasso di accrescimento del feto e il peso alla nascita del cucciolo. Animali più grandi, come le orche o i globicefali, hanno tempi di gestazione maggiori. In molti Mysticeti, nonostante le grandi dimensioni corporee, i tempi di gestazione sono inferiori rispetto a quelli di molti Odontoceti. La gravidanza infatti dura dai 10 ai 13 mesi. Ciò si spiega con le lunghe migrazioni annuali compiute dai misticeti dalle aree in cui si nutrono a quelle in cui si riproducono, difficilmente compatibili con durate della gestazione superiori a un anno.

Come tutti i mammiferi, i cetacei sono animali omeotermi e quindi hanno la necessità di mantenere costante la temperatura corporea.

L'acqua ha una conducibilità termica elevata, che si traduce in un tasso di trasferimento del calore superiore di circa 24 volte rispetto a quello dell'aria, e quindi, complice anche la mancanza dei peli, questi animali hanno dovuto sviluppare dei meccanismi efficaci per assicurare la termoregolazione. Un importante ruolo viene svolto dallo spesso strato di grasso e tessuto connettivo presente sotto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

la pelle, a livello dell'ipoderma. Questo pannicolo adiposo funziona come un isolante termico, che evita la dispersione del calore in modo molto efficiente. In alcuni odontoceti, come Delphinidae e Phocoenidae, questo strato di grasso presenta delle variazioni stagionali nello spessore. Durante le stagioni calde, quando aumenta la temperatura dell'acqua, il pannicolo diminuisce di volume, per aumentare poi nelle stagioni fredde.

La quantità e il tipo di lipidi presenti all'interno del pannicolo influenzano la capacità isolante dello stesso. Il pannicolo della focena comune (*Phocoena phocoena*) è costituito per circa l'80% da grassi, mentre nella stenella maculata atlantica (*Stenella frontalis*) sono presenti solo il 55% di grassi. Questa differenza porta al risultato che il pannicolo adiposo della focena ha una capacità isolante 4 volte superiore rispetto a quello della stenella.

Nella pinna dorsale e nei lobi della pinna caudale è presente una fitta rete superficiale di capillari sanguigni chiamata *rete mirabile*, che dà un importante contributo alla termoregolazione agendo come uno *scambiatore di calore controcorrente*. Il calore passa infatti dalle arterie, che trasportano sangue più caldo proveniente dall'interno del corpo, ai capillari venosi della rete che le circondano, nei quali scorre nel verso opposto il sangue che è stato raffreddato dall'acqua esterna.

Vivendo in un ambiente iperosmotico, cioè con una concentrazione di ioni superiore a quella dei fluidi corporei, i cetacei (tranne i delfini di fiume) devono evitare la disidratazione dovuta a fenomeni di osmosi.

I principali organi deputati al mantenimento del bilancio idrico sono i reni. Nei Cetacei questi organi sono costituiti da un grande numero di piccoli lobi, chiamati *renicoli* e sono simili ai reni di orsi e otarie. Un singolo renicolo è costituito da una regione midollare ed una corticale. Sebbene l'anatomia del rene di un cetaceo possa consentirgli di produrre un'urina molto concentrata, è stato dimostrato che ciò non avviene. L'urina prodotta da questi animali è solo leggermente più concentrata di quella prodotta dalla maggior parte dei mammiferi terrestri. È stato ipotizzato che la disidratazione stimoli l'aumento della produzione metabolica dell'acqua per mezzo dell'ossidazione dei grassi e che l'acqua in eccesso venga poi espulsa dai reni, diluendo l'urina.

Alcuni delfinidi, come i delfini comuni (*Delphinus delphis*) e i tursiopi, sono in grado di bere l'acqua del mare, ma si tratta di eccezioni. Generalmente, infatti, i cetacei non bevono, ma assorbono l'acqua presente nei cibi o la ricavano attraverso le vie metaboliche di degradazione di carboidrati, proteine e lipidi.

La maggior parte dei cetacei può vivere per circa 20-30 anni, ma alcuni superano abbondantemente questa età. Una *Balaenoptera physalus* ha raggiunto i 116 anni, mentre uno studio del 1999 ha rivelato come diversi esemplari di *Balaena mysticetus* raggiungano e superino i 100 anni.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

I cetacei sono diffusi in tutti i mari e oceani del mondo e alcune specie abitano laghi e fiumi in Nordamerica, Sudamerica e Asia. Alcune specie, come per esempio le orche (*Orcinus orca*) sono cosmopolite, altre sono diffuse in ampie aree geografiche ma non sono presenti in tutte le acque del mondo ed altre ancora vivono in aree più ristrette. È questo il caso, per esempio, della *Phocoena sinus*, endemica della parte settentrionale del Golfo di California.

Alcuni cetacei vivono vicino alle coste, in quella che viene definita *provincia neritica*, altri vivono in mare aperto, nella *provincia oceanica* e alcune specie, come *Tursiops truncatus*, presentano popolazioni diverse che vivono o in una o nell'altra provincia. Inoltre alcuni cetacei vivono in prossimità di estuari di fiumi e altri nuotano nelle acque dolci.

Molti misticeti compiono delle migrazioni da zone in cui si cibano (*feeding zone*) a quelle in cui si riproducono (*breeding zone*). È questo il caso delle megattere (*Megaptera novaeangliae*), che in estate nuotano e si nutrono nei mari delle regioni polari, abbondanti di krill, per poi migrare verso l'equatore in inverno, dove avviene l'accoppiamento e il parto delle femmine gravide. Secondo Corkeron e Connor, i misticeti migrano, oltre che per la ricerca del cibo e per partorire in acqua calma, anche per proteggere i cuccioli dagli attacchi delle orche. Questi predatori, infatti, sono più abbondanti alle alte latitudini e non seguono le balene nelle loro migrazioni poiché si allontanerebbero troppo dalle zone in cui si trovano le loro prede principali, i pinnipedi.

Tra gli odontoceti, le specie più piccole, come la *Stenella coeruleoalba*, compiono delle piccole migrazioni, spostandosi dalla costa al mare aperto alla ricerca del cibo, mentre le specie più grandi, come i capodogli (*Physeter macrocephalus*), sono in grado di effettuare spostamenti di maggiore portata.

Non si conoscono ancora bene i meccanismi attraverso cui i cetacei riescono a trovare le rotte migratorie. Si pensa che possano basarsi sul campo geomagnetico, sulla posizione del sole, sulle correnti marine o sulla localizzazione della provenienza di suoni a bassissima frequenza.

Tutti i Cetacei sono organismi predatori e si trovano al vertice della catena alimentare. Sono pochi i nemici naturali di questi animali, e il più pericoloso è sicuramente l'uomo.

I misticeti si nutrono generalmente di piccoli organismi planctonici e di piccoli pesci, mentre gli odontoceti predano organismi di dimensioni maggiori, come cefalopodi, soprattutto calamari (Teuthida), e pesci. Le orche, uniche tra i Cetacei, si cibano anche di mammiferi marini, quali otarie (Otariidae) e focene (Phocoenidae). Da ciò deriva il nome comune inglese di questi animali, *Killer Whale*, balena assassina.

Nei Misticeti sono presenti tre diversi tipi di strategie alimentari. I Balenidi e i Neobalenidi (Neobalaenidae) si nutrono nuotando lentamente nelle acque superficiali tenendo la bocca aperta. In questo modo viene filtrata una grande quantità di acqua e ingenti quantità di piccoli copepodi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

rimangono intrappolati nei lunghi fanoni.

Le balenottere (*Balaenopteridae*) presentano una grande apertura buccale e un gran numero di pieghe, chiamate *solchi golari*, nella regione ventrale della bocca e della gola, che hanno la funzione di aumentare il volume di acqua che può essere contenuto all'interno della bocca. La bocca della balenottera azzurra può contenere circa 70 t di acqua, pari a circa il 70% del peso corporeo dell'animale. I movimenti della lingua creano una pressione negativa che risucchia l'acqua e le prede in essa contenute all'interno della bocca. Successivamente questa si richiude e la lingua spinge l'acqua e le prede, principalmente krill, verso i fanoni. L'acqua viene espulsa all'esterno, mentre le prede rimangono intrappolate e poi ingerite. Le megattere (*Megaptera novaeangliae*) spesso formano delle associazioni per cacciare e utilizzano un particolare sistema di caccia, detto *bubble-feeding*. Quando questi animali cacciano piccoli pesci di branco come le aringhe (*Clupea harengus*), un membro del gruppo forma una serie di bolle prodotte dall'aria espirata dallo sfiatatoio. Le altre balene nuotano al di sotto del branco dei pesci e li spingono verso le bolle, che formano una sorta di rete. Sembra che questa rete confonda le prede, che si compattano a formare una struttura sferica che le rende più facilmente catturabili. A questo punto le balene attaccano i pesci dal basso, ingoiandone grandi quantità. Per facilitare l'esecuzione di queste manovre e coordinarsi l'una con l'altra, le megattere comunicano tra loro emettendo una serie di richiami acustici.

Le balene grige (*Eschrichtius robustus*) si nutrono di piccoli crostacei che vivono all'interno dei sedimenti del fondale. Queste balene nuotano con il dorso rivolto verso il basso e usano la lingua per "dragare" il fondo, ingerendo acqua e sedimenti, che vengono poi spinti dalla lingua verso i fanoni ed espulsi, mentre le prede restano intrappolate e quindi vengono ingerite.

Gli Odontoceti si nutrono di prede più grandi rispetto a quelle dei Mysticeti e utilizzano tutti il sistema dell'ecolocalizzazione per individuarle. Questi animali producono una serie di suoni ad alta frequenza, detti *click*, che vengono diretti nella direzione in cui punta la testa. Quando i *click* raggiungono una preda, rimbalzano e tornano indietro. L'eco di ritorno viene recepita dalla mandibola, che trasmette le vibrazioni all'orecchio per mezzo di una sostanza oleosa. I *click* sono generati da tre sacche aeree poste nella testa dell'animale e vengono amplificati dal melone.

I suoni vengono usati anche per stordire le prede, soprattutto pesci clupeidi (*Clupeidae*) come le aringhe (*Clupea harengus*), che hanno evoluto la capacità di percepire gli ultrasuoni e quindi sono in grado di sfuggire alla cattura riuscendo ad identificare i suoni dell'ecolocalizzazione. Per evitare che ciò accada alcuni Odontoceti producono dei suoni detti *bang*, che possono raggiungere i 256 dB e che disorientano e stordiscono i pesci. I *bang* vengono prodotti con lo stesso meccanismo dell'ecolocalizzazione, ma alcune specie li producono anche mediante la chiusura rapida delle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

mascelle.

Mentre i Mysticeti si nutrono prevalentemente in acque superficiali, molti Odontoceti si spingono più in profondità. I capodogli e gli zifidi si immergono a profondità molto elevate per cacciare e nutrirsi di calamari e i primi sono noti per essere predatori dei calamari giganti (*Architeuthis sp.*).

Le orche sono in grado di cacciare animali più grandi di loro, adottando tattiche consistenti nel circondare la preda e nella divisione dei compiti tra i vari membri del pod durante l'attacco. Le orche che vivono in Patagonia utilizzano un metodo di caccia, detto *spiaggiamento volontario*, che consiste nel cacciare le otarie direttamente sulla spiaggia, avendo sviluppato una tecnica efficace per poter poi ritornare in mare. Questa tecnica non è innata, ma viene insegnata dalle madri ai cuccioli. Alcuni tursiopi che vivono nella Shark Bay, in Australia, utilizzano una tecnica di caccia simile per la cattura dei pesci di cui si nutrono: circondano i pesci e li spingono verso la costa fino a farli spiaggiare, in modo che siano più facilmente catturabili.

Molti Cetacei si associano e formano dei branchi costituiti da un numero variabile di individui. Le associazioni si possono formare a scopo difensivo, per attuare tecniche di caccia più efficaci, ma soprattutto per motivi riproduttivi.

I Mysticeti generalmente non formano gruppi numerosi, e spesso il massimo livello di organizzazione sociale è costituito dall'associazione temporanea di una femmina con il proprio cucciolo. Un'eccezione è costituita dalle megattere, che possono formare delle associazioni per cacciare mediante la tecnica del *bubble feeding*, già descritta precedentemente.

Più complessi e articolati sono i comportamenti sociali degli Odontoceti. Molte specie formano delle associazioni a lungo termine, più o meno complesse, chiamate scuole (*school*) o *pod* nel caso delle orche. Le scuole possono essere costituite anche da migliaia di individui e in alcuni casi possono essere formate da associazioni tra specie diverse. Le stenelle striate (*Stenella coeruleoalba*), per esempio, possono formare delle associazioni interspecifiche con altri Odontoceti quali delfini comuni (*Delphinus delphis*) e grampi (*Grampus griseus*).

Le strutture sociali degli Odontoceti sono generalmente dominate da associazioni tra individui di sesso femminile, cui poi si uniscono i maschi al momento della riproduzione. Non sono infrequenti i combattimenti tra i maschi per la conquista delle femmine, come è testimoniato dalla presenza di cicatrici lasciate sulla pelle dai denti dei conspecifici. Spesso, come avviene nei tursiopi della Shark Bay in Australia, i maschi possono formare delle piccole coalizioni, dette *alleanze*, che combattono con altre alleanze, possono "rubare" le femmine di una scuola e costringerle all'accoppiamento forzato.

Le stenelle dal lungo rostro (*Stenella longirostris*) si associano in scuole formate da circa 100 individui. All'interno della scuola si formano delle sotto-associazioni di circa 12 individui, che

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

nuotano in modo sincronizzato in una formazione a forma di V, simile a quella che si osserva nelle oche in volo.

I *pod* delle orche sono associazioni matriarcali guidate dalla femmina matura più anziana e costituite da almeno un maschio, dai cuccioli e da altre femmine. I maschi che nascono in un *pod* crescendo continuano a farne parte, ma si accoppiano solo con individui appartenenti a *pod* diversi. I membri del *pod* comunicano tra di loro per mezzo di un dialetto che varia da associazione ad associazione e che viene insegnato alle nuove generazioni.

I capodogli formano associazioni simili ai *pod*, chiamate *unità*, nelle quali i maschi non rimangono con le femmine e i cuccioli, ma all'età di circa 5 anni intraprendono un lungo viaggio verso latitudini maggiori, dove trovano maggiore disponibilità di cibo, per completare lo sviluppo. Successivamente si spostano da un'unità all'altra per accoppiarsi con un maggior numero di femmine.

Il principale mezzo con cui i Cetacei comunicano è costituito dalla produzione di suoni. Un ruolo importante nella comunicazione è svolto anche dal linguaggio del corpo e dalle sensazioni tattili.

Gli Odontoceti, oltre ai *click* prodotti per l'ecolocalizzazione, producono anche dei suoni a basse frequenze, i fischi (*whistle*) e i *bark*, che sono simili all'abbaiare di un cane. Questi suoni svolgono un ruolo importante nella comunicazione. Alcuni delfini, come il tursiopo, emettono dei fischi caratteristici, detti *fischi firma* (*signature whistle*), che identificano un singolo esemplare.

A differenza degli altri delfinidi, le orche non possiedono un *signature whistle*, ma emettono dei fischi che sono esclusivi di un singolo *pod*. Questi cetacei comunicano all'interno del loro gruppo producendo una serie di richiami ripetitivi che costituiscono un vero e proprio *dialetto*, che viene insegnato alle generazioni successive e che rende più efficienti le comunicazioni vocali all'interno del gruppo. Spesso questi richiami vengono utilizzati dalle orche per coordinarsi durante le battute di caccia.

I capodogli utilizzano i *click* usati per l'ecolocalizzazione anche per comunicare tra loro, producendo una serie di 3-30 *click* della durata complessiva di circa 2 s, chiamata *coda*. Ogni individuo emette una propria coda caratteristica e quindi anche le code di *click* possono essere utilizzate dai cetacei per il riconoscimento individuale.

I Misticeti sono in grado di emettere suoni a bassa frequenza che possono essere uditi anche a distanze considerevoli.

Le megattere producono suoni a frequenza variabile, che formano dei veri e propri *canti*. Ogni canto dura da 7 a 30 minuti e poi viene ripetuto. Non vi è una pausa tra un canto e l'altro, quindi ogni megattera può cantare per diverse ore. Ogni canto è costituito da una serie di temi, frasi e sottofrasi e vi sono delle differenze tra i canti delle megattere che vivono nel nord Atlantico, quelle

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

del nord Pacifico e quelle che vivono nell'emisfero australe. I canti delle megattere svolgono un ruolo importante nella riproduzione: è stato dimostrato che a cantare sono solo i maschi adulti (un po' come avviene negli uccelli) che mediante i canti comunicano la loro disponibilità all'accoppiamento con le femmine e la propria posizione.

Oltre alle megattere, altri mysticeti sono in grado di "cantare", ma con canti molto meno complessi. La balena della Groenlandia (*Balaena mysticetus*) esegue canti composti da pochi suoni che si ripetono più volte.

I Cetacei possiedono un grande numero di terminazioni tattili su tutto il corpo. Si pensa che le parti più sensibili di questi animali siano i *flipper*, le zone genitali e la testa, che possiedono una sensibilità paragonabile a quella presente nelle labbra dell'uomo. Molti cetacei si strofinano o si accarezzano gli uni con gli altri, utilizzando le pinne pettorali. Questo comportamento potrebbe servire a rafforzare i legami sociali tra gli appartenenti ad una stessa scuola e quindi potrebbe avere lo stesso ruolo del *grooming* per i Primati.

Anche il sesso potrebbe svolgere lo stesso ruolo di rafforzamento dei legami tra due individui. I cetacei sono tra i pochi animali ad accoppiarsi per scopi diversi dalla riproduzione. Sono stati osservati rapporti sessuali tra individui non sessualmente maturi e i cuccioli dopo poche settimane dalla nascita tentano di accoppiarsi con la madre.

Sebbene non ben sviluppata come l'udito, anche la vista è un senso molto importante per i cetacei. Molti di essi riescono a comunicare mediante una serie di movimenti del capo, sbattendo con forza le mascelle e aprendo la bocca, comportamenti che in genere indicano ostilità nei confronti di altri individui.

Alcuni delfini producono bolle sott'acqua espirando aria dalla sfiatatoio in sincronia con l'emissione dei *signature whistle*, probabilmente per aiutare i conspecifici a identificare chi sta "parlando".

Anche la colorazione del corpo può essere utile per l'identificazione. Le megattere presentano una colorazione che varia da individuo a individuo. Quando questi Cetacei nuotano uno a fianco all'altro, possono riconoscersi facilmente con uno sguardo; nelle stenelle la colorazione cambia con l'età, permettendo a questi animali di stabilire l'età di un loro conspecifico.

#### **6.4.2 Peculiarità del gruppo nello Stretto**

L'esistenza di una ricca fauna di cetacei nelle acque della Sicilia era ben nota agli studiosi fin dall'antichità, e i cetacei furono oggetto di attenzione da parte degli zoologi nel corso dei secoli più recenti (Notarbartolo di Sciara e Bearzi, 2005). Antonino Mongitore (1743) ci tramandò il racconto di un evento raro in Mediterraneo, lo spiaggiamento in massa di 12 capodogli presso Mazzara del

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

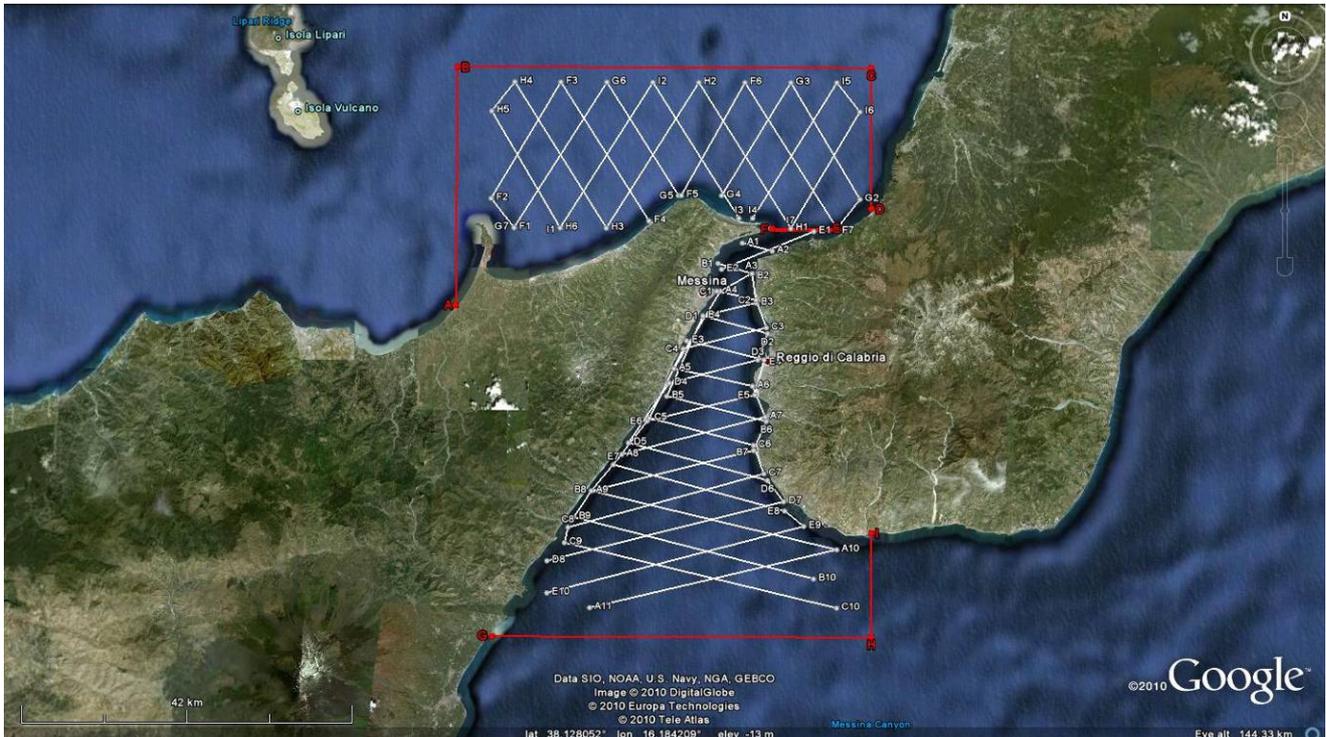
Vallo (Sicilia occidentale), apparentemente avvenuto a seguito di una violenta tempesta il 30 novembre di quell'anno. Un interessante elenco dei cetacei che si trovano nelle acque siciliane venne fornito nel 1868 dal naturalista isolano Francesco Minà Palumbo. Pochi anni più tardi Pietro Doderlein, direttore del Museo di zoologia e anatomia comparata dell'Università di Palermo, pubblicò un lavoro sulla fauna dei vertebrati della Sicilia, comprendente una lista per lo più compilativa di specie di cetacei (1871). Nel 1882 Giuseppe Riggio, conservatore di quello stesso museo, descrisse la presenza del grampo nelle acque siciliane, e nel 1883 un cranio anomalo di delfino comune; lo stesso autore riferì nel 1893 di un secondo spiaggiamento in massa di capodogli sulle coste della Sicilia occidentale avvenuto nel 1892, questa volta consistente in sette esemplari, e nell'occasione presentò una discussione sulla presenza nella zona di grandi cetacei. Un contributo scientifico sostanziale fu tuttavia fornito nel secolo scorso da Arturo Bolognari, direttore dell'Istituto di Zoologia dell'Università di Messina, con le sue osservazioni di capodogli frequentemente osservabili nella zona, pubblicate in numerosi lavori (1949, 1950, 1951, 1957).

Gli studi e le indagini recenti e in corso hanno segnalato, tra i cetacei, sia la presenza di mysticeti che di odontoceti.

In particolare, gli studi (Arcangeli *et al.*, 1999) e le indagini di settore svolte dalla Società Stretto di Messina (Studio di settore Tethys, 2006, Società SdM; Campagne di monitoraggio ante operam Componente Fauna ed Ecosistemi Monitoraggio cetacei 2010-2011, Società SdM), hanno consentito la raccolta delle informazioni di base sulla presenza, abbondanza, relativa e assoluta, distribuzione e uso dell'habitat delle principali specie di cetacei presenti nell'area dello Stretto (stenella striata *Stenella coeruleoalba*, tursiope *Tursiops truncatus*, e capodoglio *Physeter macrocephalus*).

L'area delle indagini e le rotte tracciate durante le più recenti campagne di monitoraggio, coincidenti con le precedenti (2006), sono descritte nella figura seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>



**Fig. 7.1 - Immagine georeferenziata complessiva dell'area di studio (in rosso) e delle rotte tracciate al suo interno (in bianco).**

Le specie regolari comprendono, nell'ordine, un mysticeto (la balenottera comune) e sette odontoceti (capodoglio, zifio, globicefalo, grampo, tursiope, stenella striata, e delfino comune). Inoltre, sulla base dei dati raccolti è emersa la regolare frequentazione da parte di una comunità di tursiopi delle acque dello Stretto più direttamente interessate dalle attività di costruzione del Ponte. Nel corso delle prime tre campagne sono stati effettuati 16 avvistamenti di cetacei appartenenti a tre specie: stenella striata, tursiope e grampo.

- Tursiope n° 9 avvistamenti (per complessivi 80 individui);
- Stenella striata n° 6 avvistamenti (per complessivi 81 individui);
- Grampo n° 1 avvistamento (per complessivi 13 individui).

L'ubicazione degli avvistamenti è riportata nella figura seguente.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	



**Fig. 7.2 - Campagna 2010**  
**Avvistamenti di cetacei (rosso stenella striata, verde tursiope, giallo grampo)**

Gli avvistamenti effettuati nel 2010, pur nella esiguità dei dati resi disponibili da tre sole campagne mensili, non si discostano dai dati raccolti nel periodo 2005-2006 e non configurano un quadro significativamente differente da quanto noto precedentemente.

In particolare, per quanto riguarda la stenella la distribuzione risulta piuttosto uniforme con una marcata preferenza nelle acque più profonde della porzione sudorientale dello Stretto e nordoccidentale al largo delle isole Eolie.

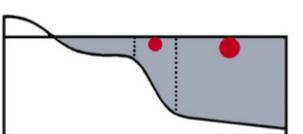
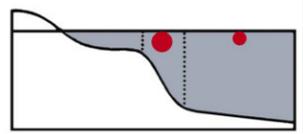
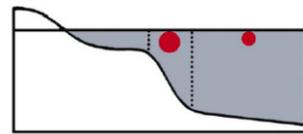
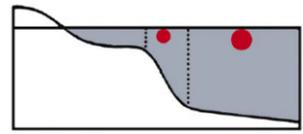
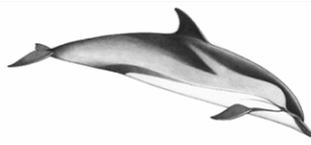
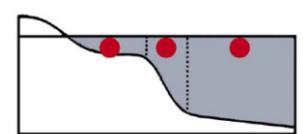
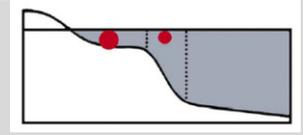
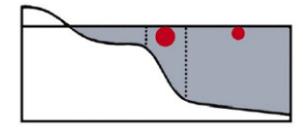
Per quanto riguarda il tursiope si rileva la preferenza per le acque costiere; tuttavia si registra una flessibilità ecologica in svariati avvistamenti effettuati in acque di profondità relativamente elevate.

A queste comparse regolari vanno ad aggiungersi avvistamenti o spiaggiamenti di specie occasionali o accidentali in Mediterraneo, che si sono verificati nelle acque o lungo le coste della Sicilia in anni recenti. Queste comprendono la balenottera minore, la megattera, l'orca, la

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

pseudorca, lo steno, e il cogia di Owen.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle specie effettivamente avvistate nell'area di studio con riferimenti alla fonte, all'habitat e all'affidabilità del dato (Ricerca Tethys 2006).

	NOME	HABITAT	FIGURA
<b>MISTICETI</b>	<b>Balenottera comune</b> - <i>Balaenoptera physalus</i> Avvistamenti recenti e passati, spiaggiamenti		
	<b>Capodoglio</b> - <i>Phiseter macrocephalus</i> Campagne di ricerca Tethys e segnalazione spiaggiamenti		
<b>ODONTOCETI</b>	<b>Zifio</b> - <i>Ziphius cavirostris</i> Avvistamenti Thetys discontinui, spiaggiamenti		
	<b>Stenella striata</b> - <i>Stenella coeruleoalba</i> . Avvistamenti Thetys regolari e segnalazione spiaggiamenti		
	<b>Delfino comune</b> - <i>Delphinus delphis</i> Avvistamenti Tethys regolari		
	<b>Tursiopo</b> - <i>Tursiops truncatus</i> Avvistamenti Tethys regolari e segnalazione spiaggiamenti		
	<b>Grampo</b> - <i>Grampus griseus</i> Avvistamenti Tethys sporadici		

Gli obiettivi delle campagne di monitoraggio in corso (2010-2011) sono sintetizzabili nei seguenti:

- Ricerca dedicata ai tursiopi nelle acque dello Stretto (cetacei costieri);

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- Survey di superficie su un'area più vasta (cetacei pelagici) identica a quella oggetto dello studio 2006, dedicata soprattutto alla stenella striata, al capodoglio e ad altre specie pelagiche e di scarpata (balenottera comune, grampo, zifio, delfino comune).

Per le informazioni di dettaglio si rimanda alla documentazione di settore.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

## Valutazione della qualità ambientale allo stato attuale

### 7 Criteri di valutazione della qualità e sensibilità della componente

La qualità e la sensibilità delle componenti faunistica e floristica marina dell'area interessata sono state valutate in merito ai seguenti criteri:

- presenza di specie di particolare interesse conservazionistico
- presenza di specie di particolare interesse biogeografico o ecologico
- presenza di habitat particolarmente fragili e vulnerabili o importanti per le loro associazioni faunistiche e floristiche.

Nel dettaglio, abbiamo considerato

- la presenza di habitat prioritari
- la presenza di specie prioritarie
- la presenza di habitat di interesse comunitario
- la presenza di specie di interesse comunitario
- la presenza di altri habitat o specie di interesse ecologico o biogeografico.

La presenza di ciascun elemento di interesse è stata valutata assegnando un valore numerico pari a 5, l'assenza con un valore numerico pari a 0. La qualità delle componenti poteva, pertanto, rendere un valore minimo di 0 ed uno massimo di 25.

Ogni criterio di analisi è valutato secondo 4 livelli di sensibilità: molto alta, alta, media, bassa.

Sulla base delle analisi di caratterizzazione dello stato ambientale attuale, sono state definite le seguenti classi di sensibilità e individuati gli ambiti corrispondenti:

**Sensibilità molto alta** – In questa classe sono stati inclusi i siti che assumono nel contesto di riferimento un carattere prioritario per la presenza di specie o habitat di elevato interesse conservazionistico e naturalistico, per esempio le specie di interesse comunitario prioritarie e/o incluse nell'Allegato II della Direttiva "Habitat", o gli habitat considerati prioritari per la conservazione a livello comunitario. Secondo i criteri precedentemente stabiliti, il sito doveva comunque avere un valore pari o superiore a 20.

**Sensibilità alta** – In questa classe sono stati inclusi i siti con presenza di biotopi e specie di alto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

valore naturalistico. In questo caso, il valore numerico assegnato doveva essere pari a 15.

**Sensibilità media** – In questa classe sono inclusi siti con habitat, anche se in stato parzialmente compromesso, comunque di notevole interesse naturalistico per la conservazione delle singole specie. Il valore numerico assegnato a questo tipo di sensibilità era pari a 10.

**Sensibilità bassa** – In questa classe sono stati inclusi i siti parzialmente compromessi dal punto di vista ecologico e spesso dominati da specie esotiche e/o invasive. Il valore numerico corrispondente era uguale od inferiore a 5.

## 7.1 Sintesi dei risultati

Dalla serie delle osservazioni condotte in merito alla componente vegetale degli ambienti marini si evince come l'area dello Stretto di Messina sia a tratti peculiare in tutto il Mediterraneo soprattutto per la presenza di particolari specie. Questa unicità è legata fundamentalmente al particolare regime delle correnti che contraddistingue alcuni siti di questo tratto di mare. Tra le biocenosi bentoniche costiere si caratterizzano con elementi di unicità, l'Associazione *Cystoseiretosum tamariscifoliae* Giaccone 1972, per la quale la località di prima descrizione di è rappresentata proprio dallo Stretto di Messina, ed essa caratterizza biotopi con acque fresche per fenomeni di risalita di acque profonde. Un'altra associazione interessante è il *Cystoseiretum usneoides*, Giaccone, 1972, presente tra 20-30 m di profondità fino a 100 m di profondità, ed anch'essa descritta per la prima volta proprio nello Stretto di Messina.

A queste si deve associare una prateria di *Posidonia oceanica* di fondo molle, presente sui fondali antistanti Mortelle tra 11-15 e 26 m di profondità.

Tra le specie presenti, *Posidonia oceanica* e *Laminaria ochroleuca* sono incluse nell'Allegato I della Convenzione di Berna come specie vegetali rigorosamente protette. Sempre i posidonieti sono inoltre inclusi tra gli habitat mediterranei che necessitano di protezione, nell'allegato I della Direttiva Habitat (Direttiva CEE 92/43) e nell'annesso II del Protocollo ASPIM (Convenzione di Barcellona, 1995).

Nel complesso, la componente vegetale dell'ambiente marino dello Stretto di Messina si considera di rilevante interesse conservazionistico; gli ambiti che risultano maggiormente sensibili, per la presenza riconosciuta di comunità vegetali in buono stato di conservazione, sono identificabili soprattutto nelle coste settentrionali e nella punta di Capo Peloro, sul versante siciliano, e nella

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

zona ionica del versante calabrese (SIC Fondali da Punta Pezzo a Capo dell'Armi) o lungo il versante tirrenico (SIC Costa Viola).

La componente faunistica dello Stretto di Messina è caratterizzata da una buona naturalità e da alcuni elementi di spicco sia a carattere specifico che zoocenotico. Questa unicità è legata anche al particolare regime delle correnti che contraddistingue questo tratto di mare e che rende peculiari soprattutto le comunità bentoniche. Tra queste comunità ricordiamo, tipica dei fondi rocciosi infralitorali, la biocenosi del Coralligeno, con una ricca facies a *Paramuricea clavata*, presente oltre i 30 m di profondità nella zona di Capo Paci-Scilla-Bagnara.

Numerose sono anche le specie bentoniche di interesse conservazionistico L'Allegato II della Convenzione di Berna (G.U. n. 250 del 11/9/81 e G.U. n. 122 del 28/5/98) include, nell'elenco delle specie animali rigorosamente protette, il corallo nero (*Antipathes* spp.), i celenterati *Gerardia savaglia* e *Astroides calicularis*, l'echinoideo *Centrostephanus longispinosus*, il crostaceo *Pachylasma giganteum*. Tra le specie incluse invece nella Direttiva Habitat (Direttiva CEE 92/43 recepita dalla nostra legislazione con il DRP 8/9/97) ci sono *Errina aspera*, *Gerardia savaglia*, *Astroides calicularis* e *Pachylasma giganteum* tra le specie rigorosamente protette (Allegato II). Nell'allegato IV della stessa Direttiva, tra le specie di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa, sono incluse il mollusco bivalve *Pinna nobilis* e *Centrostephanus longispinosus*.

Nell'Annesso II del Protocollo ASPIM (Convenzione di Barcellona, 1995) sono, invece incluse gli Cnidari *Astroides calicularis*, *Gerardia savaglia* e *Errina aspera*, l'echinoderma *Centrostephanus longispinosus*, il mollusco bivalve *Pinna nobilis* e il Crostaceo *Pachylasma giganteum*.

Nell'Annesso III del medesimo Protocollo ASPIM sono incluse *Antipathes* spp., *Gerardia savaglia* e *Errina aspera* e il Crostaceo *Pachylasma giganteum*.

In particolare, *Errina aspera* è un idrocorallo dell'ordine dei Stylasterina, il solo rappresentante conosciuto di questo ordine nel Mediterraneo; invece, il cirripede *Pachylasma giganteum*, di cui si conoscono presenza fossili nei terreni plioquaternari dello Stretto, è presente unicamente in questa zona in tutto il Mediterraneo. Infine, il corallo nero, l'antipatario *Antipathes* è rarissimo in tutto il Mediterraneo e lo zoantario *Gerardia savaglia* è specie con una distribuzione molto localizzata nel Mediterraneo.

Estremamente interessante appare anche la componente neotonica, sebbene rappresentata da poche specie sedentarie: per la maggior parte, infatti, i rappresentanti di questa categoria ecologica sono migratori e lo Stretto di Messina riveste un ruolo cruciale nelle rotte percorse.

La tartaruga *Caretta caretta* è specie prioritaria di allegato II nella Direttiva Habitat, il tursiope

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

*Tursiops truncatus* è incluso in allegato II ed inoltre, tutti i Cetacei e tutte le tartarughe marine sono, infine, inclusi in allegato IV. Cetacei, tartarughe marine e gli squali *Carcharodon carcharias* e *Cetorhinus maximus* con la manta *Mobula mobular* sono, inoltre, inclusi negli allegati CITES. Proprio per il carattere fortemente migratorio delle specie nectoniche, non bisogna dimenticare che i Cetacei, le tartarughe marine e gli squali *Carcharodon carcharias* e *Cetorhinus maximus* sono inclusi nell'appendice I della Convenzione di Bonn sulle specie migratrici e che le stesse specie con l'aggiunta degli squali *Lamna nasus*, *Isurus oxyrinchus* e *Squalus acanthias* sono incluse anche nell'Appendice II della medesima Convenzione.

Un discorso a parte meritano i laghi costieri di Faro e Ganzirri. Si tratta di due laghi salmastri estremamente interessanti dal punto di vista naturalistico anche se oramai praticamente inglobati nel tessuto urbano delle rispettive cittadine. Il collegamento con il mare ne fa due ambiente tipici salmastri e ricordiamo che le lagune salmastre sono tra gli ambienti più produttivi del Mediterraneo. Il loro ruolo è quello di area di accrescimento dei giovanili di numerose specie ittiche, anche di grande interesse per le attività di pesca: spigole, cefali, orate, sogliole. Queste specie si riproducono in mare e i giovanili migrano verso le lagune salmastre per le migliori condizioni di accrescimento che qui trovano e poi ritornano verso il mare per la riproduzione.

Inoltre, nelle lagune salmastre è presente una specie di pesci di acque dolci *Aphanius fasciatus* segnalata nel SIC ITA 030008 Capo Peloro-Laghetti di Ganzirri.

Si tratta di un piccolo pesce che raggiunge a malapena i 5-6 cm con distribuzione circummediterranea. È una specie molto eurialina tanto che si può anche se raramente ritrovare in acque del tutto dolci e, ancor più di rado, in mare. Addirittura è stato ritrovato nelle acque ipersaline delle saline. La specie è segnalata nel SIC ITA 030008 Capo Peloro-Laghetti di Ganzirri ma non si hanno dati sulla popolazione né conferme recenti per lo stato di conservazione della specie.

## 7.2 Elenco delle aree sensibili e dei fattori di criticità

Sulla base delle analisi di caratterizzazione dello stato ambientale attuale, e sui criteri descritti all'inizio del capitolo, è stata valutata la sensibilità dei siti. Essa è riportata nella seguente tabella:

SITO	Habitat prioritari o di alto interesse conservazionistico	Specie prioritarie o di alto interesse conservazionistico	Habitat di interesse conservazionistico	Specie di interesse conservazionistico	Specie e habitat di interesse ecologico o biogeografico	TOT
Capo Peloro	0	0	5	5	5	15

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

Da Scilla a Punta Pezzo	0	0	0	5	0	5
Costa Viola	0	0	5	5	5	15
Cannitello	0	0	0	5	5	10
Fondali di Scilla	0	0	5	5	5	15
Scilla – Marina Grande – Capo Paci	0	0	5	5	0	10
Mortelle	0	0	5	5	0	10
Laghi di Faro	0	0	0	5	5	10
Ganzirri	0	0	0	5	0	5
Punta Pezzo – Capo dell’Armi	0	5	5	5	0	15

### Siti a Sensibilità molto alta

Sia sul versante Sicilia che sul versante Calabria, non sono state individuate aree di sensibilità molto alta. Nonostante, infatti, la presenza di specie ed habitat protetti dalle convenzioni internazionali, non è stata individuata nessuna area a sensibilità molto alta in quanto:

- la maggior parte delle specie di interesse conservazionistico appartenenti al necton risultano di passaggio e non stanziali e pertanto nello Stretto di Messina non è stata individuata nessuna zona di riproduzione
- le specie bentoniche e gli habitat di interesse conservazionistico non ricadono specificamente nell’area di progetto.

### Sensibilità alta

Sono rientrati in questa fascia di sensibilità tutti i siti SIC presenti. Sul versante della Calabria, vi ricadono i fondali di fronte a Scilla, fondi rocciosi e secche del largo con Coralligeno (facies a *Paramuricaea clavata*) e con sporadiche praterie a *Posidonia oceanica*. Tra le specie di interesse è presente *Pinna nobilis*. La prateria a *Posidonia* è matura e rappresenta senza dubbio un’area importante per la riproduzione di molte specie di invertebrati e pesci di interesse commerciale: molluschi Cefalopodi (soprattutto seppie), sogliole, sparidi. Estremamente interessanti anche le cenosi dei fondi duri. L’elemento più abbondante è rappresentato dalle macroalghe che esibiscono grande varietà di colori, forme e dimensioni. Ci sono alghe rosse e brune come *Ceramium*, ma

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

l'elemento più interessante è rappresentato da essenze incrostanti come *Lithophyllum* e *Lithothamnium*. Le macroalghe competono per lo spazio con molti animali sessili quali idrozoi, anemoni, spugne e molluschi. Tra le specie sedentarie si ricordano il riccio *Arbacia lixula*, moltissimi nudibranchi (*Hermaeopsis variopicta*, *Hypselodoris gracilis*, *Peltodoris atromaculata*, *Flabellina affinis*), stelle marine come *Echinaster sepositus*, crostacei come i granchi del genere *Parthenope*, le aragoste *Palinurus elephas* e molti gamberi. Tra i pesci è segnalata la murena *Muraena helena*, il grongo *Conger conger*, le castagnole rosse e brune, gli scorfani e molti labridi come *Thalassoma pavo*, *Coris julis* e *Labrus turdus*. Nelle vicinanze del SIC è segnalata la presenza occasionale di tartarughe marine della specie *Caretta caretta* e di cetacei odontoceti come il tursiopo *Tursiops truncatus* e misticeti come le balenottere comuni soprattutto durante le migrazioni che compiono verso il Tirreno settentrionale.

Ricade in questa fascia di sensibilità il sito della Costa Viola, la cui componente è caratterizzata prevalentemente da comunità di fondi duri, con a tratti elementi di fondi molli privi di vegetazione. I fondali molli ospitano vermi policheti del genere *Sabella*, anemoni come *Cerianthus*, il bivalve *Pinna nobilis*, echinodermi come *Astropecten* e diverse specie di oloturie, ma anche crostacei come il granchio melograno *Calappa granulata* ed i paguri, molluschi cefalopodi e altri bivalvi. . Estremamente interessanti anche le cenosi dei fondi duri. Il livello dei produttori è rappresentato dalle macroalghe che esibiscono grande varietà di colori, forme e dimensioni. Come osservato anche per altri siti tirrenici, sono presenti sulle rocce alghe rosse e brune come *Ceramium*, ma l'elemento più interessante è rappresentato da essenze incrostanti come *Lithophyllum* e *Lithothamnium*. Le zoocenosi comprendono numerose colonie di cnidari come *Paramuricea clavata*, spugne incrostanti e non, e poi alcune interessanti specie sedentarie come il riccio *Arbacia lixula*, i nudibranchi *Hermaeopsis variopicta*, *Hypselodoris gracilis*, *Peltodoris atromaculata*, *Flabellina affinis*, e l'anellide polichete *Hermodice carunculata*, meglio noto con il nome comune di vermocane. Quest'ultimo è dotato di setole urticanti e, se infastidito o anche urtato inavvertitamente, può infliggere dolorosissime irritazioni lanciando gli aghi a uncino verso la minaccia.

Tra i Cordati, spiccano numerose colonie di Urocordati, e poi specie di elasmobranchi come il gattuccio comune *Scyliorhinus canicula* e la razza chiodata *Raja asterias*. Gli osteitti sono ampiamente rappresentati dalle castagnole rosse e brune, dai labridi *Thalassoma pavo* e *Coris julis*, da sparidi del genere *Sparus*, gobidi e blennidi.

A sensibilità alta è risultato anche il sito SIC che comprende i fondali da Punta Pezzo a Capo

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

dell'Armi. Il sito è caratterizzato da comunità di fondi molli, arricchiti dalla presenza di praterie a *Posidonia oceanica* climax, ma a distribuzione discontinua e concentrata prevalentemente lungo il versante meridionale a sud di Marinella. Solo un tratto a posidonieto è presente nel settore meridionale ma si tratta di un ambiente piuttosto degradato, in fase di colonizzazione anche da parte della specie alloctona invasiva *Caulerpa taxifolia*. Tra le specie di interesse si segnala la presenza occasionale di passo dei cetacei *Tursiops truncatus* e *Stenella coeruleoalba* e della tartaruga marina *Caretta caretta* che si riproduce nel tratto più meridionale del sito.

Sul versante Sicilia, vi ricadono i fondali intorno a Capo Peloro, in quanto interessati da praterie di *Posidonia oceanica*, habitat di interesse ecologico e conservazionistico notevole incluso nell'allegato I della Direttiva Habitat (Direttiva CEE 92/43) e nell'annesso II del Protocollo ASPIM (Convenzione di Barcellona, 1995). Le comunità di fondo duro presenti sono molto simili per specie presenti e caratterizzazione biocenotica a quanto riportato per i Fondali di Scilla.

### **Sensibilità media**

Rientra in questa categoria il sito di Cannitello, con fondi ghiaiosi caratterizzati dalla presenza di una comunità zoobentonica interessante associata ad una comunità vegetale dominata da *C. mexicana* fino a 30-35 m e dal *Cystoseiretum usneoides* oltre tale profondità; tali siti ospitano eccezionalmente qualche esemplare di *Pinna nobilis* ed alcune specie di interesse biogeografico ed ecologico, soprattutto echinodermi, crostacee e molluschi bentonici. Interessante è anche la presenza di qualche specie di squalo di profondità come *Galeus melastomus* e *Oxynotus centrina*. Il sito di Scilla – spiaggia Marina Grande - Capo Paci, è caratterizzato da un fondo sabbioso con prato di *Caulerpa mexicana* e rare macchie sparse di *Posidonia*, intervallate a fondi rocciosi superficiali con *Cystoseiretosum tamariscifoliae* e con Coralligeno (facies a *Paramuricaea clavata*) in profondità. Il sito è caratterizzato anche dalla presenza di nudibranchi e biocenosi tipiche di fondo duro con specie abbastanza comuni e diffuse.

Sul versante Sicilia, vi ricade il sito di Mortelle, caratterizzato da un fondo sabbioso con biocenosi ascrivibile alle sabbie fini ben classate fino a 11 m di profondità e una prateria di *Cymodocea nodosa* mista a *Posidonia oceanica* oltre tale profondità; il posidonieto non è tuttavia molto diffuso ed ospita specie ittiche comuni di interesse ecologico e commerciale. Tra di esse spiccano comunità a sparidi, labridi e pleuronettiformi, con echinodermi e crostacei. Più occasionale è la presenza di condroitti, quali *Torpedo torpedo* e *Scyliorhinus canicula*.

A sensibilità media sono considerati anche gli ambienti salmastri dei laghi di Faro e Ganzirri. Si tratta nel complesso di una formazione idrologica che appartiene alla duna costiera di Capo Peloro, nell'area urbana di Messina. È anche detto Pantano Grande. Alimentati da falde freatiche e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

da alcuni torrenti che vi sfociano, sono caratterizzati da un livello di salinità che varia molto fra estate e inverno. Due canali, costruiti dagli inglesi attorno al 1830, permettono l'ingresso di acqua dal mare, il canale Carmine a nord, ed il canale Catuso a sud che è coperto, questi vengono tenuti aperti o chiusi in base all'esigenza di ossigenare le acque che tendono ad andare incontro al fenomeno dell'eutrofizzazione. Un terzo canale collega il lago di Ganzirri con il lago di Faro. Il sito è stato dichiarato bene d'interesse etno-antropologico particolarmente importante, in quanto sede storica di attività produttive tradizionali legate alla mitilicoltura e tellinicoltura. Non sono, tuttavia, presenti habitat o specie di interesse conservazionistico. L'area è considerata nursery per specie ittiche marine di interesse commerciale, quali spigole, orate e cefali.

#### **Sensibilità bassa**

Sul versante Calabria ricade in questa categoria il tratto compreso tra Scilla e Punta Pezzo per la presenza di una prateria a *Caulerpa taxifolia* e di sporadici elementi faunistici di interesse ecologico. Il sito è interessato da attività antropica predominante e nel complesso da habitat e specie di non particolare interesse conservazionistico.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Sul versante Sicilia vi ricade il sito di Ganzirri, caratterizzato da un fondo sassoso – pietroso dominati dall'esotica *Caulerpa mexicana*, con rari elementi faunistici di spicco quali *Pinna nobilis*.

L'area di Ganzirri è stata indicata a sensibilità bassa sulla base di due elementi:

- il primo riguarda la localizzazione del sito interessato dal pontile: si tratta di un'area strettamente costiera che non può assolutamente incidere od influenzare le rotte migratorie di specie pelagiche di interesse conservazionistico, che per muoversi necessitano di profondità maggiori
- la seconda riguarda la caratterizzazione biocenotica del sito stesso: dalle carte biocenotiche, la comunità dominante in quest'area appare essere quella bentonica di fondo molle, caratterizzata da un fondo sassoso – pietroso dominati da *Caulerpa mexicana*, con rari elementi faunistici di spicco; infine, nel complesso, l'importanza faunistica delle biocenosi di questo tratto più meridionale di costa sembrerebbe bassa anche per come riportato nel piano di gestione "Monti Peloritani" (CODICE POR 1999.IT.16.1.PO.011/1.11/11.2.9/0335). Siti più interessanti, quali le comunità a beach rocks ricadono nella porzione più settentrionale, non interessata dalle operazioni del pontile.

## Azioni di progetto e fattori di pressione

### 8 Descrizione delle azioni di progetto e dei fattori di pressione

Gli aspetti che vengono considerati come possibili fonti di impatto negativo durante la costruzione di infrastrutture sono legati alla presenza dei cantieri su entrambe le coste (traffico, posa in opera e presenza di pontili), alla produzione subacquea di rumore (traffico navale legato al cantiere, scavi, costruzione delle fondazioni delle torri, ecc.), e all'eventuale scarico a mare, accidentale, di sedimenti o di idrocarburi, dato il tipo di trasferimento via mare delle terre di scavo prodotte in Sicilia e trasferite nella zona di Venetico, con conseguente degrado delle caratteristiche degli habitat presenti nella zona.

#### 8.1 In fase di costruzione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

## 8.1.1 Azioni di progetto

### 8.1.1.1 Traffico marittimo (rilascio combustibili, moto ondoso, ecc...)

Durante la fase di costruzione della struttura, la maggior parte degli eventi di trasporto del materiale da costruzione e di scavo avverrà sfruttando rotte marittime. Tale traffico si può suddividere nelle seguenti fasi principali:

- A. Trasporto dei materiali quali inerti, sabbie, cemento e terre di scavo, effettuato con imbarcazione appositamente attrezzata. Il traffico che ne consegue impegna lo Stretto nel lungo periodo di costruzione delle opere a terra e delle infrastrutture dell'opera di Attraversamento. I trasporti seguono in totale tre rotte che collegano i pontili di Cannitello, Ganzirri e Villafranca, e nello specifico: Ganzirri-Villafranca (terre e rocce di scavo), Ganzirri-Cannitello (sabbie) e Villafranca-Cannitello (ghiaie).
- B. Trasporto dei componenti del Ponte per il periodo subito antecedente e parallelo la costruzione dell'elemento verticale. Infatti i materiali quali conci per l'impalcato, pendini, cavi ecc vengono stoccati nel sito di Gioia Tauro dove confluiscono tutti i fornitori per il deposito dei materiali stessi. Le rotte, dai porti scelti dai rispettivi fornitori, utilizzano infatti come porto terminale quello di Gioia Tauro che dispone di un'ideale area di deposito. Da qui tali elementi saranno trasportati lungo le rotte Gioia Tauro-Ganzirri e Gioia Tauro-Cannitello.
- C. Trasporto diretto di circa 90 elementi (conci e trasversi) per la realizzazione delle torri direttamente dal luogo di produzione (con rotte Gioia Tauro-Ganzirri e Gioia Tauro-Cannitello).
- D. Trasporto e montaggio dei cavi e, successivamente dei conci dell'impalcato, da Gioia Tauro. In tal caso si procederà con occupazione di tratti di mare limitati e definiti in corrispondenza dei punti di montaggio.

Il trasporto avverrà mediante rimorchiatore e chiatta. Tre sono i possibili fattori di pressione che ne conseguono:

- il rilascio di combustibile in mare
- il disturbo acustico
- il moto ondoso generato dalle navi.

Con l'aumento delle imbarcazioni che transitano nell'area dei lavori durante le fasi di costruzione può aumentare il rischio di immissione accidentale su piccola scala di sostanze chimiche nell'acqua. I tursiopi, in determinate condizioni, sono in grado di avvertire la presenza ed evitare macchie di petrolio (Smith *et al.*, 1983), ma non sempre questo accade (Smultea e

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

Würsig, 1995); la pelle dei cetacei, il tegumento di molti invertebrati, gli occhi delle tartarughe marine, le branchie dei pesci sono vulnerabili e possono venire danneggiati dal contatto con il petrolio. Oltre che l'ingestione accidentale di derivati del petrolio, si ritiene che sia l'inalazione dei suoi vapori a contenere il massimo potenziale dannoso, e in alcuni casi anche letale, per mammiferi marini e tartarughe che respirano ossigeno in superficie. A basse concentrazioni, l'inalazione può causare infiammazioni, emorragie o congestione dei polmoni, ma in altri casi perfino allucinazioni, convulsioni e morte (Geraci e St. Aubin 1987; Geraci 1990).

Fuoriuscite su media e larga scala di petrolio o suoi derivati da navi o da macchinari utilizzati nella costruzione dell'infrastruttura potrebbero rappresentare un grave impatto negativo per l'ambiente e per tutte le categorie di organismi presenti; facendo riferimento ai cetacei, e sebbene i meccanismi precisi di causa-effetto non siano noti, viene riportato in letteratura che 14 orche (*Orcinus orca*) scomparvero dal Prince William Sound, in Canada, tra il 1989 e il 1990, in seguito al disastro ecologico della petroliera *Exxon Valdes* (Dahlheim e Matkin, 1994). Tutte le rotte interessano, marginalmente, aree limitrofe a SIC e pertanto è opportuno programmarle a distanza opportuna.

In merito al disturbo acustico, è da rimarcare che il suono si propaga più velocemente in acqua e i suoi effetti interessano esclusivamente il necton, soprattutto i cetacei (Southall *et al.*, 2007). Gli effetti del rumore sono maggiori durante le ore notturne e pertanto sarebbe bene limitare i traffici alle ore diurne. C'è da considerare che il rumore prodotto dalle imbarcazioni impiegate per il trasporto non risulta essere eccessivamente fastidioso, rispetto ad altre fonti e che l'area è interessata da lungo tempo da traffici marittimi, per cui si ipotizza che la fauna marina locale sia già abituata al disturbo.

Infine, la questione relativa al moto ondoso causato dalle imbarcazioni è assolutamente trascurabile in quanto esse non sono in grado di movimentare masse d'acqua che possano avere effetti sul benthos costiero.

#### **8.1.1.2 Il ripascimento**

Per la sistemazione dei materiali di risulta provenienti da alcune opere considerati come terre e rocce da scavo, è stata verificata e proposta la soluzione di realizzare degli interventi di ripascimento da effettuare lungo un tratto idoneo della linea di sviluppo costiero della Provincia di Messina.

A seguito di studi specialistici è stata individuata come area idonea da sottoporre a ripascimento, il tratto di litorale compreso tra i comuni di Monforte San Giorgio e Saponara che si sviluppa sulla

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

costa tirrenica della provincia di Messina.

Tale tratto di litorale è, allo stato attuale, interessato da varie opere di difesa costiera dal mare realizzate negli ultimi decenni in modo non omogeneo, fortemente impattanti dal punto di vista paesaggistico.

Il tratto interessato dagli interventi di ripascimento è interamente sabbioso ed i sedimenti di spiaggia sono costituiti da sabbie medio-grosse e ghiaie ed in generale le granulometrie tendono a diminuire andando verso Est.

Il progetto prevede di realizzare delle barriere soffolte a protezione dell'intervento di ripascimento, da realizzare con il materiale di risulta delle opere.

Tutte le fasi di realizzazione del processo del ripascimento, compresi i campionamenti e le valutazioni inerenti la qualità del materiale da destinarsi, devono rispondere alle modalità previste dal *Manuale per la movimentazione di sedimenti marini* – ICRAM-APAT- 2006.

Pertanto per le valutazioni si rimanda all'apposito Studio di Impatto Ambientale.

## 8.1.2 Fattori di pressione

### 8.1.2.1 Immissione accidentale di sedimenti fini durante la fase di costruzione

Durante i progetti di costruzione di grandi opere edili in prossimità del mare non si può escludere il rischio di causare il deterioramento della qualità delle acque nella zona interessata dai lavori per via di caduta accidentale di sedimenti fini. In generale, il degrado delle acque a causa delle particelle sospese può rappresentare un problema rilevante per gli animali bentonici filtratori o sospensivori causandone la morte per inedia in quanto in tali condizioni l'alimentazione microfaga è profondamente modificata. Tali operazioni determinano altresì la diminuzione di ossigeno disciolto affaticando o rendendo problematica la respirazione di pesci od altri animali muniti di branchie, ma anche della vegetazione marina.

Per quanto concerne le risorse alimentari, un'alterazione significativa delle caratteristiche fisiche dell'acqua può tuttavia provocare degrado ambientale, causando effetti sulle prede, e quindi tramutarsi in un impatto negativo indiretto sui cetacei e sulle tartarughe marine.

Ad oggi, effetti accidentali del genere che possano avvenire durante la costruzione di infrastrutture costiere su animali marini sono ancora poco conosciuti (Johnston *et al.*, 1996), mentre sono noti gli effetti che possono avere fuoriuscite di petrolio o di suoi derivati, scarichi agricoli, urbani e industriali (Simmonds e Nunny, 2002). I lavori di costruzione in prossimità della costa possono avere un impatto sull'ecosistema marino locale specialmente a causa dell'alterazione degli usuali

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

tassi di drenaggio e sedimentazione nella zona (UNEP 1996). Per gli effetti e le conseguenze del rilascio di carburante si rimanda al paragrafo 8.1.1.1.

#### 8.1.2.2 **Occupazione e consumo di suolo a carico del benthos**

Un impatto negativo generale derivante dai lavori di costruzione è rappresentato dalla costruzione in mare di pontili, moli e dei piloni di supporto per i ponti, che eliminano fisicamente porzioni di habitat per il benthos; essi possono anche ostacolare o influenzare i movimenti del necton o deviare quelli dello plancton. Le ridotte dimensioni dei pontili, i pochi piloni che saranno impiantati ed il fatto che tali strutture verranno rimosse al termine della costruzione attenuano tuttavia tale impatto.

#### 8.1.2.3 **Potenziale infangamento dei fondali per risospensione dei sedimenti fini**

Il traffico marittimo associato alla costruzione di una infrastruttura potrà verosimilmente intensificarsi nella zona interessata dai lavori di cantiere e nelle sue vicinanze, procurando un disturbo agli animali marini presenti o in transito. Sebbene vada, tuttavia, considerato che la maggior parte delle imbarcazioni coinvolte è costituito da chiatte, o simili, e che tipicamente sono caratterizzate da bassa velocità, non si può escludere che tali imbarcazioni, in prossimità della costa possano sollevare o smuovere il sedimento marino determinando la risospensione dei sedimenti ed un potenziale infangamento dei fondali. Imbarcazioni come le chiatte, inoltre minimizzano la possibilità di collisione, e producono rumore a bassa frequenza, relativamente poco importante come disturbo acustico.

#### 8.1.2.4 **Potenziale disturbo sonoro a carico del necton**

Nel corso dell'ultimo decennio è diventato evidente che il rumore di origine antropica ha il potenziale di minacciare la salute degli animali e dell'uomo. Contemporaneamente si è sviluppata una maggiore consapevolezza riguardo alla presenza e all'impatto di suoni di natura antropica nell'ambiente marino (soprattutto per quanto concerne l'uso di sonar militari e le prospezioni acustiche sui giacimenti di idrocarburi), con possibili conseguenze sulle popolazioni di mammiferi marini, uccelli acquatici, pesci, rettili e perfino invertebrati.

Tuttavia, non molto è noto sugli effetti dell'esposizione a tali suoni degli organismi marini, e particolare attenzione va dedicata ai differenti effetti che diverse fonti sonore possono avere sui diversi organismi. Per l'analisi degli impatti connessi alla rumorosità della fase di costruzione dei

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

pontili è stato condotto uno studio specifico <sup>(4)</sup> i cui risultati sono di seguito riassunti.

Il rumore prodotto durante le fasi di costruzione di un grande ponte può rappresentare un problema per i cetacei, soprattutto quando vengono prodotti suoni ad alta frequenza, quando l'intensità della fonte del rumore e la sua durata sono molto alte, e quando i suoni sono di natura impulsiva e producono onde d'urto.

Sensibili ai rumori di bassa frequenza sono gli elasmobranchi (squali e razze): questi rumori ricordano quelli emesse da una potenziale preda ferita e la loro produzione non ponderata potrebbe influenzare i movimenti, l'utilizzo dello spazio ed il comportamento di nuoto di questi pesci cartilaginei. Rumori forti ed improvvisi possono spaventare i pesci, inducendoli ad abbandonare l'area con conseguenze dirette poi sulle comunità bentoniche e planctoniche.

Inoltre, ricerche sui mammiferi marini hanno mostrato modificazioni comportamentali e spostamenti della soglia uditiva come risposta a suoni di natura antropica (Richardson *et al.*, 1995). Gli effetti comportamentali causati ai cetacei da rumori ad alta intensità, sia di breve che di lunga durata, comprendono l'abbandono dell'area e del proprio habitat (Allen, 1991), formazione nei tessuti di patologie - o emorragie qualora l'animale si trovi nelle vicinanze della fonte sonora, perdita temporanea o permanente dell'udito, cambiamenti nella direzione durante il nuoto, e comportamento aggressivo (Kastak *et al.*, 1999).

La perdita dell'udito, anche se temporanea, può arrecare danni molto gravi a mammiferi marini quali i cetacei, che notoriamente basano sulle proprie capacità uditive la ricerca del cibo – effettuata tramite l'ecolocalizzazione - la riproduzione, l'accoppiamento e le attività sociali (Richardson *et al.*, 1995; Kastak *et al.*, 1999).

I suoni immessi dall'uomo nell'ambiente possono anche coprire e/o mascherare altri suoni di natura biologica, importanti per la sopravvivenza degli animali stessi, quali per esempio quelli prodotti dai piccoli, da conspecifici, da prede e dai predatori (Allen, 1991; Richardson *et al.*, 1995). In alcuni casi i delfinidi possono reagire a una fonte di disturbo acustico adattando le caratteristiche dei suoni da loro prodotti alle fonti sonore cui sono sottoposti (Geraci e St. Aubin, 1987; Wartzok *et al.*, 2003), mentre in altri casi, ed entro certi limiti, gli animali possono abituarsi e divenire più tolleranti nei confronti del rumore introdotto nel loro ambiente. Va considerato il fatto che delfini e focene utilizzano principalmente suoni ad alta frequenza (>5 kHz) per la comunicazione e l'ecolocalizzazione, mentre la maggioranza dei suoni associati alla costruzione di infrastrutture giace nella fascia a bassa frequenza (<5 kHz).

Questo tipo di rumore sembra quindi rappresentare un problema meno acuto in termini di

---

<sup>4</sup> Impatto acustico della fase di costruzione dei pontili sui cetacei – Elaborato della Cantierizzazione

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

copertura dei suoni naturali per i piccoli cetacei (Geraci e St. Aubin, 1987; Richardson *et al.*, 1995), mentre potrebbe avere un impatto maggiore sui grandi cetacei, che usano suoni a frequenza più bassa per le loro comunicazioni o per gli elasmobranchi pelagici che utilizzano questi suoni per la caccia. Durante la costruzione di infrastrutture costiere quali i ponti possono venire prodotti diversi tipi di rumore subacqueo, che comprendono tra l'altro le esplosioni, i rumori causati dal *pile driving* (cioè l'infissione di pali nel suolo), e quelli prodotti da operazioni di scavo e dragaggio.

Il *percussive piling*, o *pile driving*, è la tecnica con cui vengono posizionati i pali di fondazione delle strutture in costruzione; questi vengono impiantati tramite martellamento, provocando così un rumore ad alta intensità. In alternativa, può essere utilizzata la tecnica del *bored piling*, in cui i pali vengono inseriti per trivellazione, con una produzione di rumore più limitata. Il *pile driving* rappresenta quindi una significativa fonte di disturbo per i cetacei, e genera in acqua onde di pressione che possono interferire con le normali attività comportamentali degli animali. Diversi studi sono stati condotti per ridurre la quantità di rumore cui gli animali marini vengono sottoposti durante tali operazioni di martellamento percussivo; uno di questi prevede l'utilizzo di una cortina di bolle o "*bubble curtain*" (Electronic and Geophysical Services, 1996 a,b,c) che attenua il rumore emesso assorbendolo in parte. Questa cortina di bolle si è dimostrata di qualche efficacia solo nel caso in cui circonda completamente l'intera zona oggetto dell'operazione, inclusa la chiatte (Würsig *et al.*, 2000). Un'alternativa alla cortina di bolle è rappresentata dall'uso di pannelli di tessuto sintetico per circoscrivere i macchinari e il pilone in costruzione e limitare il rumore; una cortina di bolle può venire aggiunta all'interno della protezione sintetica per massimizzare l'attenuazione del suono (Caltrans, 2001).

Per eliminare le possibili fonti di impatto descritte, i pontili di Ganzirri e Cannitello verranno realizzati adottando tutte le misure tecnologicamente disponibili per abbattere le emissioni rumorose. In particolare, si adotta la configurazione di banchina a giorno su pali che permette l'attracco delle chiatte per lo sbarco dei conci prefabbricati delle torri. Ciascun concio prefabbricato pesa 1200 t e viene movimentato tramite un sistema di dodici carrelloni. Ogni gruppo di carrelloni compone un impronta di circa 13x18 metri. La chiatte che trasporta e movimentata i conci, a gruppi di quattro conci, è lunga 91,5 m e larga 21,5 m. Il pontile, caratterizzato da un ingombro di 66 m x 24 m in pianta, è costituito da un impalcato in calcestruzzo gettato in opera poggiante su una maglia di pali trivellati. L'impalcato è costituito da un graticcio di travi ribassate di altezza 130 cm e di larghezza 120 cm gettate in opera in casseri a perdere sagomati a "U". Le travi poste ad un interasse uguale a quello dei pali, sono connesse a queste ultime tramite baggioli a sezione quadrata di lato 60 cm che spiccano dalla sommità dei pali di fondazione. La soletta che costituisce l'impalcato è anch'essa gettata in opera in casseri a perdere ed è una soletta armata bidirezionalmente, di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

spessore 80 cm. La realizzazione dell'impalcato prevede la posa dei casseri a perdere, posa dell'armatura delle travi e getto parziale delle travi fino all'intradosso della soletta, posa dei casseri a perdere per la soletta appoggiati ai casseri delle travi, posa dell'armatura della soletta e getto di completamento dell'impalcato.

L'opera di attracco destinata allo sbarco dei conci prefabbricati ha carattere provvisorio, in quanto verrà demolita dopo circa 5 anni di utilizzo una volta finita la costruzione delle pile del ponte. Sono previste due possibili modalità di demolizione:

1. Demolizione "tradizionale": ossia taglio dell'impalcato in più sezioni e smantellamento a terra previa predisposizione delle reti anticaduta a maglia fine, in modo da proteggere l'ambiente marino.
2. Sollevamento dell'impalcato intero mediante l'impiego di martinetti idraulici, trasporto a terra mediante dispositivi di guida e demolizione a terra l'impalcato.

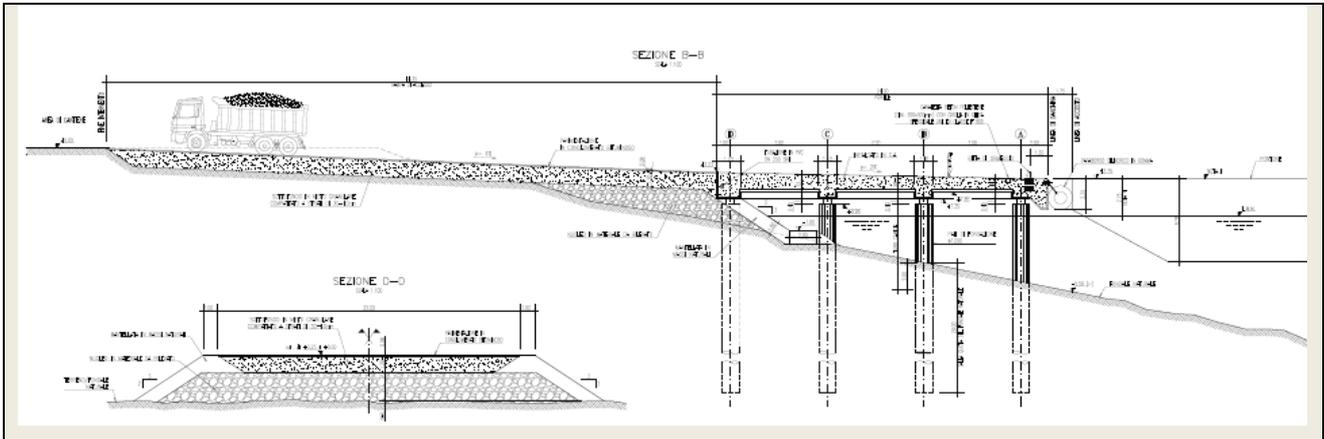
I pali di sostegno dei pontili, in numero di 40 (4 file x 10 colonne), presentano un diametro 120 cm e lunghezza variabile in funzione della profondità del fondale; si prevede un immorsamento nel terreno pari a 27 m. L'interasse tra i pali parallelamente alla costa varia da un minimo di 7 m ad un massimo di 8 m in corrispondenza della campata centrale, mentre perpendicolarmente è costante e pari a 7 m.

Per quanto riguarda la tipologia dei pali di fondazione, si è scelto di fondare l'impalcato su pali trivellati di diametro 1200 mm, che garantiscono migliori prestazioni tecniche e ambientali (si limitano rumore e vibrazioni come sopra descritto).

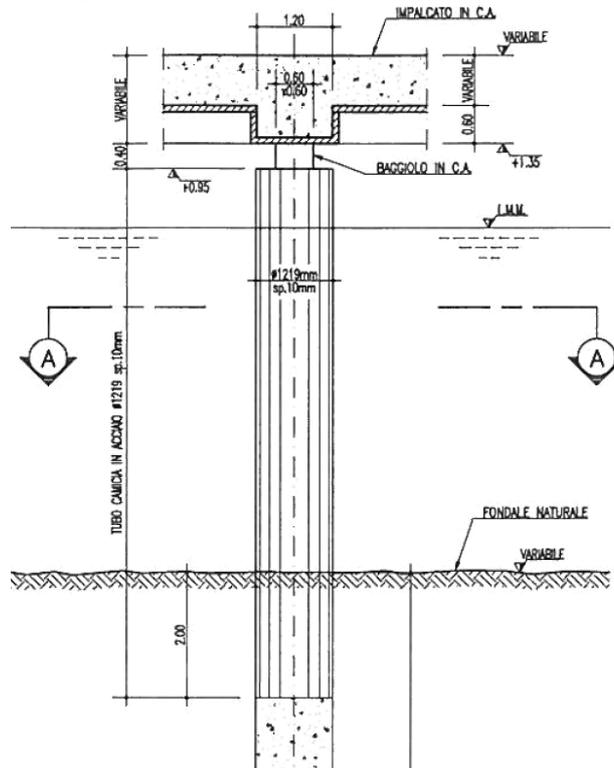
I pali verranno realizzati da un pontone galleggiante con la seguente sequenza: infissione di una camicia metallica di diametro 120 cm e spessore 8-10 mm mediante battipalo idraulico o diesel o vibratore, fino a circa 2 m al di sotto del fondale marino. La camicia, che non ha funzione strutturale, serve ad evitare il collasso del foro durante i primi metri di perforazione attraverso gli strati meno addensati. Seguiranno lo svuotamento della camicia e trivellazione con fango bentonitico fino alla quota di progetto; dissabbiatura del fango, posa in opera della gabbia di armatura e getto del calcestruzzo da fondo foro mediante tubo convogliatore.

Relativamente allo smantellamento dei pali si prevede, una volta demolito l'impalcato, di tagliare i pali a livello del fondale, rimuovere la parte fuori terra tramite gru e procedere in cantiere alla demolizione.

La sezione longitudinale dell'opera e la tipologia costruttiva dei pali vengono rappresentati nelle figure seguenti.



**Fig. 9.1 – Sezione longitudinale del pontile**



**Fig. 9.2 – Palo di fondazione**

## 8.2 In fase di esercizio

In fase di esercizio del ponte, gli impatti principali che possono interessare l'ambiente marino riguardano la componente rumore e la componente illuminazione); tuttavia, è possibile individuare

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

una serie di altre tipologie di impatto quali la proiezione dell'ombra del ponte durante il giorno e l'inquinamento.

La presenza della struttura del ponte sul mare potrebbe creare, pertanto, una serie di problemi soprattutto al popolamento bentonico, a quello ittico e alla fauna cetologica.

### 8.2.1 Fonti di rumore

Senza dubbio, il disturbo sonoro del ponte in fase di esercizio è meno critico per intensità rispetto a quello originato in fase di costruzione dei cantieri. Tuttavia, mentre il secondo ha una durata temporale molto limitata, il primo ha una durata temporale continuativa. E sebbene il rumore da traffico stradale non possa essere paragonato a quello che attualmente è esercitato dal traffico marittimo, quello dovuto al vento che si incanala tra il sistema di sospensione del ponte rappresenta una componente nuova che si va ad aggiungere all'altra amplificando gli effetti dell'impatto<sup>5</sup>. Il rumore potrebbe rappresentare un elemento di disturbo per cetacei e tartarughe marine durante i loro spostamenti e per gli uccelli marini che frequentano l'area dello Stretto, spingendoli ad allontanarsi.

### 8.2.2 Inquinamento luminoso

Durante l'esercizio, il ponte sarà caratterizzato da un impianto di illuminazione stradale notturna che consentirà di illuminare il piano stradale per garantire la sicurezza del traffico e le operazioni di sorveglianza e di ispezione notturna, a cui va aggiunta l'illuminazione per garantire la sicurezza del traffico aereo.

Tutto questo andrà a determinare nel complesso un sistema d'illuminazione notturna non trascurabile che potrebbe avere un duplice effetto sulle zoocenosi marine: da una parte potrebbe influenzare il normale ciclo nictemerale e circadiano (giorno-notte) delle diverse specie (soprattutto bentoniche, e quindi sessili o poco mobili), dall'altra potrebbe rappresentare un forte elemento di attrazione per un gran numero di specie ittiche o nectoniche, notoriamente attratte dalla luce (soprattutto Clupeidi, Sparidi e Tunnidi, ma anche Molluschi Cefalopodi). Questo secondo tipo di disturbo potrebbe essere più rilevante in un primo tempo, ma si dovrebbe affievolire nel tempo. Inoltre, la concentrazione di specie ittiche nei pressi del ponte illuminato potrebbe rappresentare un elemento di attrazione per i pescatori che sarebbero favoriti nella cattura delle prede con conseguente anomalo sfruttamento delle risorse.

<sup>5</sup> A questo proposito tra le attività di approfondimento del progetto è stato redatto uno Studio sulla componente vibro acustica del Ponte – in risposta anche ad una specifica richiesta del CIPE.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

Più problematica è, invece, la questione legata all'alterazione dei cicli nictemerali delle specie bentoniche: questi animali, infatti, basano i loro cicli vitali e soprattutto quelli riproduttivi sulle variazioni del fotoperiodo e sulla successione delle fasi lunari. L'illuminazione notturna del ponte interferirebbe con la percezione di queste variazioni da parte delle comunità bentoniche. Tuttavia, l'altezza del ponte e la profondità dei fondali marini su cui andrà a sussistere la proiezione luminosa dovrebbero attenuare l'impatto e limitarlo spazialmente nella sua incidenza solo in prossimità della costa, con effetti lievi e trascurabili.

### **8.2.3 Altre tipologie di impatto**

Altre tipologie di impatto, ritenute di livello non significativo, sono illustrate nel seguito.

Similmente a quanto avviene di notte per via dell'illuminazione artificiale, anche l'ombra potrebbe rappresentare durante il giorno un problema per le zoocenosi marine. L'ombra esercita anzitutto un potere attrattivo non trascurabile nei confronti di numerose specie ittiche pelagiche migratrici (lampughe, ricciole e piccoli Tunnidi) ma anche nei confronti di tartarughe marine o squali. Ma la proiezione dell'ombra potrebbe privare di illuminazione solare le comunità zoobentoniche: poichè in queste comunità sono presenti numerose specie che vivono in simbiosi con alghe unicellulari (zooxantelle), l'ombra potrebbe ridurre o alterare la produttività di queste alghe determinando denutrizione negli animali bentonici che da esse dipendono. Gli studi condotti sull'effetto dell'ombra e sulla sua distribuzione nell'arco della giornata, hanno messo in luce la scarsa significatività del fattore influenzato dalla altezza del ponte e dalla persistenza della zona d'ombra nell'arco della giornata.

Un altro, ultimo, potenziale impatto a danno delle comunità marine potrebbe derivare dal sistema di raccolta delle acque piovane dal piano stradale del ponte. Il progetto, infatti, prevede che queste acque vengano canalizzate e trattate in sistemi idonei posti sulle due coste dove confluiscono i carichi di idrocarburi dilavati dalle acque piovane. Il sistema garantisce la totale esclusione di inquinamento delle acque marine per questo fattore, tuttavia è necessario considerare i punti in cui si avranno gli scarichi finali a valle del sistema di trattamento, dove si potrebbe verificare una maggiore concentrazione di acqua dolce.

La concentrazione dello scarico di queste acque dolci potrebbe alterare la salinità a livello locale e determinare un disturbo non del tutto trascurabile soprattutto a danno delle specie bentoniche o planctoniche stenohaline, non in grado di sopportare variazioni di salinità. In particolare, queste variazioni potrebbero essere in grado di determinare impoverimento dei popolamenti animali; non si deve neanche escludere che queste alterazioni possano attrarre specie eurialine, che riescono a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

tollerare anche acque a bassa salinità o comunque soggette a continue variazioni di salinità. Tuttavia, la limitatezza temporale e quantitativa delle precipitazioni annuali nell'area in esame oltre che la scarsa quantità finale dei recapiti in mare attenua fortemente questo impatto potenziale nei suoi effetti sull'ambiente marino, considerata anche la grande capacità di dispersione nell'ambiente marino degli apporti esterni legata al particolare regime delle correnti dello Stretto.

## Individuazione delle azioni correttive e di controllo

Nell'ambito del progetto definitivo, sulla base degli studi di settore e di aggiornamento dello Studio di Impatto Ambientale, sono stati individuati, progettati e stabiliti una serie di misure di mitigazione e presidi di prevenzione e controllo finalizzati a minimizzare i potenziali impatti sopra descritti.

### 9 In fase di costruzione

Le misure di mitigazione utilizzate comprendono gli interventi riassunti nella seguente tabella.

<b>Fattore di pressione</b>	<b>Mitigazione</b>
<i>Trasporto marittimo - rilascio di carburanti</i>	Ottimizzare il numero e la durata dei trasporti. Effettuare controlli frequenti ai motori. Programmare rotte a distanza di sicurezza da aree di interesse naturalistico e conservazionistico (SIC)
<i>Trasporto marittimo - rumore</i>	Ottimizzare il numero e la durata dei trasporti, concentrandoli prevalentemente durante le ore diurne. Programmare rotte a distanza di sicurezza da aree di interesse naturalistico e conservazionistico (SIC)
<i>Immissione accidentale di sedimenti fini durante la fase di costruzione</i>	Procedure di infissione dei pali che minimizzano il sollevamento di sedimenti fini durante le operazioni di costruzione del pontile Rete di raccolta delle acque dimensionata considerando le situazioni di massimo flusso delle acque in relazione alle attività di cantiere e a eventi di massima piovosità Durante la fase di costruzione e demolizione dei pontili non sono previste manovre e/o operazioni che possano produrre importanti quantità di polveri o che possano in qualche modo inquinare l'ambiente marino (SGA).
<i>Occupazione e consumo di suolo a carico del benthos</i>	Non mitigabile

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

<i>Potenziale infangamento dei fondali per risospensione dei sedimenti fini</i>	Regolazione della velocità di transito dei natanti in accosto al pontile. Redazione documento specifico per chiarire con quali modalità debba essere effettuato, dove e qualora previsto, il ripascimento.
<i>Potenziale disturbo sonoro a carico del necton</i>	In fase di cantiere. Modalità tecniche di infissione dei pali per trivellazione e adozione di programmazione temporale dei lavori che escludono periodi di particolare sensibilità per la presenza dei cetacei (giugno-ottobre) Esclusione di <i>percussive piling</i> in favore del meno invasivo <i>bored piling</i> . Schermatura acustica con intercapedine piena d'aria per ridurre il rumore trasmesso nell'ambiente durante la percussione; custodie esterne aggiuntive, di materiali sintetici, accoppiato al metodo dell'infissione con avvitamento, per ridurre gli impatti residui che la fase di progettazione non abbia già previsto. Produrre un segnale di allerta per gli animali marini presenti nell'area oggetto dei lavori riducendo l'intensità delle prime percussioni e aumentando progressivamente (" <i>ramp-up procedure</i> "). Monitoraggio visivo e acustico della zona dei lavori per evitare l'avvicinamento di necton pelagico
<i>Potenziale disturbo luminoso a carico del necton</i>	Contenimento dell'illuminazione per fini estetici del Ponte Regolazione dell'illuminazione per sezioni dell'opera utilizzando allo scopo anche sistemi di controllo automatizzati.

**Tab. 10.1 – Interventi di mitigazione**

## 9.1 Misure di monitoraggio e gestione

Al fine di tenere sotto controllo lo status delle zoocenosi marine durante la fase di costruzione e verificare la validità delle misure per la riduzione delle interazioni proposte, si rende necessaria la messa in atto di misure di monitoraggio appropriate. In particolare, per la progettazione di tali interventi, si deve considerare soprattutto il presupposto secondo il quale, nell'ecosistema marino, le comunità animali sono strettamente dipendenti dall'ambiente in cui vivono.

Gli interventi che caratterizzano il sistema di monitoraggio predisposto per la fase di costruzione riguarda l'ambiente marino in tutte le sue componenti sia abiotiche (parametri chimico-fisici dell'acqua e dei sedimenti) che biotiche (popolamenti planctonici, bentonici e nectonici).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

In particolare:

- per la componente “*parametri chimico-fisici dell’acqua*” si prevede il monitoraggio della salinità, della trasparenza e la valutazione della produzione di clorofilla “a”, oltre a temperatura, densità, ossigeno, ph, trasmittanza.
- per quanto riguarda il “*popolamento planctonico*”, si prevedono analisi quali-quantitative dello zooplankton e del fitoplankton, con particolare riferimento a copepodi ed eufausiacei, oloplanktonici di fondamentale importanza per il mantenimento delle reti trofiche dell’ambiente marino;
- per quanto riguarda i “*popolamenti bentonici*” il monitoraggio interessa sia i popolamenti dei fondi mobili che di quelli duri che caratterizzano l’area interessata dall’opera dei pontili in un raggio di almeno 1 km. I fondali andranno controllati con periodiche ispezioni mediante ROV e campionamenti. Per i fondi mobili i campionamenti andranno effettuati mediante benna o draga su superficie standard, per i fondi duri mediante prelievo diretto in immersione subacquea. Importante è anche la realizzazione di un’analisi qualitativa e quantitativa della componente animale (numero di specie e di individui, indici di diversità). In questo caso può essere importante anche valutare la ricchezza specifica cioè il numero medio di specie per rilievo, ma anche i diversi indici di diversità (D, H’, ecc.). Per ambienti delicati e naturalisticamente importanti dovranno, inoltre, essere monitorate le specie chiave o le facies più delicate, valutando anche i fenomeni di acquisizione o scomparsa di determinate specie. Il monitoraggio potrà essere effettuato su quei taxa considerati buoni indicatori biologici dello stato dell’ambiente, quali gli anellidi policheti, i molluschi ed i crostacei. Non si rende necessario ricorrere a prelievi di materiale biologico, ma basterà avviare delle tradizionali tecniche di visual census in immersione con impiego di operatori subacquei esperti al fine di evitare ulteriori impatti sull’ambiente.
- il “*popolamento ittico e quello nectonico*” saranno monitorati sia con tecniche di visual census, sia attraverso il controllo del pescato nelle diverse marinerie. L’alterazione della comunità ittica, con la diminuzione di specie pregiate e l’aumento di specie meno pregiate deve essere un segnale di allarme di una anomala situazione ambientale o di un anomalo sfruttamento delle risorse.
- per quanto riguarda i “*sedimenti*”, si monitorano le caratteristiche granulometriche dei diversi siti con indicazione delle principali frazioni granulometriche in % peso. I campionamenti andranno eseguiti lungo transetti ortogonali alla costa, a diversa profondità e distanza dalla costa.

Inoltre, per le aree con presenza della Posidonia, il monitoraggio sarà realizzato mediante periodici

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

campionamenti effettuati nelle praterie individuate.

<b>Fattore di pressione</b>	<b>Misure di monitoraggio</b>
<i>Immissione accidentale di sedimenti fini durante la fase di costruzione</i>	Monitoraggio delle popolazioni zoobentoniche e delle praterie marine Monitoraggio del plancton Monitoraggio del sedimento Monitoraggio dell'acqua
<i>Occupazione e consumo di suolo a carico del benthos</i>	Monitoraggio delle popolazioni zoobentoniche e delle praterie marine
<i>Potenziale infangamento dei fondali per risospensione dei sedimenti fini</i>	Monitoraggio delle popolazioni zoobentoniche e delle praterie marine Monitoraggio del sedimento Monitoraggio dell'acqua
<i>Potenziale disturbo sonoro a carico del necton</i>	Monitoraggio delle popolazioni nectoniche

Tab. 10.2 – Misure di monitoraggio e gestione

## 10 In fase di esercizio

### 10.1 Accorgimenti e misure di monitoraggio per la riduzione delle interazioni

In fase di esercizio, la principale interazione negativa tra l'opera e la fauna marina potrebbe essere rappresentata dall'illuminazione notturna. Sono stati pertanto studiati opportuni accorgimenti per contenere l'effetto attrattivo della luce. La selezione di lampade con orientamento e tipologie particolari, e con emissione di luce di opportuna lunghezza d'onda, sono misure già previste dal progetto.

Anche nella fase di esercizio si rendono necessarie misure di monitoraggio delle popolazioni tectoniche connesse soprattutto agli effetti della illuminazione del Ponte e delle sue strutture terminali, oltre che del clima acustico complessivo dell'ambiente marino.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

## Valutazione degli impatti residuali

### 11 Parametri di valutazione della pressione ambientale e della sensibilità

Per valutare la pressione ambientale e la sensibilità delle aree in merito alla componente faunistica marina dello Stretto sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- tipologia di impatto
- componente ecologica interessata e sensibilità complessiva
- presenza di specie di particolare interesse biogeografico, ecologico o conservazionistico o presenza di habitat particolarmente fragili e vulnerabili o importanti per le loro associazioni faunistiche.

I fattori di pressione individuati per l'analisi delle interazioni dell'opera con l'ambiente marino sono i seguenti:

TIPOLOGIE DI IMPATTO	
Codice	Descrizione
<b>AMBIENTE MARINO FAUNA E VEGETAZIONE – FASE DI COSTRUZIONE</b>	
AMC1	Immissione accidentale di sedimenti fini durante la fase di costruzione
AMC2	Occupazione e consumo di suolo a carico del benthos
AMC3	Potenziale infangamento dei fondali per risospensione dei sedimenti fini
AMC4	Potenziale disturbo luminoso a carico del necton
AMC5	Potenziale disturbo sonoro a carico del necton costiero
AMC6	Potenziale disturbo da traffico marittimo
<b>AMBIENTE MARINO FAUNA E VEGETAZIONE – FASE DI ESERCIZIO</b>	
AME4	Potenziale disturbo luminoso a carico del necton
AME5	Potenziale disturbo sonoro a carico del necton costiero

**Tab. 12.1 – Elenco dei fattori di pressione valutati**

### 12 Definizione delle aree e del giudizio di impatto

In merito alla fase di costruzione, le aree di impatto sono state suddivise in versante Calabria e versante Sicilia relativamente ai quattro pontili (SP1, SP2, SP3 Sicilia, CP1 Calabria) e corridoio marino di transito delle navi.

Per la fase di esercizio, invece, le argomentazioni sono condotte su un piano diverso rispetto a quello della fase di costruzione. Infatti, il ponte viene ad essere trattato come un'unica struttura che lega i due versanti, quello calabrese e quello siciliano, raggruppandoli in un sistema ecologico continuo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

#### *Versante Calabria – pontile*

La messa in opera del pontile è necessaria per la realizzazione delle fondazioni della Torre lato Calabria. La struttura giace in corrispondenza della battigia e sussiste su di un fondale ghiaioso e sassoso, con biocenosi ascrivibili alle Sabbie Grossolane sotto l'Influenza delle Correnti del Fondo (SGCF). Le zoocenosi in quest'area appaiono piuttosto impoverite.

La struttura ed i suoi piloni di sostegno in mare agiranno direttamente sull'ambiente marino, e determineranno la sottrazione di fondo per le comunità zoobentoniche.

#### *Versante Sicilia – pontili (SP 1 e SP2 Ganzirri – SP3 Villafranca)*

Anche per la Sicilia è prevista la realizzazione delle fondazioni della Torre, ma in questo caso è prevista la realizzazione di tre pontili di servizio provvisori: di questi, due pontili sono a Ganzirri dove verrà realizzata la torre, il terzo pontile è a Villafranca. Il cantiere si trova in corrispondenza della battigia marina, e anche in questo caso è prevista la realizzazione, oltre che dei pontili, di opere di difesa del cantiere.

Il fondale della zona di Ganzirri è prevalentemente sabbio-ghiaioso nella parte più costiera, con una biocenosi ascrivibile alle Sabbie Grossolane sotto l'Influenza delle Correnti del Fondo. Più al largo, a partire da 3-4 m di profondità, è presente un fondale composto da ghiaia, sassi e ciottoli di varie dimensioni e, fino a 10 m di profondità, sono presenti alcuni esemplari di *Pinna nobilis*, che comunque non costituiscono mai popolazioni di una certa rilevanza. Similmente alla situazione delineata per il pontile della Calabria, anche in questo caso è prevedibile la sottrazione di substrato per l'insediamento delle relative cenosi anche se queste comunità sono abbastanza comuni e di basso interesse naturalistico.

Leggermente diversa è la situazione per il fondale della zona di Villafranca Tirrenica. Anche in questo caso, la parte costiera è colonizzata da comunità di fondo molle, ma ad esse si affiancano elementi puntuali di comunità di fondo duro, caratterizzate da elementi biocenotici non di spicco, in quanto la zona è nel complesso urbanizzata e sottoposta a diverse fonti di disturbo.

#### *Mare*

Gli impatti che interessano il tratto marino durante la fase di costruzione sono a carico del traffico marittimo che provvederà al trasporto di materiale di scavo lungo le rotte Ganzirri-Villafranca, Ganzirri-Cannitello e Villafranca-Cannitello e del traffico marittimo che provvederà al trasporto del materiale di costruzione lungo le rotte Gioia Tauro-Ganzirri e Gioia Tauro-Cannitello. Si tratta, fondamentalmente, di disturbi di tipo sonoro e luminoso. Il disturbo di tipo luminoso è da considerarsi del tutto trascurabile. Le aree interessate dalle rotte di navigazione delle navi non ricadono, se non solo marginalmente, all'interno di zone interessate da rotte migratorie di cetacei e/o tartarughe marine, e pertanto anche il disturbo sonoro non dovrebbe rappresentare un impatto

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
		<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0

con ricadute significative. Oltretutto, l'area interessata è già sottoposta a rotte di navigazione preesistenti. Una lieve significatività potrebbe essere data, nel complesso, all'intensificazione delle rotte che oltre a dare un maggiore disturbo alla fauna residente, potrebbero, in via del tutto potenziale, determinare riversamenti in mare di carburante e/o sedimenti. Nella tabella seguente si riporta il calcolo della matrice di impatto per la definizione degli impatti residuali, considerati a valle delle misure di mitigazione e di quelle previste per il monitoraggio in fase di costruzione e post operam, descritte in precedenza.

CALABRIA E SICILIA – TIPOLOGIE E LIVELLI DI IMPATTO																
AREA IMPATTO	SISTEMA DI PROGETTO				AZIONE DI PROGETTO	SENSIBILITÀ				FATTORE DI PRESSIONE			FASE	MITIGAZIONE	LIVELLO DI IMPATTO	
	Ponte	Coll. Strad.	Coll. Ferr.	Cant.		MA	A	M	B	Magnitudo I - II - III	Probabilità C - A - M - B	Reversibilità BT - MT - IT - IR				TIPOLOGIA
CP1				X	costruzione ed esercizio del potile di Cannitello			X	I	B	BT	AMC1	C	ben mitigabile	ns	
								X	I	C	LT	AMC2	C	ben mitigabile	minore	
								X	I	B	BT	AMC3	C	ben mitigabile	ns	
								X	I	B	LT	AMC5	C	ben mitigabile	ns	
SP1				X	costruzione ed esercizio del potile di Ganzirri nord				X	I	B	BT	AMC1	C	ben mitigabile	ns
									X	I	C	LT	AMC2	C	ben mitigabile	trascurabile
									X	I	B	BT	AMC3	C	ben mitigabile	ns
									X	I	B	LT	AMC5	C	ben mitigabile	ns
SP2				X	costruzione ed esercizio del potile di Ganzirri sud				X	I	B	BT	AMC1	C	ben mitigabile	ns
									X	I	C	LT	AMC2	C	ben mitigabile	trascurabile
									X	I	B	BT	AMC3	C	ben mitigabile	ns
									X	I	B	LT	AMC5	C	ben mitigabile	ns
SP3				X	costruzione ed esercizio del pontile di Villafranca				X	I	B	BT	AMC1	C	ben mitigabile	ns
									X	I	C	LT	AMC2	C	ben mitigabile	trascurabile
									X	I	B	BT	AMC3	C	ben mitigabile	ns
									X	I	B	LT	AMC5	C	ben mitigabile	ns
MARE				X	Tratto di mare interessato dal traffico marittimo				X	I	B	BT	AMC4	C	ben mitigabile	ns
									X	I	C	LT	AMC5	C	ben mitigabile	ns
									X	I	C	LT	AMC6	C	ben mitigabile	minore
P	X				presenza ed esercizio del manufatto Ponte		X		II	C	IR	AME4	E	ben mitigabile	medio	
							X		I	C	IR	AME5	E	ben mitigabile	medio	

**Tab. 12.1 – Ambiente marino - Calabria e Sicilia - Tipologie e livelli di impatto**

Si sottolinea che gli impatti rilevati per l'Ambiente Marino sono rappresentati per una parte sulle Carte di Sintesi degli impatti elaborate per la componente Vegetazione e Flora (Cfr. Elaborati

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

CG0700PG4DGAMIAQ300000061-62-63-64) e per una parte sulle Carte di Sintesi degli impatti elaborate per la componente Fauna (Cfr. Elaborati CG0700PG4DGAMIAQ300000085-86-87-88). In particolare, si sottolinea che i fattori di pressione AMC1, AMC2 e AMC3, sono analizzati per gli effetti potenziali indotti a carico della componente vegetazionale (fitobenthos). Come si evince dalla tabella 13.1 sopra riportata il livello di impatto per i fattori AMC1 e AMC3 risulta non significativo e quindi non rappresentato sulla Carta di sintesi degli impatti – Componente Vegetazione.

I fattori di pressione AMC5, AME4 e AME5, sono analizzati per gli effetti potenziali indotti a carico della componente fauna (necton e necton costiero). Come si evince dalla tabella 13.1 sopra riportata il livello di impatto per il fattore AMC5 risulta non significativo e quindi non rappresentato sulla Carta di sintesi degli impatti – Componente Fauna.

È importante sottolineare, inoltre, che i fattori di pressione individuati andrebbero letti secondo una chiave di lettura che tiene conto del diverso significato del concetto di potenzialità.

Infatti, nel caso dei fattori AMC1, AMC2, AMC3, la potenzialità dell’impatto è legata alle probabilità di accadimento dell’azione (infangamento, inquinamento, ecc..) per cui tutti gli sforzi per il contenimento e l’eliminazione delle ricadute sono demandati alla buone pratiche di gestione delle varie fasi di costruzione e di funzionamento. Dato il sistema delle mitigazioni adottate (reti di raccolta e smaltimento delle acque dei piazzali dei pontili, modalità di controllo della velocità delle chiatte in avvicinamento, esclusione della presenza di ambiti con accumulo di terre e materiali inerti) si reputa che le attività possano essere tenute sotto controllo in modo accettabile e di conseguenza ben mitigabile.

Nel caso dei fattori AME4 e AME5, la probabilità di accadimento è invece associata alla possibilità di alterazioni a carico del necton, di cui, allo stato delle conoscenze per situazioni da considerarsi analoghe (ponte di tale altezza e intensità di illuminazione) non si dispone di idonea bibliografia. Per cui, in questa fase, questo tipo di impatto è stato ritenuto di livello medio proprio con l’intento di mantenere un grado di attenzione su un fenomeno da considerare oggetto di studio anche se dovesse rilevarsi di scarso rilievo.

A fronte di tale motivazione e pur considerando ben mitigabile l’azione di progetto (adozione di misure per il contenimento del rumore e dell’inquinamento luminoso) è importante prevedere una linea di approfondimento degli studi sul necton che vada in questa direzione e che accompagnerà, necessariamente e per un certo periodo la fase di esercizio del ponte.

Gli ambiti di impatti e i relativi livelli di impatti residui sono riportati negli elaborati cartografici AMV0273\_F0 per la Sicilia e AMV0272\_F0 per la Calabria (si sottolinea che l’ambito di impatto definito MARE è stato riportato nella sola cartografia relativa alla Sicilia, sebbene l’ambito di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

impatto includa anche il traffico marittimo da Gioia Tauro ai pontili di Ganzirri e Cannitello).

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

## 13 Bibliografia

- Allen S.G. 1991. Harbor seal habitat restoration at Strawberry Spit, S.F. Bay. Point Reyes Bird Observatory Report PB91-212332/GAR. 47 pp.
- Arcangeli A., Caltavuturo G., Marini L., Salvati E., Trincali M., Valentini T., Villetti G., 1999 – Migrazioni di cetacei attraverso il Canale di Sicilia. *Natura – Soc. it. Sci. Nat. Museo civ. Stori. Nat. Milano*, 90 (2): 5-9.
- Barco S.G., Swingle W.M., McLellan W.A., Harris R.N., Pabst D.A. 1999. Local abundance and distribution of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the nearshore waters of Virginia Beach, Virginia. *Marine Mammal Science* 15(2):394-408.
- Bearzi G., Cavalloni B. 1987. Rapporto sulla vicenda del delfino di Comacchio. Rapporto per la Fondazione Cetacea di Riccione. 17 pp.
- Bearzi G., Reeves R.R., Notarbartolo di Sciara G., Politi E., Cañadas A., Frantzis A., Mussi B. 2003. Ecology, status and conservation of short-beaked common dolphins *Delphinus delphis* in the Mediterranean Sea. *Mammal Review* 33(3):224–252.
- Bell A., Collins N., Ells C., de Romily G., Rossiter A., Young R. 2003. Evaluation of the ClimAdapt Guide to Incorporating Climate Change into the Environmental Impact Assessment Process. Prepared for: The Canadian Environmental Assessment Agency. 94 pp.
- Bentivegna F. 2002. Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry. *Marine biology*. 141 (4): 795-800.
- Berdar A., Riccobono F., 1986 – Le meraviglie dello Stretto di Messina. Edizioni Dr. A. Sfameni, Messina, 1986: 670 pp.
- Birkun A., Jr. 2002. Cetacean habitat loss and degradation in the Black Sea. In: G. Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies*. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002. Section 8, 19 pp.
- Brancato G., Minutoli R., Granata A., Sidoti O., Guglielmo L., 2001 – Diversity and vertical migration of Euphausiids across the Straits of Messina area. In: Faranda F.M., Guglielmo L., Spezie G., *Mediterranean Ecosystems: Structures and Processes*. Springer-Verlag Italia: 131-141.
- Caltrans - California Department of Transportation. 2001. Pile Installation Demonstration Project,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

Marine Mammal Impact Assessment. Prepared for Caltrans by URS Corporation and Parsons Brinckerhoff. 49 pp.

Caltrans - California Department of Transportation. 2004. Revised Marine Mammal Monitoring Plan. Prepared for Caltrans by URS Corporation and Parsons Brinckerhoff. 38 pp.

Caroppo C. & Decembrini F., 2006 – Comunità fitoplanctoniche nell'area dello Stretto di Messina: distribuzione e biodiversità. *Biologia Marina Mediterranea*, 13 (2): 110-111.

Caruso G., Caroppo C., Azzaro F., Raffa F., Decembrini F., 2006 – Comunità microbica nello Stretto di Messina: distribuzione e diversità funzionale. *Biologia Marina Mediterranea*, 13(2): 112-113.

Dahlheim M.E., Matkin C.O. 1994. Assessment of injuries to Prince William Sound killer whales. In: T.R. Loughlin (Ed.), *Marine mammals and the Exxon Valdez*. Academic Press. pp. 163-172. Ecosystems Ltd., Jefferson T.A. 2004. Draft Working Paper on Ecological Impact Assessment for Chinese White Dolphin and Finless Porpoise. 53 pp.

Decembrini F., Azzaro F., Leonardi M., 1999 – Variabilità a breve e lungo termine delle caratteristiche idrologiche nelle acque costiere di un sistema ad elevato idrodinamismo (Stretto di Messina). *Atti A.I.O.L.*, 13 (1): 151-158.

Electronic and Geophysical Services. 1996a. Sha Chau Aviation Fuel Receiving Facility. Construction of Jetty Using Percussion Piling. Attenuation of Piling Noise by Use of Air Bubble Curtain. Swimming Pool Tests of Attenuation by Bubbles. Final contract report to Provisional Airport Authority. 9 pp. + appendices.

Electronic and Geophysical Services. 1996b. Sha Chau Aviation Fuel Receiving Facility. Construction of Jetty Using Percussion Piling. Attenuation of Piling Noise by Use of Air Bubble Curtain. Interim Report. Final contract report to Clymene Enterprises. 5 pp. + appendices.

Electronic and Geophysical Services. 1996c. Sha Chau Aviation Fuel Receiving Facility. Construction of Jetty Using Percussion Piling. Attenuation of Piling Noise by Use of Air Bubble Curtain. Final Report. Final contract report to Clymene Enterprises. 13 pp. + appendices.

Fradà Orestano C., Calvo S., 1995 – Diffusione di *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh nelle acque dello Stretto di Messina. *Biologia Marina Mediterranea*, 2 (2): 645-647.

Geraci J.R. 1990. Physiologic and toxic effects on cetaceans. In: J.R. Geraci e D.J. St. Aubin (Eds.), *Sea mammals and oil: confronting the risks*. Academic Press. pp. 167-197.

Geraci J.R., St. Aubin D.J. 1987. Effects of offshore oil and gas development on marine mammals

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

and turtles. In: D.F. Boesch e N.N. Rabalais (Eds.), Long-term Environmental Effects of Offshore Oil and Gas Development. Elsevier Applied Science. pp. 587-617.

Giacobbe S., Rinelli P., Spanò N., 1996 – Echinodermi e Crostacei Decapodi in fondi mobili litorali del versante calabro dello Stretto di Messina. *Biologia Marina Mediterranea*, 3 (1): 72-77.

Giraud, G., 1977 - Contribution à la description et à la phénologie des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille II: 150.

Greene C.R. 1987. Characteristics of oil industry dredge and drilling sounds in the Beaufort Sea. *Journal of the Acoustical Society of America* 82:1315-1324.

Guglielmo L., Marabello F., Vanucci S., 1995 – The role of the mesopelagic fishes in the pelagic food web of the Straits of Messina. . In: Guglielmo L., Manganaro A., De Domenico E. (eds.), *The Strait of Messina Ecosystem*, Proceedings of the Symposium held in Messina, 4-6 aprile 1991: 223-246.

Harwood J., Wilson B. 2001. The implications of developments on the Atlantic Frontier for marine mammals. *Continental Shelf Research* 21:1073-1093.

Jefferson T.A. 2000. Population biology of the Indo-Pacific hump-backed dolphin in Hong Kong waters. *Wildlife Monographs* 144, 65 pp.

Jefferson T.A., Hung S.K. 2004. A review of the status of the Indo-Pacific humpback dolphin (*Sousa chinensis*) in Chinese waters. *Aquatic Mammals (Special Issue)* 30:149-158.

Jefferson T.A., Hung S.K., Law L., Torey M., Tregenza N. 2002a. Distribution and abundance of finless porpoises in Hong Kong and adjacent waters of China. *Raffles Bulletin of Zoology (Supplement)*, 10:43-55.

Jefferson T.A., Robertson K.M., Wang J.Y. 2002b. Growth and reproduction of the finless porpoise in southern China. *Raffles Bulletin of Zoology (Supplement)* 10:105-113.

Johnston P.A., Stringer R.L., Santillo D. 1996. Cetaceans and environmental pollution: the global concerns. In: M.P. Simmonds e J.D. Hutchinson (Eds.), *The conservation of whales and dolphins: science and practice*. John Wiley and Sons. pp. 219-262.

Kastak D., Schusterman R.J., Southall B.L., Reichmuth C.J. 1999. Underwater temporary shift induced by octave-band noise in three species of pinniped. *Journal of the Acoustical Society of America* 106:1142-1148.

Leatherwood S., Reeves R.R. 1983. *The Sierra Club handbook of whales and dolphins*. Sierra Club Books, San Francisco. 302 pp.

Magazzù G., Aubert M., Decembrini F., 1995. The effect of tidal movements on planktonic transfer

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>	

- through the Strait of Messina. In: Guglielmo L., Managnaro A., De Domenico E. (eds), Proceedings of the Symposium “The Strait of Messina Ecosystem”. Messina: 191-123.
- Maltagliati F., Lardicci C., Curini Galletti M., Castelli A., Benedetti Cecchi L., Airoidi L., Abbiati M., 1995. Osservazioni sui popolamenti bentonici presenti lungo la costa calabrese dello Stretto di Messina. *Biologia Marina Mediterranea*, 2 (2): 391-392.
- Margalef R., 1997. Turbulence and marine life. *Scientia Marina*, 61: 109-123.
- SIA 2002, PP3R-C0-001.pdf “Quadro di riferimento ambientale – relazione generale. – Progetto 2002.
- Mendes S., Turrell W., Lutkebohle T., Thompson P. 2002. Influence of the tidal cycle and a tidal intrusion front on the spatio-temporal distribution of coastal bottlenose dolphins. *Marine Ecology Progress Series* 239:221–229.
- Mingozzi T., Masciari G., Paolillo G., Pisani B., Russo M., Massolo A. 2007. Discovery of a regular nesting area of Loggerhead Turtle *Caretta caretta* in Southern Italy: a new perspective for national conservation. *Biodiversity and Conservation*. 16: 3519-3541.
- Mistri M., Macri T., Ceccherelli V.U., Rossi R., 2000 – Struttura della comunità macrobentonica dello Scoglio delle Sirene (Scilla, Mar Tirreno). *Biologia Marina Mediterranea*, 7 (1): 695-698.
- Nautilus, 1996 - Le comunità bentoniche della fascia costiera calabrese. Atti del Convegno “La ricerca scientifica e tecnologica applicata alla pesca ed alla maricoltura”. Workshop organizzato da CoN.I.S.Ma. e Unimar, Fano, 21 e 22 novembre 1996.
- Öztürk B., Öztürk A.A. 1997. Preliminary study on dolphin occurrence in the Turkish straits system. *European Research on Cetaceans* 11:79–82.
- Pergent-Martini, 1996 - Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean–France) in J. Kuo *et al* (a cura di) *Seagrass Biology: Proceedings of an international workshop*, Rottneest island, The University of Western Australia, 1996. 229-306
- Reeves R.R., Leatherwood S. 1994. Dams and river dolphins: can they co-exist? *Ambio* 23:172-175.
- Richardson W.J., Würsig B. 1997. Influences of man-made noise and other human actions on cetacean behaviour. *Marine and Freshwater Behavior and Physiology* 29:183-209.
- Richardson W.J., Würsig B., Greene C.R. 1990. Reactions of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) to drilling and dredging noise in the Canadian Beaufort Sea. *Marine Environmental Research* 29:135-160.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- Richardson W.J., Würsig B., Greene C.R., Malme C.I., Thomson D.H. 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press, San Diego.
- Rinelli P., Spanò N., Giacobbe S., 1999 – Alcune osservazioni su Crostacei Decapodi ed Echinodermi dei fondi a *Errina aspera* (L.) dello Stretto di Messina. *Biologia Marina Mediterranea*, 6 (1): 430-432.
- Romeo T., Consoli P., Castriota L., Andaloro F. 2009. An evaluation of resource partitioning between two billfish, *Tetrapturus belone* and *Xiphias gladius*, in the central Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 89 (4): 849-857.
- Romeo T., Perzia P., Esposito V., Malara D., Battaglia P., Consoli P., Canese S., Andaloro, F. 2011. Relationship between swordfish swimming behaviour and sea surface temperature in the central Mediterranean Sea during the reproductive period. *Marine Biology Research*, 7 (2): 86-194
- Romeo, T., Consoli, P., Punzon A., Modica, L., Raffa F., Perzia, P., Battaglia P., Esposito V., Andaloro F. – 2010. Swordfish (*Xiphias gladius* Linnaeus 1758) harpoon fishery: a method of evaluation of swordfish presence in the Strait of Messina (Central Mediterranean Sea). *Journal of Applied Ichthyology*. 26 (6): 886-891.
- Rosel P.E., Frantzis A., Lockyer C., Komnenou A. 2003. Source of Aegean Sea harbour porpoises. *Marine Ecology Progress Series* 247:257–26.
- Scott M.D., Wells R.S., Irvine A.B. 1990. A long-term study of bottlenose dolphins on the west coast of Florida. In: S. Leatherwood e R.R. Reeves (Eds.), *The bottlenose dolphin*. Academic Press, San Diego. pp 235-244.
- SIA 2002, PP3R-C20-001.pdf “*Quadro di riferimento ambientale – componente suolo e sottosuolo – relazione generale ambiente marino ed ambiente terrestre. – Progetto 2002*”
- SIA 2002, PP3R-C30-003.pdf “*Componente Vegetazione Flora Fauna– Progetto 2002*”
- Simmonds M., Nunny L. 2002. Cetacean habitat loss and degradation in the Mediterranean Sea. In: G. Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies. A report to the ACCOBAMS Secretariat*, Monaco, February 2002. Section 7, 23 pp.
- Sitran R., Bergamasco A., Decembrini F. & Letterio G., 2007 - Temporal succession of tintinnids in the northern Ionian Sea, Central Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 29 (6): 495-508
- Smith T.G., Geraci J.R., St. Aubin D.J. 1983. Reaction of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, Eurolink S.C.p.A.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

to a controlled oil spill. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 40:1522-1525.

- Smultea M.A., Würsig B. 1995. Behavioral reactions of bottlenose dolphins to the Mega Borg oil spill. Aquatic Mammals 21:171-182.
- Sparla M.P. & Guglielmo L., 1992 – Distribuzione del microzooplancton nello Stretto di Messina (Estate 1990). Atti 10° Congr. A.I.O.L.,: 307-325.
- Sperone E., Micarelli P., Cugliari D.P., Coppola F., Paolino S., Aloise G., Paolillo G., Tripepi S., 2007 - Elasmobranchs of Calabria (southern Italy): a preliminary report. 11<sup>th</sup> European Elasmobranch Association, Brest (France) 23-26 novembre 2007, 58.
- Sperone E., Parise G., Leone A., Paolillo G., Micarelli P., Tripepi S., 2009 – Spatiotemporal patterns of distribution of pelagic sharks in Calabria (Central Mediterranean, South Italy). 13<sup>th</sup> European Elasmobranch Association, Palma de Mallorca (Spain) 19-22 novembre 2009, 83.
- Sperone E., Parise G., Leone A., Milazzo C., Circosta V., Santoro G., Paolillo G., Micarelli P., Tripepi S. – 2012. Spatio-temporal patterns of distribution of large predatory sharks in Calabria (Central Mediterranean, Southern Italy). Acta Adriatica, 53 (1).
- Southall B.L., Bowles A.E., Ellison W.T., Finneran J.J., Gentry R.L., Greene C.R.Jr., Kastak D., Ketten D.R., Miller J.H., Nachtigall P.E., Richardson W.J., Thomas J.A., Tyack P.L. – 2007. Marine Mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations. Aquatic Mammal, 33(4), 411-414.
- Tethys, 2006 - Studio di settore e del connesso monitoraggio *ante operam* relativo ai flussi migratori dei cetacei attraverso lo Stretto di Messina. Rapporto finale. Istituto Tethys, Milano. 7 luglio 2006.
- UNEP. 1996. State of the Marine and Coastal Environment in the Mediterranean Region. MAP Technical Report Series No. 100. UNEP, Athens.
- Wartzok D., Popper A.N., Gordon J., Merrill J. 2003. Factors affecting the responses of marine mammals to acoustic disturbance. Marine Technology Society Journal 37:6-15.
- Wells R.S. 1991. The role of long-term study in understanding the social structure of bottlenose dolphin community. In: K. Pryor e K.S. Norris (Eds.), Dolphin societies: discoveries and puzzles. University of California Press, Berkeley, CA. pp. 199-225.
- Wells R.S., Scott M.D., Irvine A.B. 1987. The social structure of free-ranging bottlenose dolphins. In: H.H. Genoways, Current Mammalogy Vol. I. Plenum Press, New York and London. pp. 247-305.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

Würsig B., Greene C.R., Jefferson T.A. 2000. Development of an air bubble curtain to reduce underwater noise of percussive piling. *Marine Environmental Research* 49:79-93.

Zampino D., Di Martino V., 2000. Presentazione cartografica dei popolamenti a Laminariales dello Stretto di Messina. *Biologia Marina Mediterranea*, 7 (1): 599-602.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

## Allegato 1

### 14 Effetto dell'ombra diurna del ponte sul mare. Ambiente marino.

#### 14.1 Premessa

Nel seguito si forniscono gli elementi di conoscenza e valutazione della problematica conseguente all'introduzione dell'ombra delle strutture dell'opera di attraversamento e riguardante le implicazioni potenzialmente negative che tale ombra potrebbe produrre sull'ambiente marino.

L'approfondimento, che ha consentito di confermare e consolidare quelli che sono stati gli esiti del SIA relativamente alla stima degli impatti dell'opera sulle componenti fauna, flora ed ecosistemi marini, costituisce la risposta, in termini di integrazione, alla richiesta di approfondimento avanzata dalla Commissione VIA Speciale nell'ambito dell'istruttoria sul Progetto Definitivo (Richiesta n. 34 ....).

Considerata la tematica e gli obiettivi dello studio, questo è stato sviluppato analizzando e mettendo in relazione tra loro i seguenti aspetti di carattere generale e particolare:

- Ruolo della radiazione solare nell'ecosistema marino;
- *Modalità di penetrazione e diffusione della luce solare nel mare;*
- *L'ombra del ponte sulla superficie del Mare – analisi dell'alterazione delle condizioni di esposizione solare della superficie di mare sottoposta a schermatura da parte delle strutture dell'opera;*
- Caratteristiche e sensibilità specifica del contesto marino interessato dall'ombra delle strutture del Ponte.
- La valutazione delle ricadute dell'ombra del Ponte sull'ambiente marino

#### 14.2 Ruolo della radiazione solare nell'ecosistema marino

La luce solare che raggiunge la superficie marina ha una composizione e una intensità che variano in funzione della stagione, dell'ora, della latitudine e delle condizioni meteorologiche.

Le radiazioni luminose sono assorbite dall'acqua marina in modo diverso a seconda della lunghezza d'onda: sebbene la luce solare sia composta da tutti i colori dello spettro visibile, il mare è per lo più trasparente alla luce blu; tutti gli altri colori vengono assorbiti in misura maggiore,

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> <i>AMV0243_F0.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>31/05/2012</i>

cosicchè, man mano che la profondità aumenta, un numero sempre più elevato di colori si estingue, finchè, oltre una certa profondità, permane solo il blu.

Quando la radiazione luminosa si propaga nell'acqua la sua intensità decresce in modo esponenziale: dopo i primi 50 centimetri della superficie del mare, la radiazione incidente si riduce di almeno il 50%. L'1% penetra al massimo fino a 200 metri, e la completa oscurità domina il fondo degli oceani. In rapporto alla penetrazione della luce si distingue una zona fotica (illuminata) superficiale, ed una afotica più profonda. La profondità limite fra le due zone si trova fra i 100 e i 200 metri. Ovviamente, più l'acqua è torbida, più si attenua l'illuminazione.

Prima conseguenza dell'assorbimento delle radiazioni luminose da parte degli strati più superficiali è la mancanza, nelle acque profonde, di vegetazione, poiché, per compiere la fotosintesi è indispensabile la luce. Quindi le caratteristiche di illuminazione e trasparenza delle acque determinano una differente ripartizione verticale degli organismi vegetali e animali.

Molte specie animali hanno abitudini di vita influenzate dalla quantità di luce presente nell'acqua, e sono maggiormente attive quando la luce ha raggiunto una intensità per loro ottimale. L'importanza di questi comportamenti fisiologici legati al variare della intensità luminosa è notevole anche per le conseguenze sulla pesca.

La luce è, quindi, fondamentale in quanto non solo è principalmente fonte di energia per i processi fotosintetici, ma è anche elemento che condiziona una serie di fenomeni quali la riproduzione, lo sviluppo e le migrazioni mediante i propri ritmi circadiani ed è componente principale dell'ambiente percettivo (visione) della fauna marina.

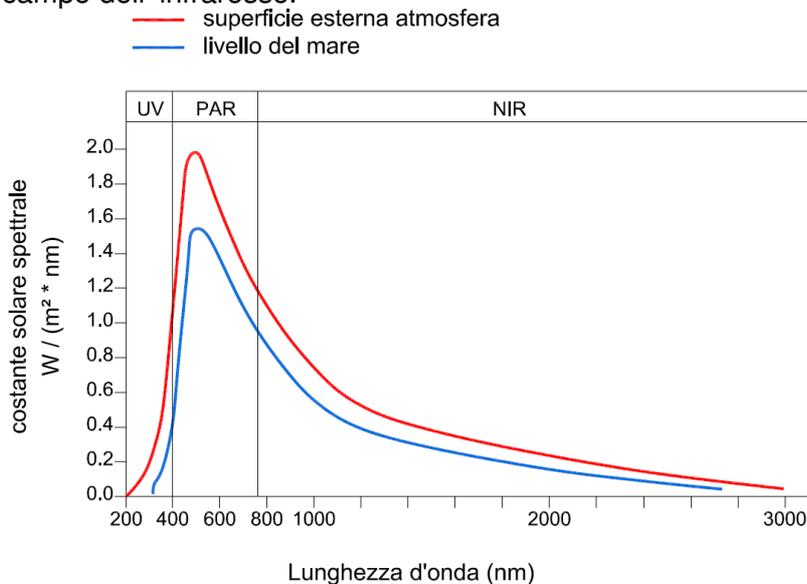
### **14.3    *Modalità di penetrazione e diffusione della luce solare nel mare***

Nel presente paragrafo si analizza brevemente il comportamento della radiazione solare all'interno dell'ambiente marino con l'obiettivo di definire la modalità di penetrazione e diffusione della luce solare nei volumi d'acqua posti al di sotto della superficie marina.

La radiazione solare, una volta in atmosfera e prima di raggiungere la superficie marina, è soggetta ad alcuni fenomeni che determinano una progressiva riduzione della sua intensità: la "diffusione" (o scattering), prodotta dallo scontro dei raggi solari con i gas e le polveri presenti nell'aria, e l'"assorbimento", che viene operato dalle molecole di vapore acqueo, di ossigeno e di CO<sub>2</sub> a cui i fotoni intercettati cedono la loro energia. Tali fenomeni, ovviamente, sono tanto più rilevanti quanto più elevato è il livello di copertura del cielo e lo spessore dell'atmosfera che la radiazione solare deve attraversare per raggiungere la superficie del mare (spessore, questo, che varia in funzione dell'ora, del periodo dell'anno ed della latitudine di riferimento) ed, inoltre, agiscono con maggiore o minore efficacia a secondo delle diverse lunghezze d'onda di cui si

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

compone la radiazione solare: maggiore nel campo dell'ultravioletto e del visibile; minore nel campo dell'infrarosso.



**Figura 1 – confronto spettro radiazione solare misurato al limite esterno dell'atmosfera ed a livello del mare**

Della radiazione residua che entra in contatto con la superficie del mare una parte, più o meno rilevante in relazione soprattutto al moto ondoso, è soggetta a “**riflessione**”. La porzione di radiazione riflessa sul totale della radiazione incidente, da un minimo di circa il 3,5%, può raggiungere, in caso di mare particolarmente agitato, anche il 20%.

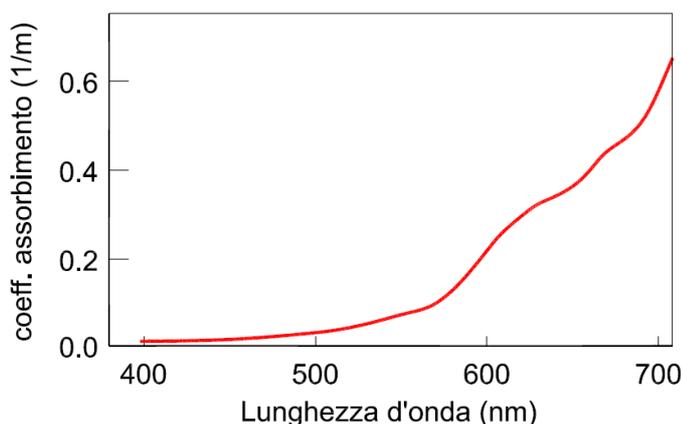
I raggi solari non riflessi e, pertanto, destinati a penetrare il volume d'acqua, a contatto con il mezzo acquatico subiscono una variazione della velocità di propagazione e della direzione; variazione, questa, causata dal fenomeno della “**rifrazione**”. L'angolo di rifrazione, oltre che rispetto all'angolo di incidenza del raggio solare, varia anche in relazione alla lunghezza d'onda, provocando, di fatto, una scomposizione in frequenza della radiazione solare.

I raggi rifratti, nel penetrare la massa d'acqua, sono sottoposti a loro volta a fenomeni di assorbimento e scattering che ne riducono progressivamente ed in modo rilevante (molto più di quanto avvenga in atmosfera) l'intensità e che ne alterano la composizione spettrale.

L'assorbimento selettivo della luce operato dalle molecole d'acqua cresce in modo lineare rispetto alla lunghezza d'onda. Le lunghezze d'onda di dimensione maggiore, man mano che la radiazione penetra il volume d'acqua, vengono assorbite più rapidamente; quelle di dimensione minore, più energetiche, penetrano in profondità con maggiore efficacia. Ciò fa sì che le lunghezze d'onda del campo del visibile che corrispondono al rosso (tra i 620 ed i 780 nm) già a 15 metri risultano completamente assorbite, mentre quelle corrispondenti al blu (tra i 450 ed i 475 nm) riescono a

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

penetrare maggiormente le profondità marine.



**Figura 2 – coefficiente di assorbimento spettrale dell'acqua pura - grafico**

Oltre alle molecole d'acqua, contribuiscono ai principali processi selettivi di attenuazione verticale per assorbimento della radiazione solare i detriti organici, i detriti inorganici ed il fitoplancton con le seguenti modalità:

- i detriti organici (comunemente indicati come sostanza gialla) tendono ad assorbire maggiormente le lunghezze d'onda più piccole, tra cui la radiazione che corrisponde al blu.
- il fitoplancton ed i detriti inorganici, rispetto alle modalità di assorbimento delle diverse lunghezze d'onda, si comportano in modo variabile in relazione alla loro composizione specifica.

Mentre la quota di assorbimento totale attribuibile alle molecole d'acqua non muta al variare del corpo idrico, quella relativa alle altre componenti (materia gialla, detriti inorganici e fitoplancton) è, invece, variabile a secondo delle caratteristiche, specifiche del tipo di mare, di densità e composizione del particolato vivente e non vivente.

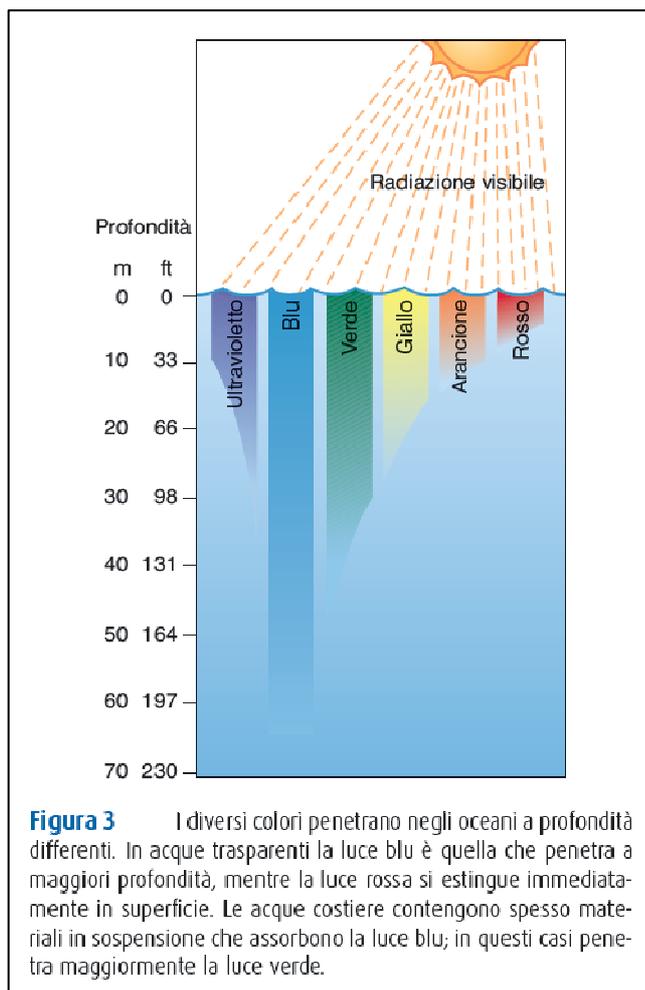
Per ciò che concerne il fenomeno dello scattering, il contributo prevalente alla diffusione della radiazione solare in acqua è dato dal particolato, in quanto l'acqua contribuisce al fenomeno in misura assai limitata. Tuttavia, mentre la diffusione prodotta dal particolato è rivolta comunque verso il basso (solo il 2% viene diffusa in direzione della superficie), una parte significativa e costante della radiazione diffusa dall'acqua viene rinviata verso l'alto dando origine al fenomeno di backscattering o retrodiffusione.

Il campo di luce presente subito al di sotto della superficie marina ripropone, a meno della quota di

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

radiazione riflessa, più o meno lo stesso contenuto energetico e composizione spettrale della radiazione incidente sulla superficie. Di questa una metà circa si compone di radiazione infrarossa; radiazione che viene completamente assorbita e trasformata in calore dal primo strato d'acqua di circa mezzo metro. Al di sotto di tale strato, un terzo della radiazione è costituita dalla banda appartenente al campo del visibile che si estende tra l'arancione ed il rosso. Anche queste lunghezze d'onda (comprese tra 600 e 700 nm), anche se in misura minore rispetto all'infrarosso, subiscono una rapida attenuazione che determina la loro quasi completa estinzione già a circa 10 metri di profondità. Pertanto, raggiunge lo strato posto a dieci metri quota appena un terzo dell'energia luminosa che penetra al di sotto della superficie del mare. A 20 metri di profondità la composizione spettrale della radiazione è limitata al campo compreso tra i 400 ed i 500 nm (verde - blu).

Il grafico in basso (Castro & Huber, 2011) schematizza in modo indicativo la profondità di



penetrazione della radiazione luminosa in funzione della lunghezza d'onda.

Va in ogni caso considerato che le modalità di penetrazione della radiazione solare nel mare varia in modo estremamente significativo in relazione al tipo di acqua. Le acque oceaniche più povere di materiale organico hanno, infatti, un fattore di attenuazione relativamente molto basso; mentre nelle acque più ricche di nutrienti e più torbide, l'intensità della radiazione si attenua più velocemente. Una elevata variabilità si riscontra soprattutto, per quanto riguarda le radiazioni ad onde corte, più sensibili al livello di densità di materiale organico; mentre per le frequenze più basse, ove il fattore di attenuazione imputabile alle molecole d'acqua prevale, questa differenza tra corpi idrici è meno rilevante.

In tal senso, nel grafico in basso è rappresentata la perdita percentuale per attenuazione verticale al metro in funzione della lunghezza d'onda a secondo dei diversi

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

tipi di acqua: I = acqua oceanica estremamente chiara; II = acqua oceanica tropicale / subtropicale; III = acqua Oceanica a latitudini temperate. 1-9 = Acque costiere caratterizzate da diversi gradi di torbidità (Jerlov, 1951).

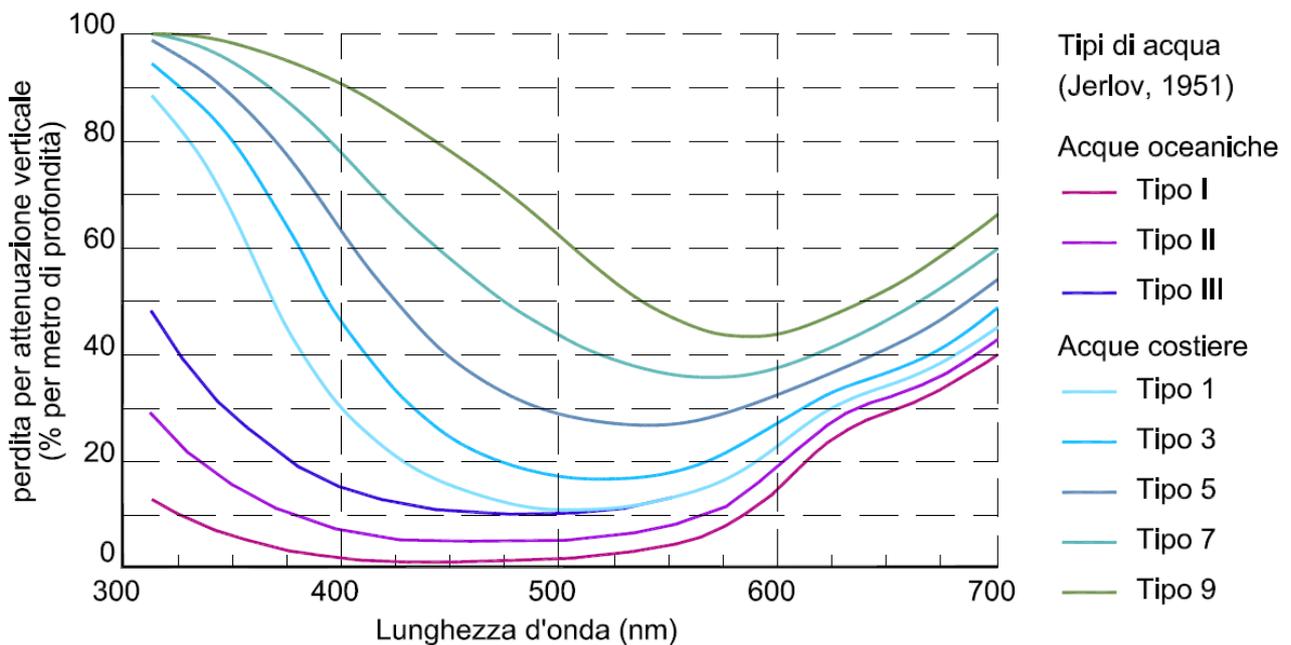


Figura 3

Per effetto dei fenomeni sopradescritti, la radiazione solare viene progressivamente attenuata in misura esponenziale secondo la seguente relazione

$$I(z) = I_0^{-\eta z}$$

Dove

**z** = profondità di riferimento (m)

**I(z)** = radiazione residua a profondità z (W/m<sup>2</sup>)

**I<sub>0</sub>** = radiazione incidente sulla superficie del mare priva della quota di radiazione riflessa (W/m<sup>2</sup>)

e con

**η** = coefficiente di estinzione verticale (m<sup>-1</sup>)

Il coefficiente di estinzione verticale - che può essere riferito ad una specifica regione spettrale o

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

all'intero spettro (coefficiente di estinzione verticale medio), - è un parametro caratteristico, correlato al contenuto di materiale organico e livello di torpidità delle acque, che riassume in se i coefficienti di assorbimento e diffusione delle diverse componenti dell'acqua di mare (acqua, materia gialla, detriti inorganici e fitoplancton).

Per valutare le caratteristiche di attenuazione della radiazione solare di un corpo idrico può essere utilizzato il Disco di Secchi; strumento, questo, impiegato principalmente per stimare il livello di trasparenza delle acque e grazie al quale è possibile ricavare, con un certo grado di approssimazione, il coefficiente di estinzione. Il metodo di misura, che si basa sulla capacità dell'occhio umano di percepire variazioni anche minime di intensità della luce, consiste nell'immergere un disco di metallo del diametro di 30 cm, in genere verniciato di bianco, agganciato ad una cima graduata e zavorrato (per consentire l'immersione verticale dello strumento), registrando la profondità in cui il disco scompare alla vista e la profondità a cui torna ad essere visibile. La media tra le due misurazioni fornisce il valore di trasparenza espresso in metri ( $T_{ds}$ ). Esiste una relazione, che lega il valore di trasparenza misurato con il Disco di Secchi ed il coefficiente di estinzione verticale medio ( $\eta_{med}$ ):

$$T_{ds} * \eta = K$$

Con **K** parametro dimensionale, valutato empiricamente, che, nel caso dell'acqua di mare, è compreso tra 1,4 e 1,7.

La trasparenza misurata con il Disco di Secchi consente, inoltre, di valutare in modo approssimato anche lo spessore dello strato eufotico, stimato empiricamente a circa  $2,5 * T_{ds}$ .

#### **14.4 Analisi dell'ombra del Ponte**

Come detto in premessa, l'approfondimento è finalizzato alla valutazione delle ricadute negative prodotte dall'ombra dell'impalcato del ponte sulla fascia di mare sottostante; sia in termini energetici (in riferimento, in particolare, alle potenziali ripercussioni sui processi fotosintetici), sia in termini percettivi (in riferimento alle possibili alterazioni comportamentali della fauna marina).

A supporto di tali valutazioni sono state condotte delle modellazioni previsionali, simulando la presenza dell'opera nel contesto, con le quali è stato possibile stimare la variazione del livello di irraggiamento e di esposizione alle luce solare diretta della superficie di mare interferita.

Tali stime, sebbene riferite prevalentemente alle condizioni di irraggiamento ed ombreggiamento dello strato marino superficiale, consentono (unitamente alle considerazioni effettuate nel capitolo riguardante le modalità di penetrazione e diffusione delle radiazione solare nell'ambiente marino) di caratterizzare l'entità del disturbo prodotto.

A tale scopo sono state effettuate due tipologie di elaborazioni:

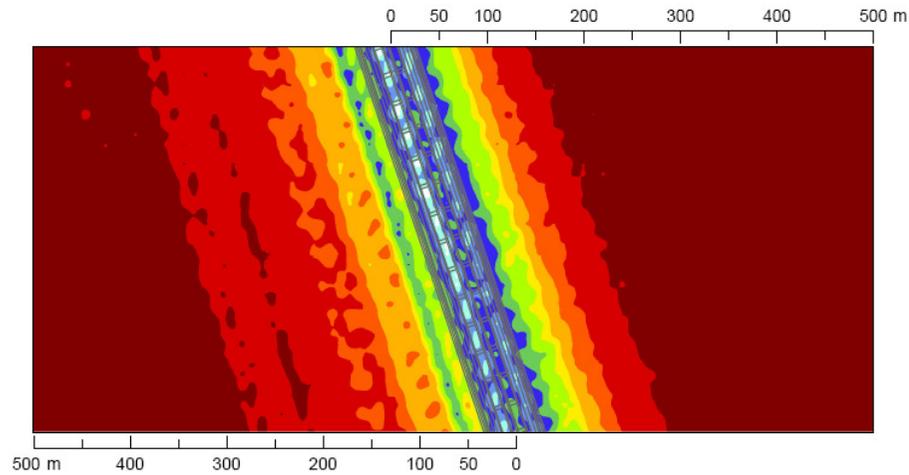
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> PROGETTO DEFINITIVO		
RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

- analisi di irraggiamento.
- analisi di ombreggiamento;

#### 14.4.1 Analisi di irraggiamento.

Questo tipo di analisi fornisce indicazioni circa la variazione attesa del livello di irraggiamento solare sulla fascia di mare sottostante l'opera con lo scopo di caratterizzare la problematica dell'ombra in relazione ai potenziali effetti sui processi fotosintetici della riduzione nell'ambiente marino dell'apporto energetico solare.

In particolare sono state stimate su una griglia di punti (con densità 1m x 1m) riferita ad una sezione tipologica, trasversale all'impalcato e rappresentativa della fascia di mare a cavallo dell'infrastruttura, la radiazione solare diretta (che presenta una maggiore capacità di penetrare il volume d'acqua e raggiungere, così, gli strati più profondi) e la radiazione solare fotosinteticamente attiva (photosynthetically active radiation - PAR). I dati sono stati successivamente rielaborati ed interpolati allo scopo di realizzare delle carte tematiche, riferite alle quattro stagioni e all'anno, che riportano entità e distribuzione della radiazione media giornaliera (Diretta e PAR) con la relativa perdita percentuale imputabile all'ombra del ponte.



**Analisi di irraggiamento**

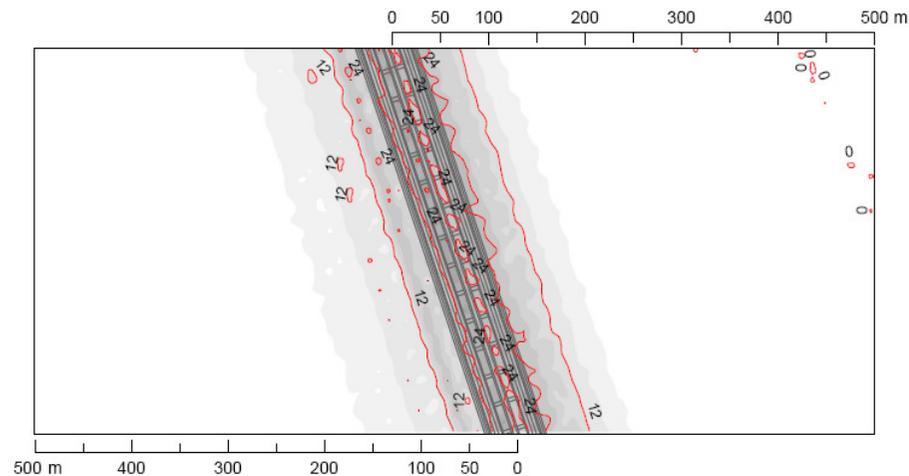
Radiazione solare diretta

PERIODO DI CALCOLO: AUTUNNO

Irraggiamento medio giornaliero in Wh/mq



min = 850.11 Wh/mq - max = 1365.38 Wh/mq

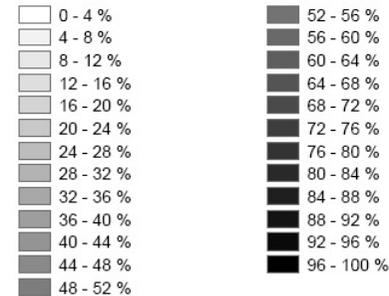


**Analisi di irraggiamento**

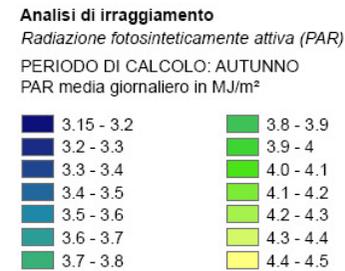
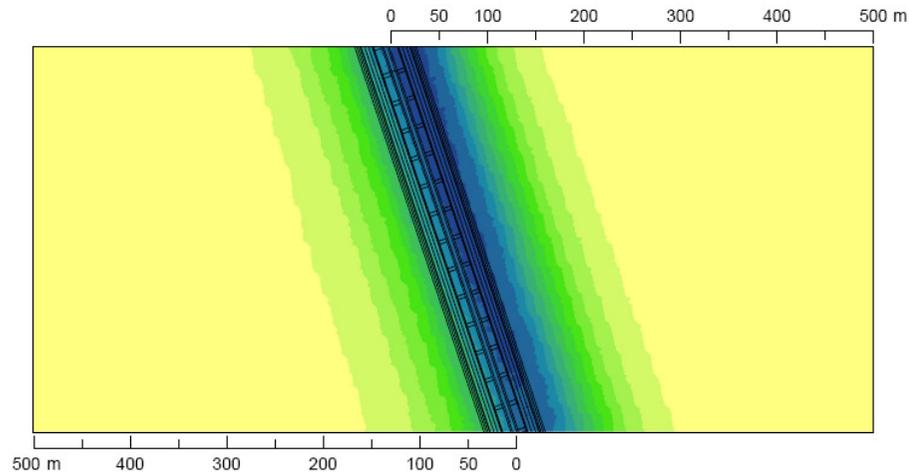
Radiazione solare diretta

PERIODO DI CALCOLO: AUTUNNO

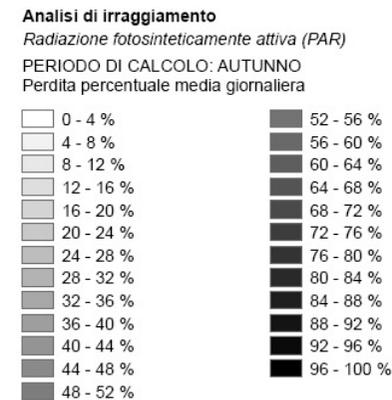
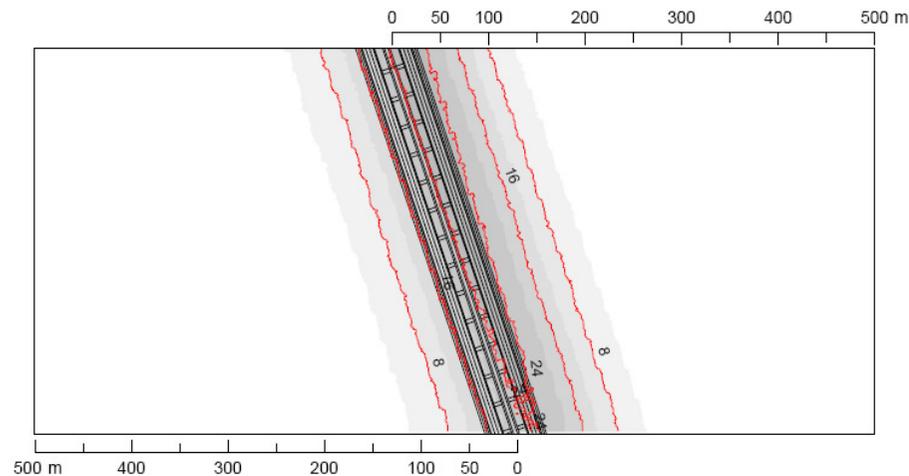
Perdita percentuale media giornaliera



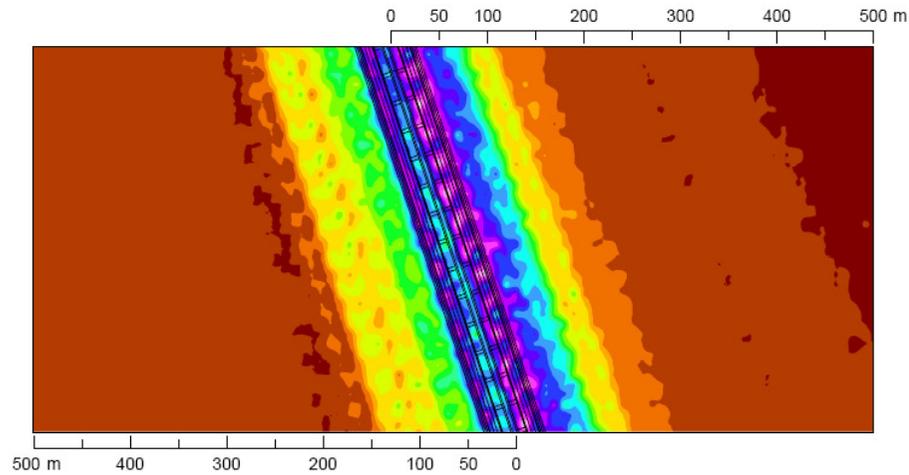
max = 37,7 %



min = 3.15 MJ/m<sup>2</sup> - max = 4.49 MJ/m<sup>2</sup>



max = 29,8 %

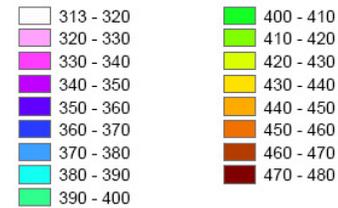


**Analisi di irraggiamento**

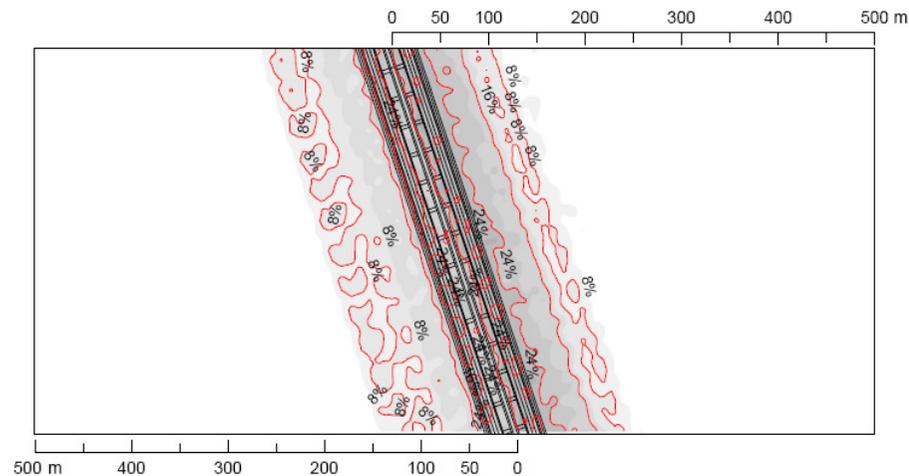
*Radiazione solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: INVERNO

Irraggiamento medio giornaliero in Wh/mq



*min* = 313.24 Wh/mq - *max* = 470.99 Wh/mq

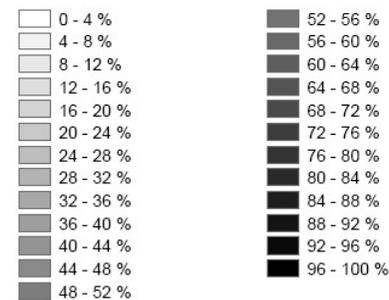


**Analisi di irraggiamento**

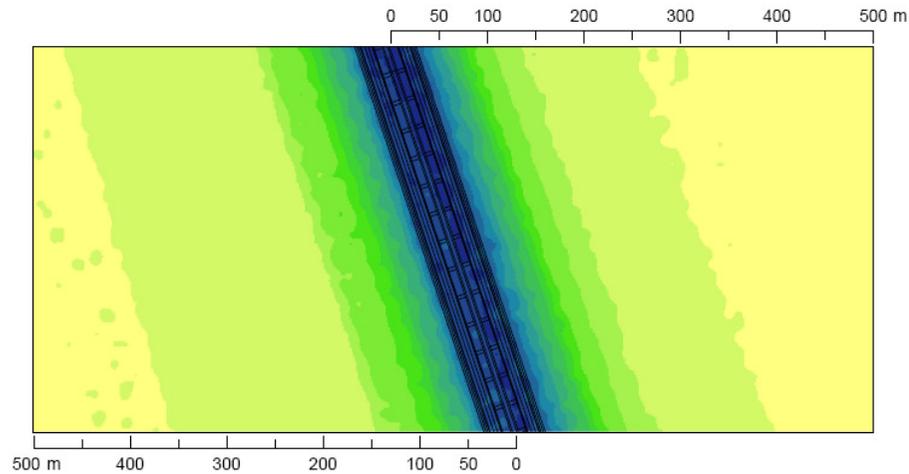
*Radiazione solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: INVERNO

Perdita percentuale media giornaliera



*max* = 33,38 %

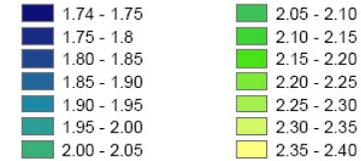


**Analisi di irraggiamento**

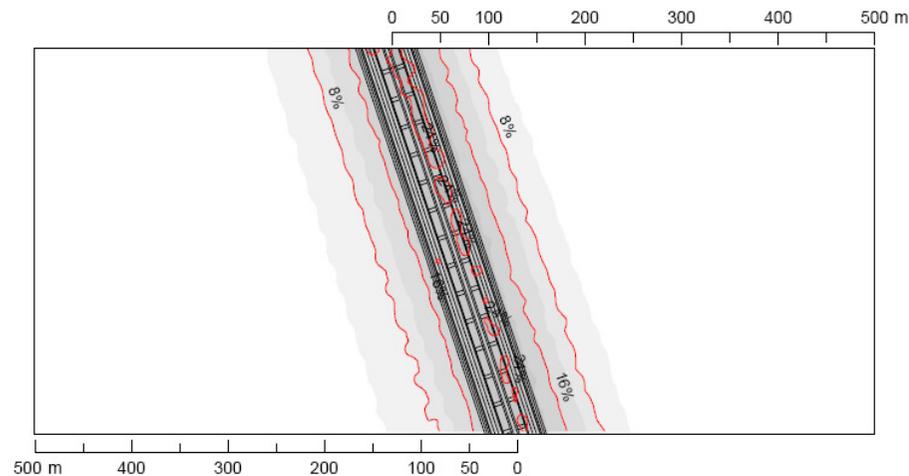
Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)

PERIODO DI CALCOLO: INVERNO

PAR media giornaliero in MJ/m²



min = 1.746 MJ/m² - max = 2.357 MJ/m²

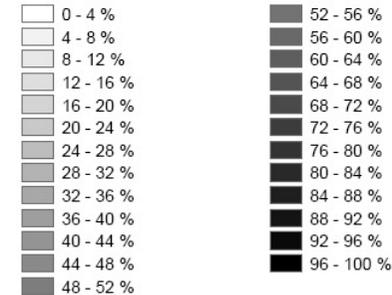


**Analisi di irraggiamento**

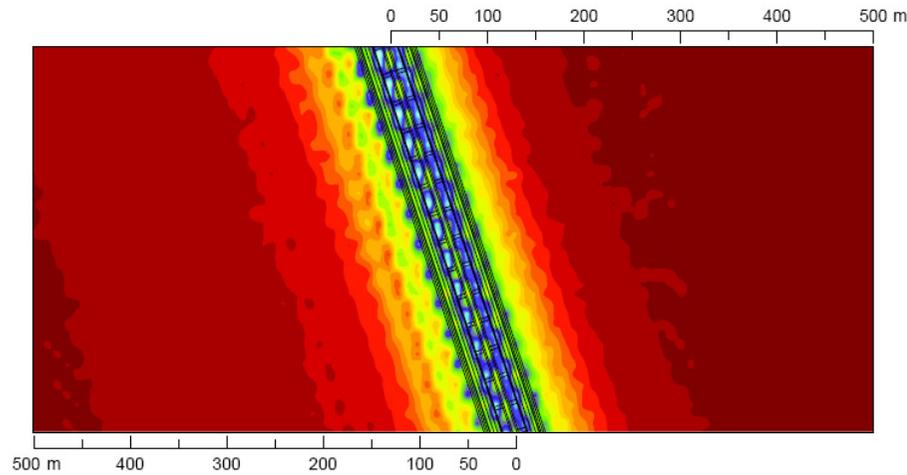
Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)

PERIODO DI CALCOLO: INVERNO

Perdita percentuale media giornaliera



max = 25,9 %

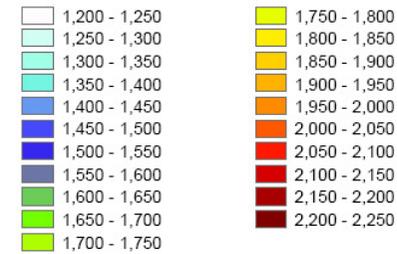


**Analisi di irraggiamento**

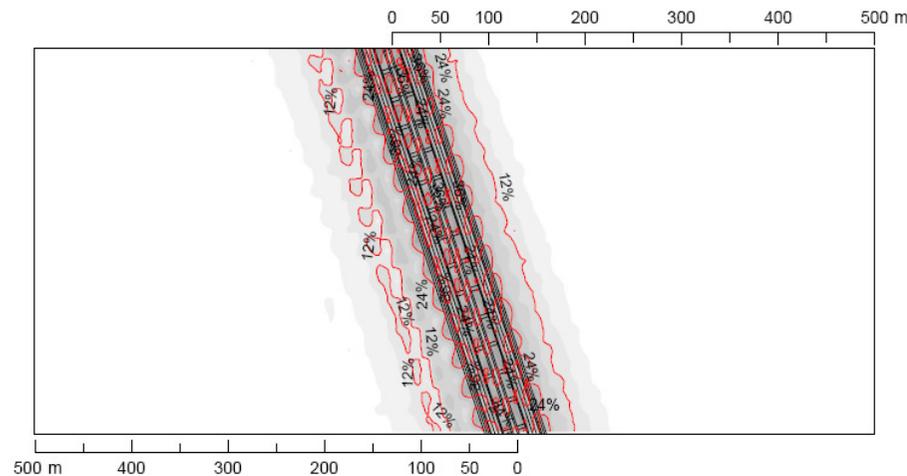
*Radiazione solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: PRIMAVERA

Irraggiamento medio giornaliero in Wh/mq



min = 313.24 Wh/mq - max = 470.99 Wh/mq

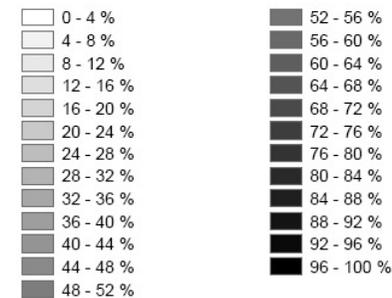


**Analisi di irraggiamento**

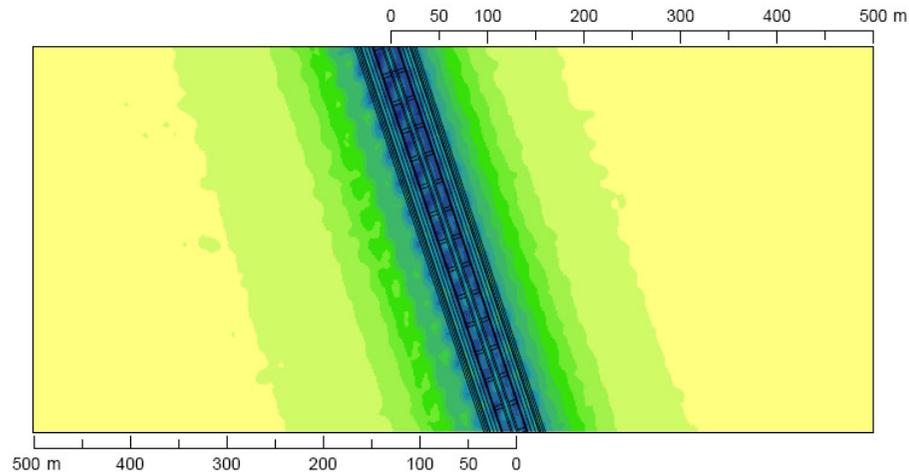
*Radiazione solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: PRIMAVERA

Perdita percentuale media giornaliera



max = 45,27 %

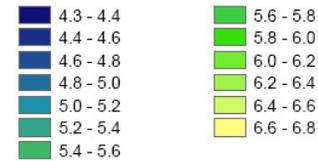


**Analisi di irraggiamento**

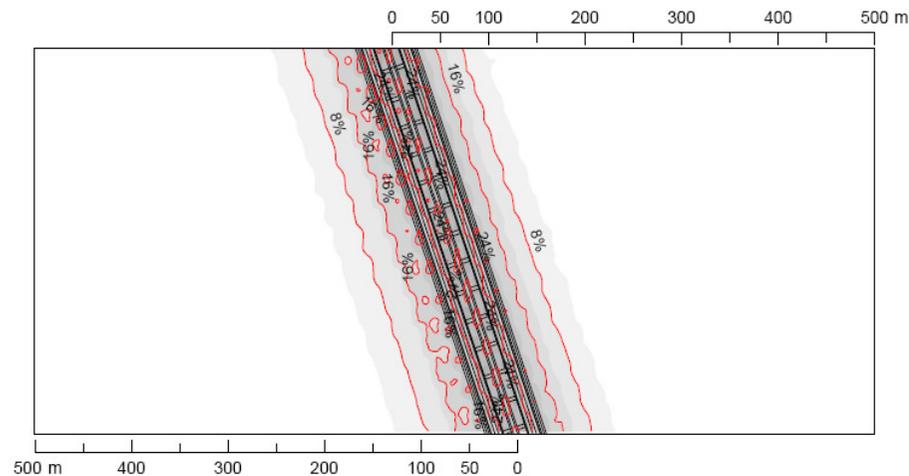
Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)

PERIODO DI CALCOLO: PRIMAVERA

PAR media giornaliero in MJ/m²



min = 4.378 MJ/m² - max = 6.647 MJ/m²

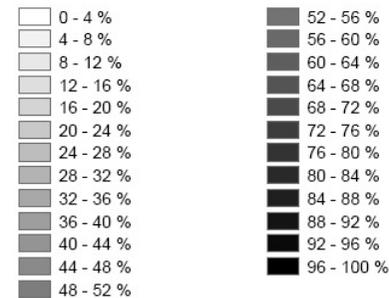


**Analisi di irraggiamento**

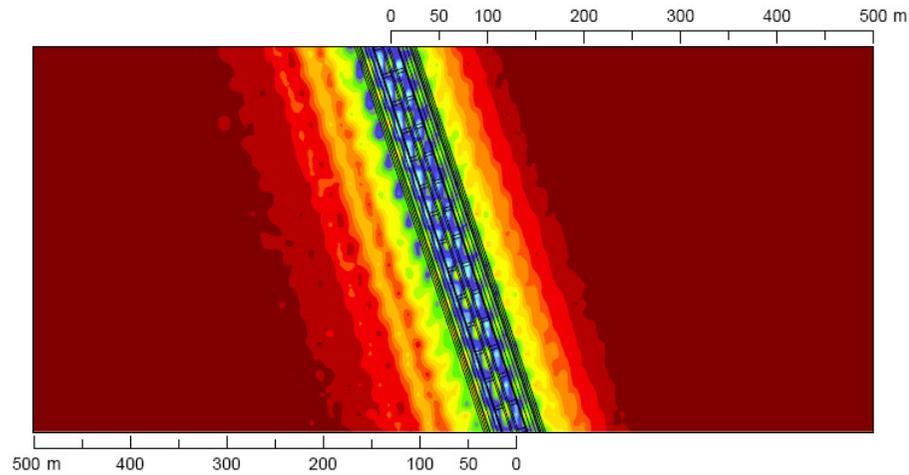
Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)

PERIODO DI CALCOLO: PRIMAVERA

Perdita percentuale media giornaliera



max = 34,13 %



**Analisi di irraggiamento**

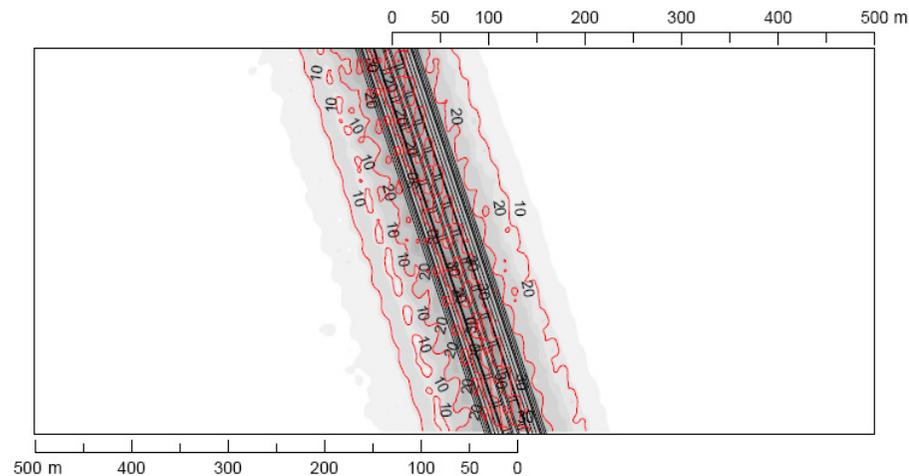
Radiazione solare diretta

PERIODO DI CALCOLO: ESTATE

Irraggiamento medio giornaliero in Wh/mq



min = 2,135.67 Wh/mq - max = 3,780.96 Wh/mq

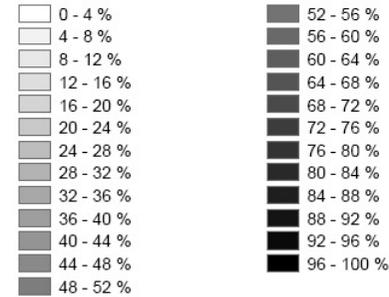


**Analisi di irraggiamento**

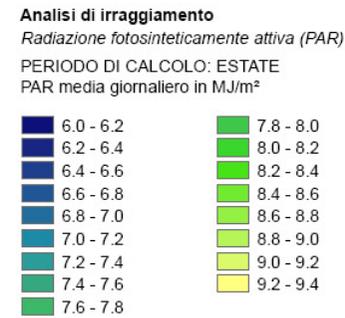
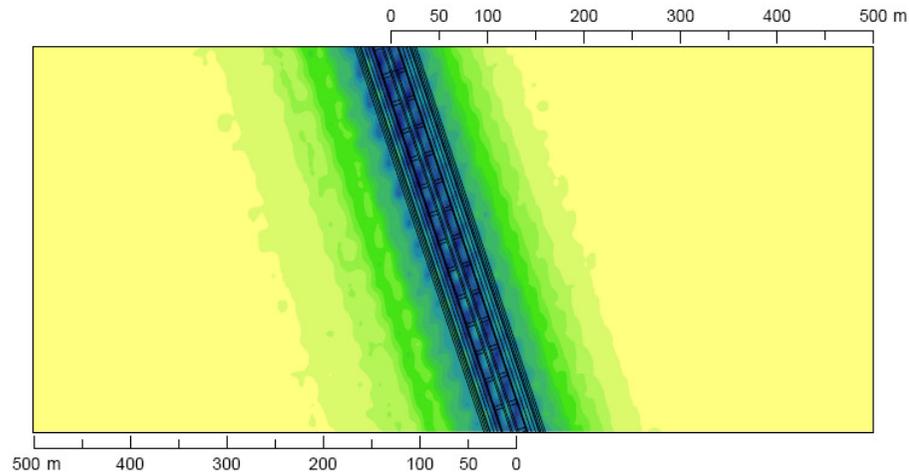
Radiazione solare diretta

PERIODO DI CALCOLO: ESTATE

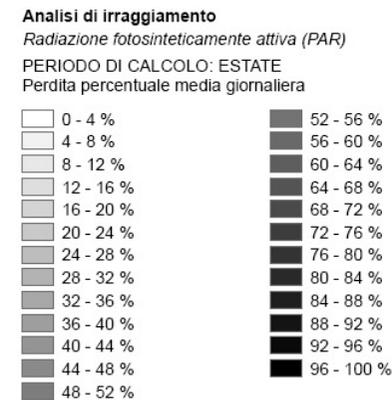
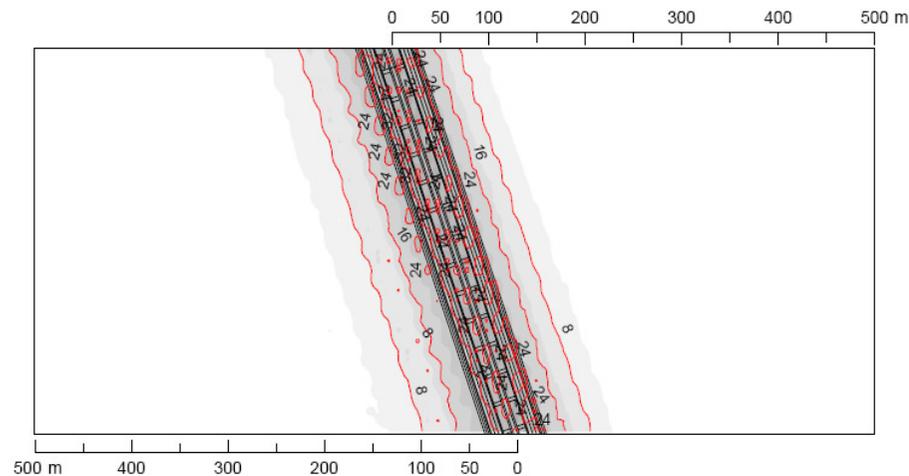
Perdita percentuale media giornaliera



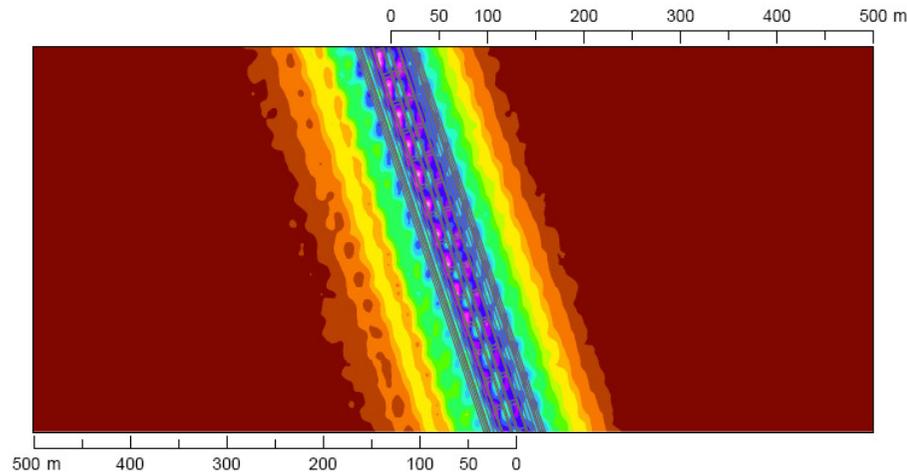
max = 43,5 %



min = 6.054 MJ/m<sup>2</sup> - max = 9.344 MJ/m<sup>2</sup>



max = 35,2 %



**Analisi di irraggiamento**

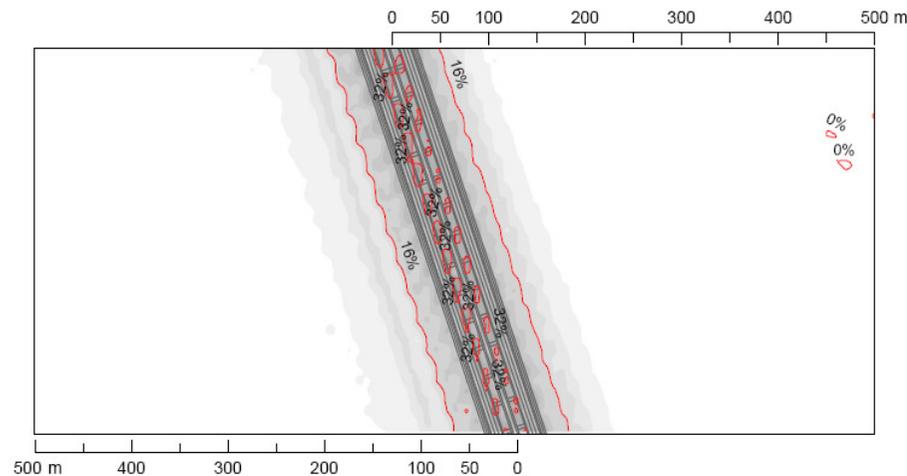
Radiazione solare diretta

PERIODO DI CALCOLO: ANNO

Irraggiamento medio giornaliero in Wh/mq



min = 1.195.40 Wh/mq - max = 1964.58 Wh/mq

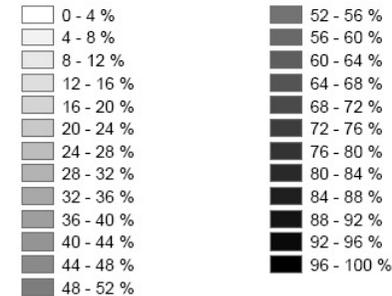


**Analisi di irraggiamento**

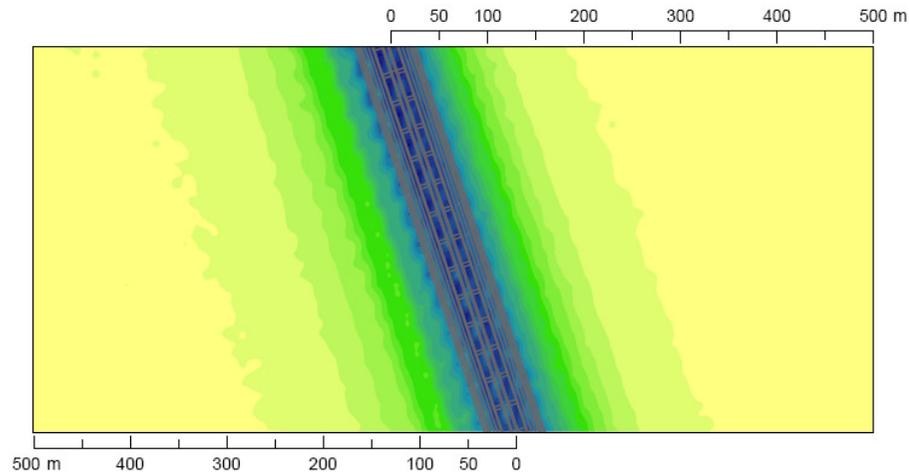
Radiazione solare diretta

PERIODO DI CALCOLO: ANNO

Perdita percentuale media giornaliera



max = 39,15 %

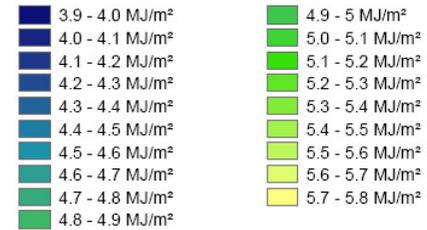


**Analisi di irraggiamento**

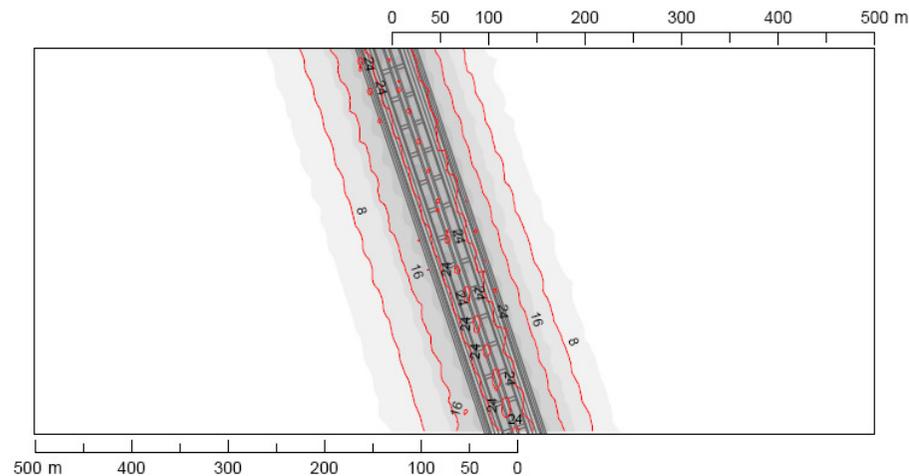
Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)

PERIODO DI CALCOLO: ANNO

PAR media giornaliero in MJ/m²



min = 3.9228 MJ/m² - max = 5.7316 MJ/m²

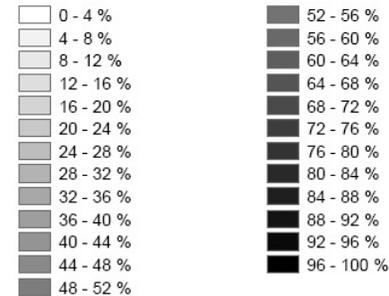


**Analisi di irraggiamento**

Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR)

PERIODO DI CALCOLO: ANNO

Perdita percentuale media giornaliera



max = 31,45 %

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

L'analisi effettuata mette in evidenza come, nel periodo più sfavorevole (in primavera), la perdita energetica per effetto dell'ombra del Ponte si attesti sul valore significativo del 25 % già a ridosso della proiezione dell'opera. Man mano che ci si allontana dall'impronta dell'infrastruttura la perdita decade rapidamente. Mentre al di sotto dell'impalcato, sebbene se all'interno di una fascia particolarmente ristretta, si raggiungono valori di perdita energetica compresi tra il 33% (in inverno) ed il 45% (in estate) della radiazione altrimenti incidente.

Le percentuali di perdita energetica si rivelano sensibilmente inferiori se si considera esclusivamente la radiazione solare appartenente alla banda fotosinteticamente attiva. In questo caso le perdite imputabili all'effetto schermatura del ponte, nella peggiore delle condizioni, non superano il 35.2%.

Nel ribadire che la stima previsionale qui effettuate ed analizzata è riferita all'irraggiamento atteso al livello del mare, si osserva che, ai fini dell'obiettivi del presente studio, il dato relativo alla perdita energetica percentuale può essere esteso, in via approssimativa ed assolutamente cautelativa, anche allo strato marino superficiale. Per quanto riguarda, invece, gli strati più profondi vale la pena evidenziare che, in considerazione dell'incidenza della schermatura dell'infrastruttura in relazione alla profondità (vedi i diagrammi solari nel capitolo relativo all'analisi di ombreggiamento) e dei fenomeni diffusivi a cui è soggetta la radiazione solare nel penetrare l'acqua, la perdita energetica risulta, al crescere della profondità, progressivamente meno significativa.

#### **14.4.2 Analisi di Ombreggiamento**

Sempre con l'obiettivo di valutare il disturbo prodotto dall'ombra del Ponte, sono state effettuate ulteriori elaborazioni che hanno fornito indicazioni circa il disturbo di tipo percettivo legato all'alterazione delle condizioni di esposizione al sole (e quindi di luminosità naturale). Nello specifico sono stati calcolati su una griglia di punti riferita ad una sezione tipologica trasversale all'impalcato (rappresentativa della fascia di mare a cavallo dell'infrastruttura), i tempi di ombreggiamento e di esposizione per ognuna delle quattro stagioni dell'anno. I dati stimati sono stati ulteriormente elaborati ed è stata prodotta una carta tematica in cui viene data evidenza all'entità e distribuzione spaziale del disturbo prodotto, classificando ogni singolo punto dell'ambito indagato in funzione della percentuale del tempo in cui esso risulta esposto al sole.

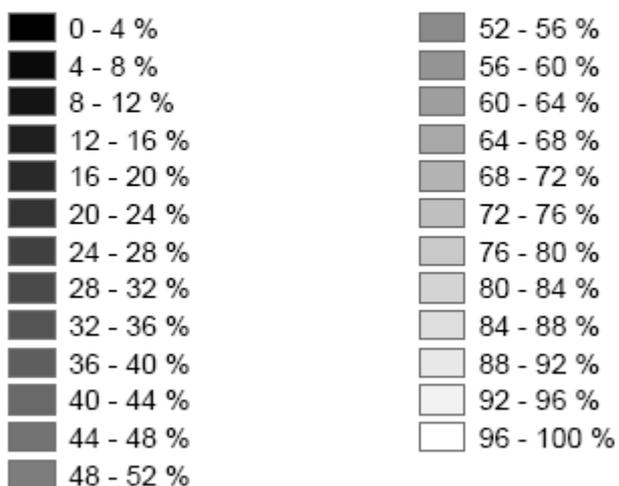
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### Analisi di ombreggiamento

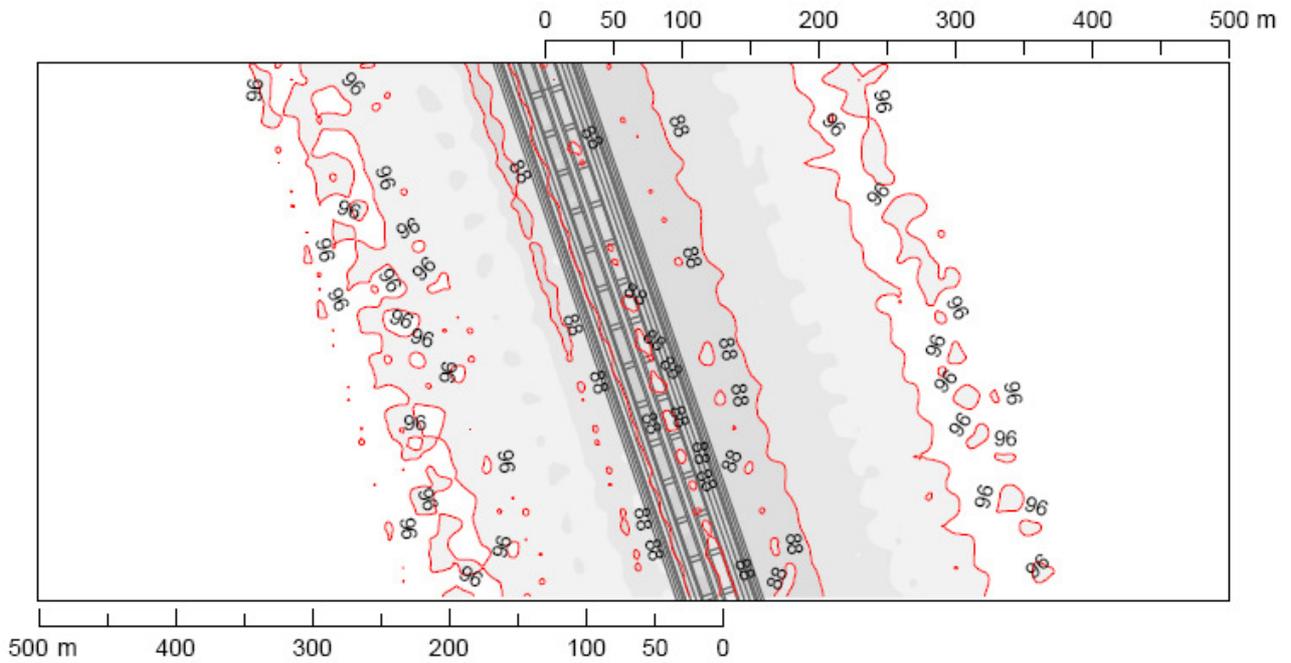
*Esposizione alla luce solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: AUTUNNO

Tempo di esposizione - % sul totale delle ore di sole



*min = 80,43 %*



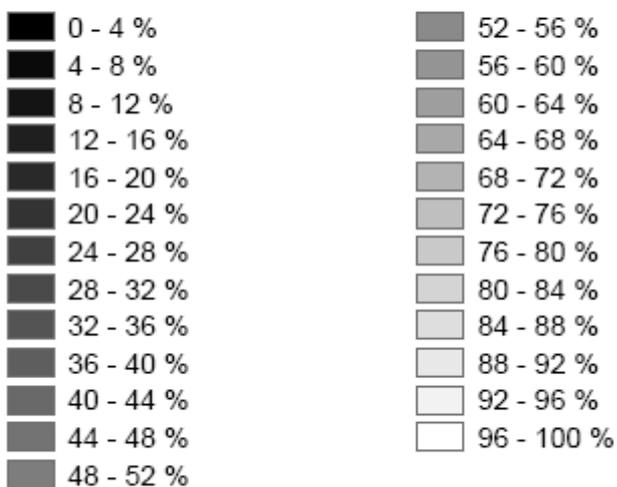
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### Analisi di ombreggiamento

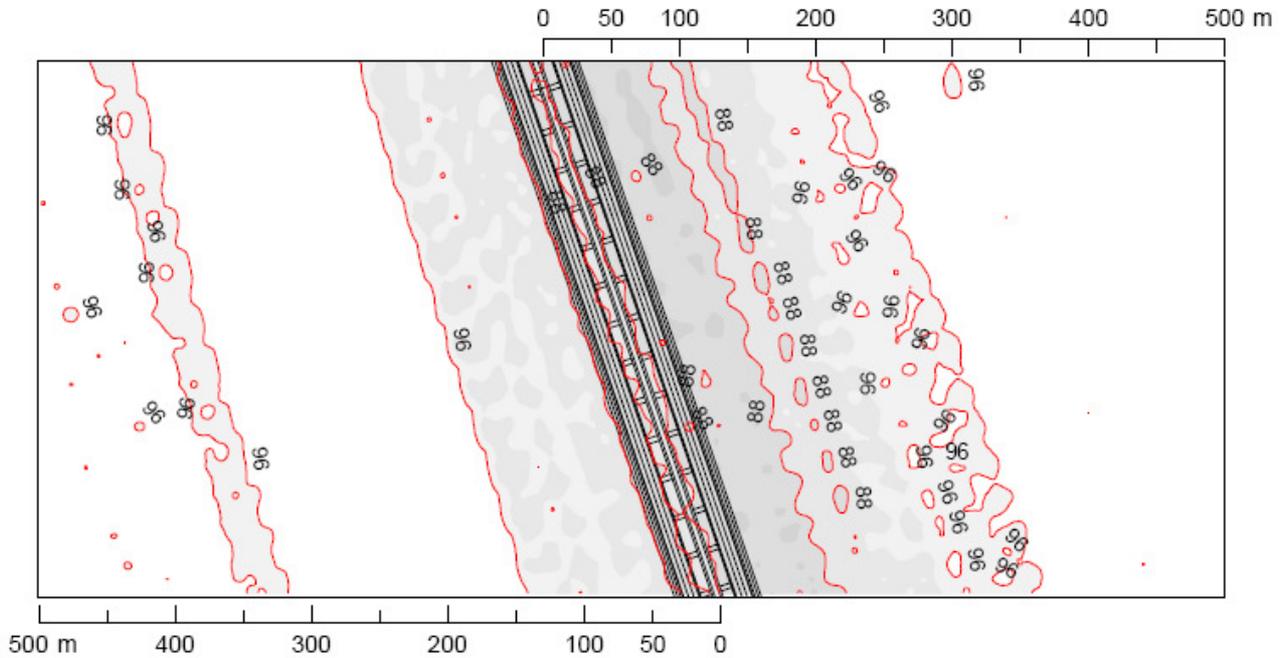
*Esposizione alla luce solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: INVERNO

Tempo di esposizione - % sul totale delle ore di sole



*min = 81,26 %*



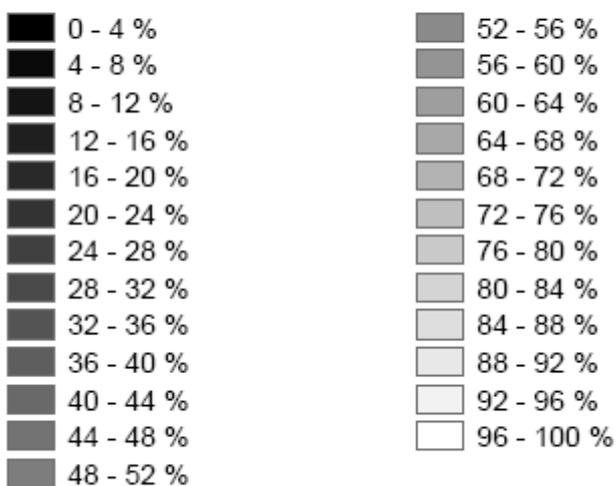
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### Analisi di ombreggiamento

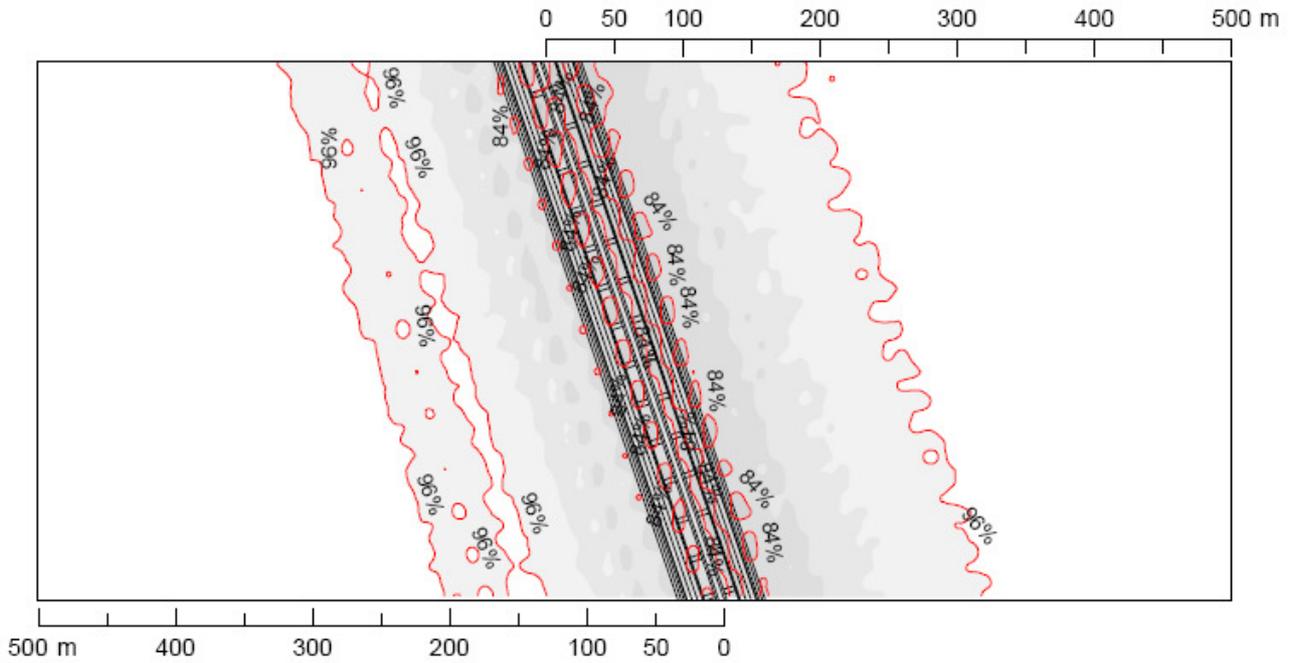
*Esposizione alla luce solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: PRIMAVERA

Tempo di esposizione - % sul totale delle ore di sole



*min = 78,13 %*



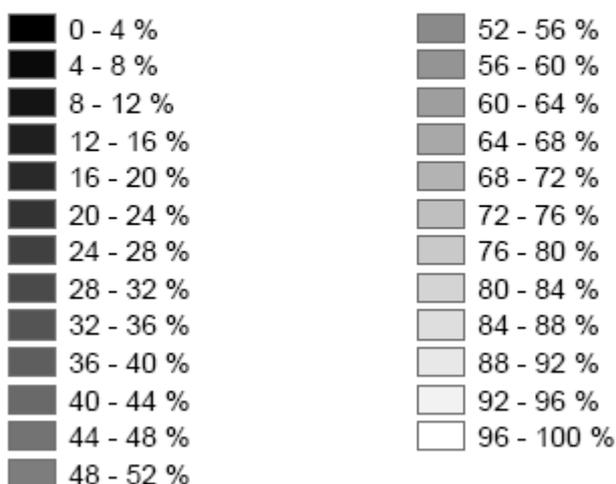
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

### Analisi di ombreggiamento

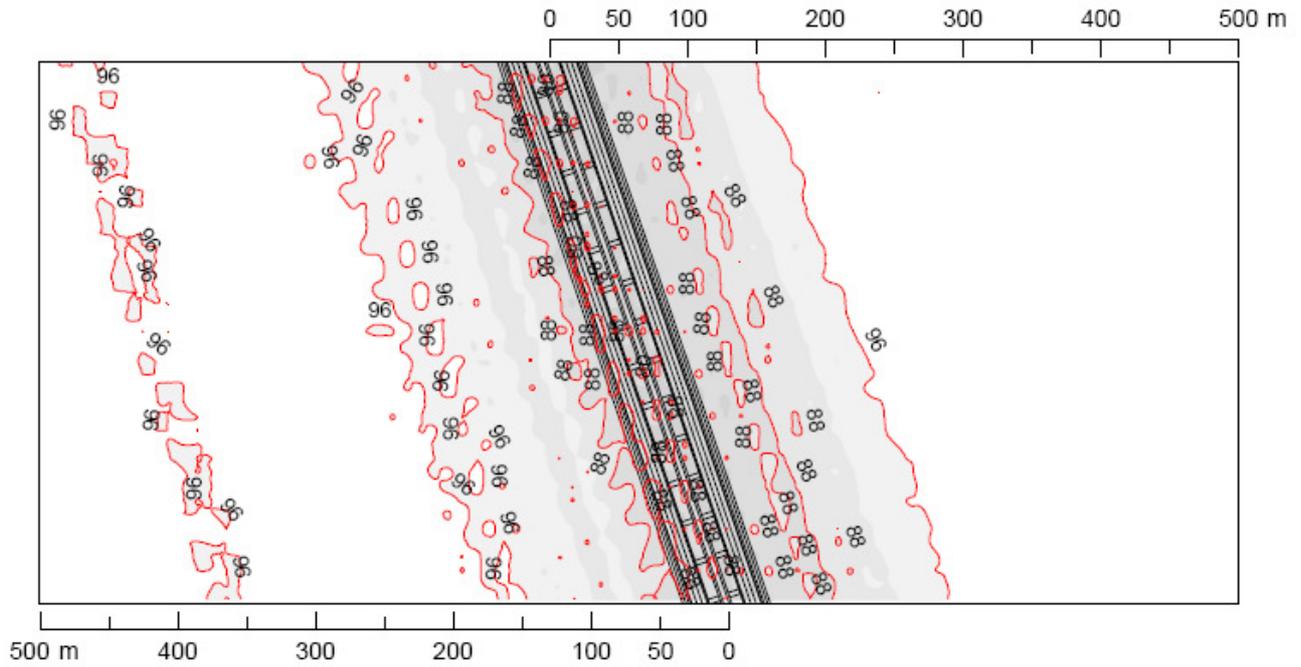
*Esposizione alla luce solare diretta*

PERIODO DI CALCOLO: ESTATE

Tempo di esposizione - % sul totale delle ore di sole



*min = 77,69 %*



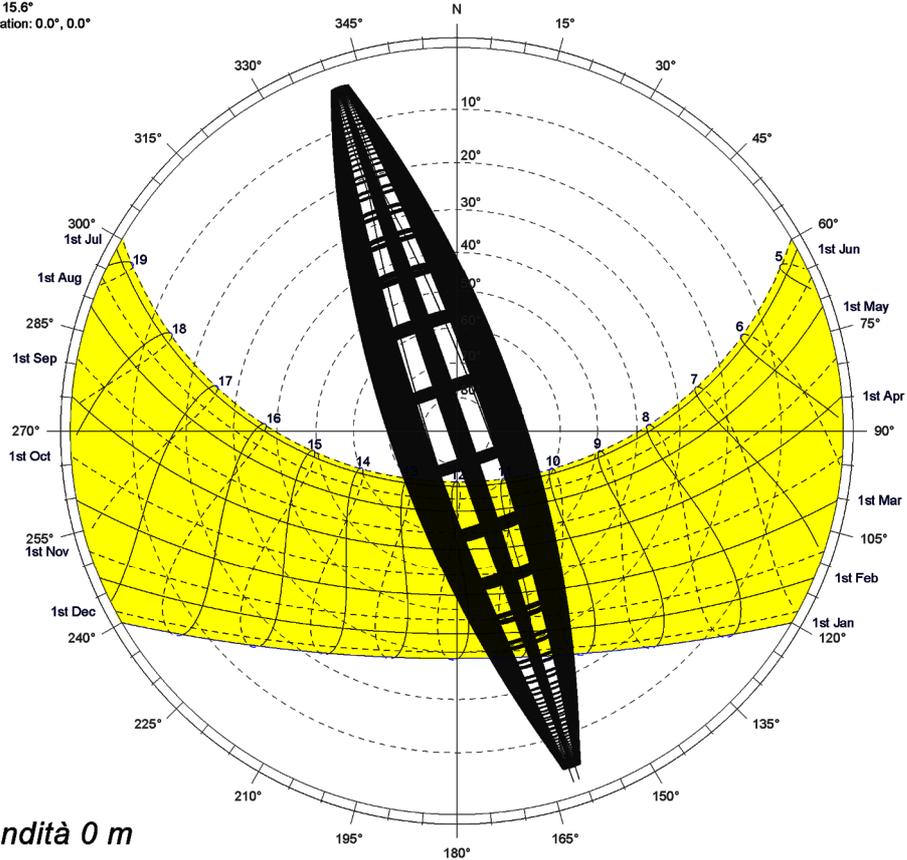
		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

La lettura dei cartogrammi soprariportati evidenzia come la zona su cui si manifesta un disturbo sensibile e quella situata al di sotto dell'impalcato, dove si riscontrano a secondo del periodo dell'anno valori di ombreggiamento sul totale di ore di sole compresi tra il 22,3% (in estate) ed i 18,7% (in inverno). Via via che ci si allontana dall'impalcato, la percentuale di ombreggiamento si riduce rapidamente. Già ad una distanza di 50 metri dalla proiezione a terra dell'impalcato si rilevano valori, indipendentemente dal periodo dell'anno, al di sotto del 12,5%.

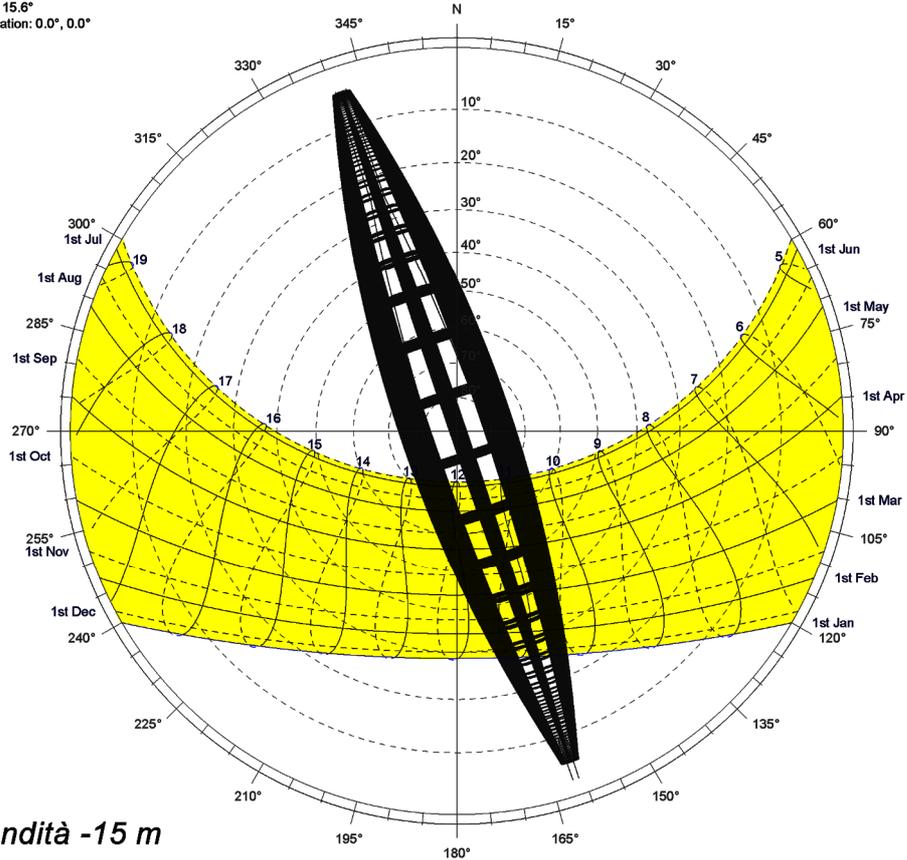
Tale rapido decadimento del disturbo è dovuto essenzialmente alla elevata altezza dell'impalcato che corre a circa 70 metri dalla superficie del Mare, determinando così una amplificazione della velocità di spostamento dell'ombra; amplificazione che risulta essere meno marcata nelle ore centrali della giornata, quando l'ombra si sofferma al di sotto dell'impalcato.

Inoltre, sono stati elaborati, per alcuni punti situati al disotto dell'impalcato a diverse quote di profondità (0 m, -15 m, -30 m, -50 m, -100 m, -200 m) i diagrammi solari. Tali grafici, oltre a tracciare il percorso apparente del sole, danno conto, in forma di calendario solare, del tempo in cui il punto risulta essere in ombra o, viceversa, esposto alla luce solare. Ciò allo scopo di fornire un indicazione circa l'incidenza dell'ombra dal ponte alle diverse profondità.

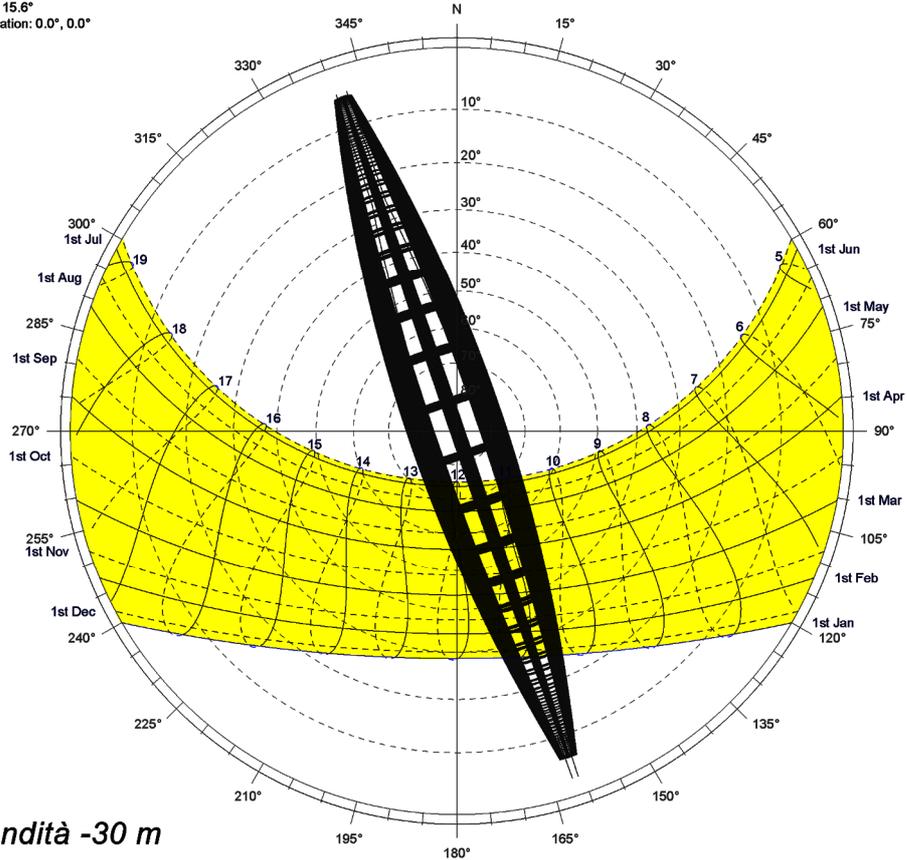
**Stereographic Diagram**  
Location: 38.2°, 15.6°  
Obj 5087 Orientation: 0.0°, 0.0°



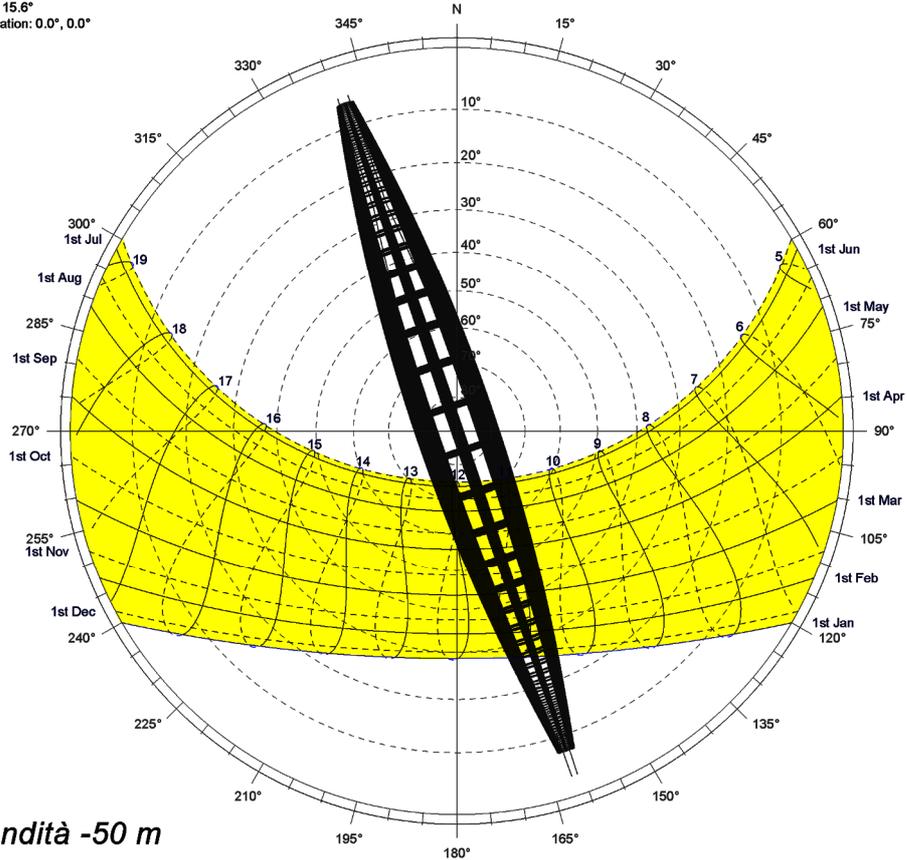
**Stereographic Diagram**  
Location: 38.2°, 15.6°  
Obj 5082 Orientation: 0.0°, 0.0°



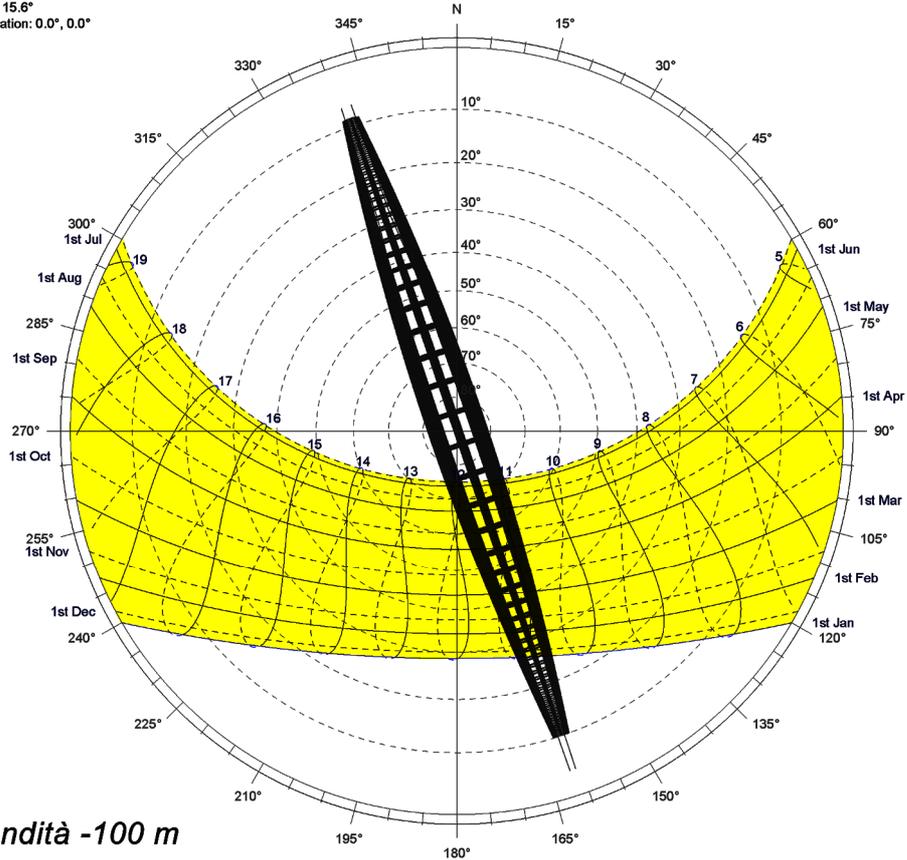
**Stereographic Diagram**  
Location: 38.2°, 15.6°  
Obj 5083 Orientation: 0.0°, 0.0°



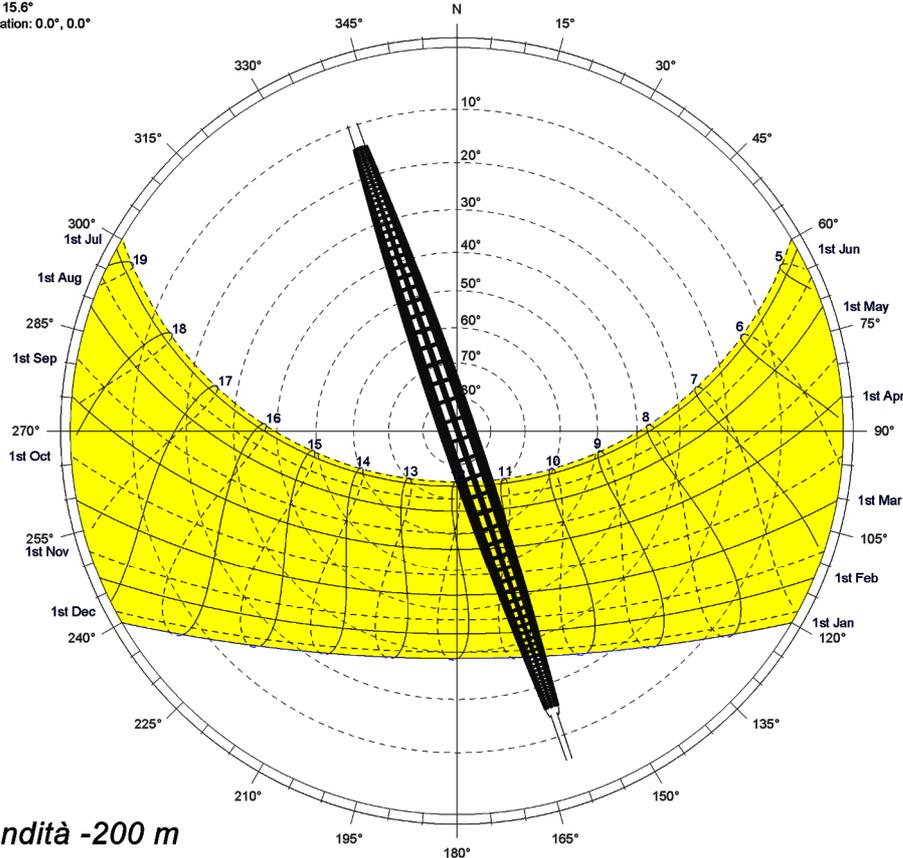
**Stereographic Diagram**  
Location: 38.2°, 15.6°  
Obj 5084 Orientation: 0.0°, 0.0°



**Stereographic Diagram**  
Location: 38.2°, 15.6°  
Obj 5085 Orientation: 0.0°, 0.0°



**Stereographic Diagram**  
Location: 38.2°, 15.6°  
Obj 5086 Orientation: 0.0°, 0.0°



La lettura in sequenza dei diagrammi solari sopra riportati consente di apprezzare, seppure in forma puramente indicativa, la progressiva riduzione della significatività (non solo per gli aspetti percettivi) della schermatura solare rappresentata dall'impalcato del ponte; ciò anche e soprattutto in considerazione degli fenomeni rifrattivi e diffusivi (non considerati nell'elaborazione dei suddetti diagrammi) a cui è soggetta la radiazione solare che penetra al di sotto della superficie marina.

Dal punto di vista strettamente psicologico, vale la pena poi evidenziare che la scelta progettuale di realizzare impalcato separati, rispetto alla soluzione di un unico largo impalcato, introduce una alternanza luce-ombra che interrompe la continuità dell'ombra e produce un indubbio alleggerimento del disturbo percettivo.

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>		<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012

#### **14.5 Caratteristiche e sensibilità specifica del contesto marino interessato dall'ombra delle strutture del Ponte.**

Nel Piano di Monitoraggio delle acque marino costiere<sup>6</sup> di ARPA Sicilia sono riportati, per la Stazione n. 34 Messina, i dati sulle caratteristiche fisico chimiche ed organiche, da cui si evince che la trasparenza reale, misurata con il disco Secchi a 300 e 600 mt dalla costa, è di appena 18 mt.

#### **14.6 La valutazione delle ricadute dell'ombra del Ponte sull'ambiente marino**

Il quadro delineato permette di avanzare delle valutazioni abbastanza puntuali su quelle che possono essere le ricadute specifiche dell'ombra del ponte sull'ambiente marino. Innanzitutto, trattandosi di un fattore che ha effetti spazialmente delimitati (il ponte, infatti, sussiste solo su un ristretto tratto di mare ed è una struttura fissa), si può ritenere nullo o non significativo l'impatto sulle componenti planctoniche e nectoniche dello Stretto. Del resto, l'area di azione dell'ombra diminuisce con la profondità, andando ad incidere sempre di meno sugli organismi che frequentano la colonna d'acqua. Se da un lato è stato dimostrato che il fotoperiodo circadiano incide sui cicli riproduttivi e le migrazioni degli animali marini natanti, appare evidente che un'azione spazialmente limitata non può in alcun modo influenzare questi aspetti della loro vita. L'unica conseguenza potrebbe essere data dal fatto che l'ombra spesso rappresenta un'attrattiva per alcuni pesci pelagici (tunnidi e carangidi soprattutto), i quali si potrebbero concentrare nella zona interessata dalla presenza del ponte risultando facili prede per i pescatori: tuttavia, vista l'altezza del ponte, l'intensità stimata dell'ombra non dovrebbe essere in grado di attrarre tali specie. L'intensità dell'ombra, la sua mobilità e la diminuzione del suo effetto in funzione della profondità permettono di escludere anche la possibilità che l'ombra rappresenti un ostacolo per fauna in movimento.

Situazione diversa è quella relativa agli effetti dell'ombra sul bentos, limitatamente agli organismi sessili i quali non hanno alcuna possibilità di movimento. Alcuni gruppi, come crostacei, echinodermi, antozoi ed anellidi, sono sedentari, ma sono in grado di muoversi e pertanto reagire alla presenza dell'ombra. Poriferi, antozoi, altri gruppi animali sessili e tutte le alghe e le piante acquatiche, sono invece impossibilitati a muoversi e per essi la presenza dell'ombra potrebbe

<sup>6</sup> "Piano di Monitoraggio delle acque marino costiere Siciliano - Campagna estiva del Novembre 2008)", scaricabile al seguente link:

[http://www.arpa.sicilia.it/UploadDocs/1755\\_Monitoraggio\\_Marino\\_Costiero\\_Campagna\\_Estiva.pdf](http://www.arpa.sicilia.it/UploadDocs/1755_Monitoraggio_Marino_Costiero_Campagna_Estiva.pdf)

		<b>Ponte sullo Stretto di Messina</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>		
<b>RELAZIONE GENERALE – AMBIENTE MARINO</b>	<i>Codice documento</i> AMV0243_F0.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 31/05/2012	

rappresentare una seria minaccia. L'ombra ridurrebbe la capacità fotosintetica degli organismi autotrofi e potrebbe alterare i cicli riproduttivi e vitali degli animali. Tuttavia, alcune considerazioni permettono di inquadrare, anche in questo caso, gli effetti della presenza dell'ombra come non molto significativi.

Innanzitutto, l'area interessata dalla presenza del ponte non è colonizzata da specie sessili minacciate o di prioritario interesse conservazionistico. In secondo luogo, visto che l'incidenza dell'ombra diminuisce con la profondità, le sole aree interessate al problema sono quelle poste in prossimità dei pilastri. L'altezza del ponte dal livello del mare, ridurrebbe inoltre ulteriormente l'incidenza dell'ombra. Quindi, nel complesso, gli effetti sono trascurabili.