

TGS-NOPEC Asker, Norvegia



**Prospezione Geofisica
al Largo della Costa
Nord-Occidentale della
Sardegna – Zona Marina E**

**Studio di Impatto
Ambientale
Quadro di Riferimento
Ambientale**





TGS-NOPEC Asker, Norvegia



**Prospezione Geofisica
al Largo della Costa
Nord-Occidentale della
Sardegna – Zona Marina E**

**Studio di Impatto
Ambientale
Quadro di Riferimento
Ambientale**

Preparato da	Firma	Data
Francesco Montani		16 Gennaio 2015
Alessandra Cargioli		16 Gennaio 2015
Controllato da	Firma	Data
Linda Volpi		16 Gennaio 2015
Approvato da	Firma	Data
Claudio Mordini		16 Gennaio 2015
Sottoscritto da	Firma	Data
Paola Rentocchini		16 Gennaio 2015

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Sottoscritto da	Data
0	Prima Emissione	FMO/AC	LV	CSM	PAR	Aprile 2014
1	Emissione Finale	FMO/AC	LV	CSM	PAR	Giugno 2014
2	Aggiornamento	FMO/AC	LV	CSM	PAR	Gennaio 2015

INDICE

	<u>Pagina</u>
LISTA DELLE TABELLE	IV
LISTA DELLE FIGURE	V
LISTA DELLE FIGURE ALLEGATE AL TESTO	VII
1 INTRODUZIONE	1
2 ASPETTI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO	3
2.1 ASPETTI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	3
2.1.1 Matrice Causa-Condizione-Effetto	3
2.1.2 Criteri per la Stima degli Impatti	5
2.1.3 Criteri per il Contenimento degli Impatti	7
2.2 DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO	7
2.2.1 Inquadramento Generale dell'Area	7
2.2.2 Definizione dell'Area Vasta	8
3 METEO-OCEANOGRAFIA	11
3.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE	11
3.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE	13
3.2.1 Caratterizzazione Meteorologica	15
3.2.2 Oceanografia Fisica	17
3.2.3 Oceanografia Chimica	34
3.3 ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI	43
3.4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE	44
3.4.1 Alterazione della Qualità dell'Aria Offshore per Emissioni di Inquinanti Gassosi da Traffico Marittimo Indotto	44
3.4.2 Consumo di Risorse per Prelievi Idrici	48
3.4.3 Alterazione delle Caratteristiche di Qualità delle Acque Marine dovuta agli Scarichi Idrici dai Mezzi Navali	48
4 SUOLO E SOTTOSUOLO	50
4.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE	50
4.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE	51
4.2.1 Geologia e Geomorfologia	51
4.2.2 Geodinamica e Sismicità	54
4.2.3 Batimetria, Morfologia dei Fondali e Processi Sedimentari	58
4.3 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI	61
5 VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI	62
5.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE	62
5.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE	64
5.2.1 Biodiversità	64
5.2.2 Habitat potenzialmente Interessati	65
5.2.3 Biocenosi Bentoniche	68
5.2.4 Descrizione delle Comunità Biologiche della Colonna d'Acqua – Specie, Variabilità Stagionale e Geografica	73

INDICE (CONTINUAZIONE)

5.2.5	Risorse Demersali ed Alieutiche	75
5.2.6	Mammiferi Marini	82
5.2.7	Rettili Marini	88
5.2.8	Avifauna	90
5.2.9	Aree Naturali Protette, Siti Natura 2000, IBA	94
5.3	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI	96
5.4	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE	96
5.4.1	Effetti su Organismi, Ecosistemi e Habitat connessi alle Emissioni di Inquinanti in Atmosfera	96
5.4.2	Effetti su Ecosistema Marino connessi agli Scarichi Idrici	97
5.4.3	Effetti sulla Fauna Marina connessi alla Produzione di Emissioni Sonore Sottomarine	97
5.4.4	Disturbi alla Fauna Marina dovuti all'Occupazione dello Specchio Acqueo	97
5.4.5	Disturbi agli Organismi Marini e all'Avifauna dovuti all'Illuminazione Notturna	100
6	RUMORE	102
6.1	INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE	102
6.2	DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE	103
6.2.1	Aspetti Generali sulla Propagazione del Suono in Mare	103
6.2.2	Sorgenti di Rumore in Mare	105
6.2.3	Effetti del Rumore Antropogenico sui Mammiferi Marini	107
6.2.4	Effetti del Rumore Antropogenico su altri Organismi Marini	114
6.3	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI	117
6.4	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE	117
6.4.1	Impatto del Rumore Antropogenico sui Cetacei (Sorgenti di Tipo Impulsivo)	117
6.4.2	Impatto del Rumore Antropogenico sui Cetacei (Sorgenti di Tipo Continuo)	118
6.4.3	Impatto del Rumore Antropogenico sui Rettili Marini e sulle Risorse Demersali e Alieutiche	119
6.4.4	Misure di Mitigazione	119
7	ASPETTI SOCIO-ECONOMICI	121
7.1	INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE	121
7.2	DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE	122
7.2.1	Pesca	122
7.2.2	Attività Portuali e Traffici Marittimi	124
7.3	ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI	128
7.4	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE	128
7.4.1	Limitazioni d'Uso dell'Area Marina	128
7.4.2	Interferenze con le Attività di Pesca	129
7.4.3	Interferenze con le Attività Portuali e il Traffico Marittimo	129
8	IMPATTI CUMULATIVI	131
8.1	POTENZIALI IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PROGETTI DI PROSPEZIONE, RICERCA E COLTIVAZIONE DI IDROCARBURI	131
8.1.1	Permessi di Prospezione	131

INDICE (CONTINUAZIONE)

8.1.2	Permessi di Ricerca	131
8.1.3	Concessioni di Coltivazione	132
8.1.4	Valutazione Qualitativa degli Impatti	132
8.2	POTENZIALI IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRE ATTIVITÀ (TRAFFICO MARITTIMO, ATTIVITÀ MILITARI, ETC.)	133

RIFERIMENTI

Si noti che nel presente documento i valori numerici sono riportati utilizzando la formulazione seguente: separatore delle migliaia = virgola (,); separatore decimale = punto (.)

LISTA DELLE TABELLE

<u>Tabella No.</u>	<u>Pagina</u>
Tabella 2.1: Definizione dei parametri per la Valutazione degli Impatti	6
Tabella 3.1: Meteo-Oceanografia – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente	12
Tabella 3.2: Altezza d'Onda Significativa – Percentuale di Accadimento per Settore di Provenienza (1999-2004) (MEDAR Group, 2002)	29
Tabella 3.3: Livelli Medi di N e P nei Fiumi del Mediterraneo	36
Tabella 3.4: Raffronto tra Apporti di Nutrienti nel Golfo del Leone (DIN, DIP e DSI: N Totale, P e Si disciolti) (da Denis e Grenz, 2010)	37
Tabella 3.5: Meteo-Oceanografia – Elementi di Sensibilità	44
Tabella 3.6: Stima del Consumo di Carburante Medio per Mezzo Navale (Indagini 2D e 3D)	46
Tabella 3.7: Fattori di Emissione	47
Tabella 3.8: Stima delle Emissioni di Inquinanti da Traffico Navale (Indagini 2D e 3D)	47
Tabella 5.1: Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente	63
Tabella 5.2: Elenco degli Invertebrati di Interesse Conservazionistico presenti nel Bacino Occidentale del Mediterraneo	68
Tabella 5.3: Periodi di Picco Riproduttivo per le Specie nella GSA 11	80
Tabella 5.4: Stenella Striata	85
Tabella 5.5: Tursiope	86
Tabella 5.6: Specie di Uccelli Marini e Status nel Protocollo sulle Aree Specialmente Protette (SPA) e sulla Biodiversità	90
Tabella 5.7: Specie di Interesse Riscontrate nei pressi dell'Area di Intervento	93
Tabella 5.8: Elenco delle Aree Protette Marine e Terrestri più Vicine all'Area Oggetto d'Intervento	94
Tabella 5.9: Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi – Elementi di Sensibilità e Potenziali Recettori	96
Tabella 6.1: Rumore – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente	102
Tabella 6.2: Emissioni Sonore per Attività di Rilievo Sismico – Sorgenti di Tipo Continuo (Estratto da Simmonds M. et al., 2004)	106
Tabella 6.3: Emissioni Sonore per Attività di Rilievo Sismico – Sorgenti di Tipo Impulsivo (Estratto da Simmonds M. et al., 2004)	106
Tabella 6.4: Emissioni Sonore da Sorgenti Antropogeniche di Rumore in Mare (UNEP-CBD, 2012)	107
Tabella 6.5: Potenziale Impatto del Rumore in Ambiente Marino (Jasny et al., 2005 in ISPRA, 2012b)	110
Tabella 6.6: Capacità Uditive Funzionali dei Cetacei (Southall et al., 2007)	111
Tabella 6.7: Valori Soglia per Cetacei – Tipologia di Rumore in Grado di Causare le Prime Risposte Significative (Southall et al., 2007; ISPRA, 2012b)	112
Tabella 6.8: Valori Soglia per Cetacei – Tipologia di Rumore in Grado di Causare Perdita Permanente (PTS) e Temporanea (TTS) di Sensibilità Uditiva (Southall et al., 2007; ISPRA, 2012b)	113
Tabella 6.9: Rumore – Elementi di Sensibilità e Potenziali Recettori	117
Tabella 6.10: Caratteristiche di Rumorosità delle Sorgenti di Energizzazione	117
Tabella 7.1: Aspetti Socio-Economici – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente	121
Tabella 7.2: Aspetti Socio-Economici – Elementi di Sensibilità e Potenziali Recettori	128
Tabella 8.1: Zone soggette a Restrizioni di Natura Militare nell'Area Vasta	134

LISTA DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 2.1: Inquadramento Territoriale	8
Figura 3.1: Suddivisione del Mediterraneo in 4 Sottobacini (UNEP, 2012)	13
Figura 3.2: Limiti dei Mari Italiani – Suddivisione adottata per l'Emissione delle Informazioni Nautiche (IIM, 2014)	14
Figura 3.3: Venti Caratteristici del Mediterraneo con Indicazione dell'Area di Interesse	16
Figura 3.4: Temperatura e Salinità Superficiale Media del Mediterraneo (Serie Storica 1962-2001)	18
Figura 3.5: Temperatura Superficiale del Bacino Occidentale (2012-2013) (http://bulletin.mercator-ocean.fr/) con Indicazione dell'Area di Indagine	19
Figura 3.6: Salinità Superficiale del Bacino Occidentale (2012-2013) (http://bulletin.mercator-ocean.fr/) con Indicazione dell'Area di Indagine	19
Figura 3.7: Mar di Sardegna – Profili Climatici Stagionali di Temperatura (°C) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	20
Figura 3.8: Mar di Sardegna – Profili Climatici Stagionali di Salinità (psu) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	21
Figura 3.9: Ubicazione Boa di Alghero	22
Figura 3.10: Boa di Alghero – Direzione Media di Provenienza del Moto Ondoso 1989-2008 (Sito web: www.idromare.it)	23
Figura 3.11: Boa di Alghero – Direzione Media Stagionale di Provenienza del Moto Ondoso – Anno 2007 (Sito web: www.idromare.it)	24
Figura 3.12: Tratto Costiero da Capo del Falcone a Capo Altano – Onde Alte (APAT, 2003)	25
Figura 3.13: Altezze d'Onda Massime – Stazione di Alghero (APAT, 2003)	26
Figura 3.14: Capo Caccia – Stato del Mare, Frequenze Medie in Percento	27
Figura 3.15: Capo Caccia – Massimo Stato del Mare e Durata Mareggiate	28
Figura 3.16: Capo Caccia – Direzione Burrasche e Mareggiate	28
Figura 3.17: Principali Aree del Mediterraneo e Rappresentazione delle 18 Correnti Costiere (Ristampata da Stamou & Kamizoulis, 2009) (UNEP, 2012)	30
Figura 3.18: Circolazione Superficiale nel Bacino Occidentale del Mediterraneo (Primavera-Estate-Autunno-Inverno) (Mercator, http://www.mercator-ocean.fr/) e Indicazione dell'Area di Intervento	31
Figura 3.19: GSA11 - Circolazione delle Correnti Superficiali (AW) e Intermedie (LIW) (Va: vortici anticlonici; Vv: vortici indotti dal vento; Sc: struttura di circolazione ciclonica della Sardegna orientale) (Mipaaf, 2011) e Zona Marina E	33
Figura 3.20: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Ossigeno Disciolto (ml/l) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	39
Figura 3.21: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Nitrati (mmol/m ³) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	40
Figura 3.22: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Fosfati (mmol/m ³) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	41
Figura 3.23: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Silicati (mmol/m ³) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	42
Figura 3.24: Mar di Sardegna - Profilo Climatico Medio Annuo di Clorofilla-a (mg/m ³) (http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)	43
Figura 3.25: Area di Intervento e Ipotesi Conservativa di Area Indagine 3D	46

LISTA DELLE FIGURE (CONTINUAZIONE)

Figura 4.1: Strutture Geologiche Principali dell'Area Mediterranea (Cavazza e Wezel, 2003) e Individuazione dell'Area di Intervento	52
Figura 4.2: Spessore della Crosta nell'Area Mediterranea (Cavazza <i>et al.</i> , 2004) e Individuazione dell'Area di Intervento	53
Figura 4.3: Spessore della Litosfera nell'Area Mediterranea (Cavazza <i>et al.</i> , 2004) e Individuazione dell'Area di Intervento	54
Figura 4.4: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (45 Ma) (Carminati <i>et al.</i> , 2004)	55
Figura 4.5: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (30 Ma) (Carminati <i>et al.</i> , 2004)	55
Figura 4.6: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (15 Ma) (Carminati <i>et al.</i> , 2004)	56
Figura 4.7: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (0 Ma) (Carminati <i>et al.</i> , 2004)	56
Figura 4.8: Geodinamica dell'Area Mediterranea (Carminati <i>et al.</i> , 2012) e Individuazione dell'Area di Intervento	57
Figura 4.9: Sismicità nell'Area Mediterranea (Cavazza <i>et al.</i> , 2004) e Individuazione dell'Area di Intervento	58
Figura 4.10: Morfo-Batimetria del Mediterraneo Occidentale (www.ciesm.org) e Individuazione dell'Area di Intervento	60
Figura 5.1: <i>Corallium rubrum</i> (Sinistra) Prateria di <i>Posidonia oceanica</i> (Destra) (MATTM, 2002-2009)	65
Figura 5.2: <i>Prionace glauca</i> (in Alto a Sinistra), <i>Tursiops truncatus</i> (in Alto a Destra), <i>Caretta caretta</i> (in Basso a Sinistra), <i>Calonectris diomedea</i> (in Basso a Destra) (MATTM, 2002-2009)	67
Figura 5.3: <i>Grampus griseus</i> (Sinistra) Caratteristico Soffio del Capodoglio <i>Physeter macrocephalus</i> (Destra) (MATTM, 2002-2009)	67
Figura 5.4: Papille inalanti e osculari di <i>Cliona viridis</i> (Sinistra) <i>Lithophaga lithophaga</i> (Destra) (MATTM, 2002-2009)	69
Figura 5.5: <i>Centrostephanus longispinus</i> (MATTM, 2002-2009)	70
Figura 5.6: <i>Lithophyllum lichenoides</i> (MATTM, 2002-2009)	71
Figura 5.7: <i>Caulerpa prolifera</i> (MATTM, 2002-2009)	72
Figura 5.8: <i>Mesophyllum alternans</i> (MATTM, 2002-2009)	73
Figura 5.9: Colonia di <i>Chaetoceros curvisetus</i> (MATTM, 2002-2009)	74
Figura 5.10: <i>Meganyctiphanes norvegica</i> (MATTM, 2002-2009)	75
Figura 5.11: Delimitazione Geografica della GSA 11 (Mipaaf, 2011) e Zona Marina E	77
Figura 5.12: GSA11 – Indici di Biomassa (kg/km ²) e relativi Limiti di Confidenza delle Principali Categorie Faunistiche (Dati: MEDITS 1994-2010) (Mipaaf, 2011)	78
Figura 5.13: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità del Nasello (Mipaaf, 2011)	78
Figura 5.14: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità della Triglia di Fango (Mipaaf, 2011)	79
Figura 5.15: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità dello Scampo (Mipaaf, 2011)	79
Figura 5.16: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità del Gambero Rosso (Mipaaf, 2011)	79
Figura 5.17: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità del Moscardino (Mipaaf, 2011)	80
Figura 5.18: Aree Nursery del Nasello nella GSA 11	82
Figura 5.19: Distribuzione della Stenella (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010)	86
Figura 5.20: Distribuzione del Tursiope (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010)	87
Figura 5.21: Rotte di Spostamento in Mediterraneo di <i>Caretta caretta</i> (Lucchetti & Sala, 2009)	89
Figura 5.22: Densità di Berta Maggiore (a Sinistra), di Berta Minore (a Destra) e del Marangone dal Ciuffo (in Basso) (LIPU, 2009)	91

LISTA DELLE FIGURE (CONTINUAZIONE)

Figura 5.23: Distribuzione della Berta Minore relativa ai Medi Marzo-Novembre ottenuta da Modello Statistico (LIPU, 2009)	92
Figura 5.24: Aree di Foraggiamento tracciate per tutto l'Italia (LIPU, 2009)	92
Figura 5.25: Rotte Migratorie Avifauna (Rapaci) nel Mediterraneo (Sito web: www.parcodelconero.com)	93
Figura 5.26: Schema di Immersione in Risposta allo Spavento per l'Avvicinamento di una Boa di Coda (Ketos Ecology, 2009)	98
Figura 5.27: Schema di Intrappolamento (Ketos Ecology, 2009)	99
Figura 5.28: Esempi di "Turtle Guards" (Sito web: www.ketosecology.co.uk)	100
Figura 6.1: Rappresentazione Grandezze Peak, Peak-to-Peak e RMS per Onda Sinusoidale in Diagramma Pressione (μPa) Tempo (s) (DEEC-UK, 2011)	104
Figura 6.2: Frequenze del Rumore Antropogenico e Sensibilità di Pesci e Mammiferi (UNEP-CBD, 2012, da Slakkeborn, 2010)	115
Figura 7.1: Principali Linee di Traffico Marittimo (Caffio, 2007) e Indicazione dell'Area di Interesse	126
Figura 7.2: Traffico Marittimo (dati forniti da REMPEC) e Indicazione dell'Area di Interesse	127
Figura 7.3: Principali Rotte Marittime (Sito web: www.trail.liguria.it) e Indicazione dell'Area di Interesse	127
Figura 8.1: Permessi di Ricerca nel Raggio di 100 km dalla Nuova Zona Marina E	132

LISTA DELLE FIGURE ALLEGATE AL TESTO

Figura 2.1: Matrice Causa-Condizione-Effetto
--

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

PROSPEZIONE GEOFISICA AL LARGO DELLA COSTA NORD-OCCIDENTALE DELLA SARDEGNA ZONA MARINA E

1 INTRODUZIONE

Il presente documento costituisce il **Quadro di Riferimento Ambientale** dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) relativo al progetto di prospezione geofisica al largo della costa Nord-occidentale della Sardegna (Zona Marina E), proposto dalla Società norvegese TGS-NOPEC, ed è stato predisposto ai sensi dell'Articolo 5 del DPCM 27 Dicembre 1988 e Art. 22 e Allegato VII del D. Lgs 152/2006 e s.m.i..

Il Quadro di Riferimento Ambientale contiene l'identificazione, l'analisi e la quantificazione delle possibili interazioni del progetto con l'ambiente ed il territorio circostante.

Nella redazione del Quadro di Riferimento Ambientale si è proceduto in particolare a:

- definire i principi sulla base dei quali condurre l'analisi degli impatti ambientali causati dal progetto (Capitolo 2), e in particolare a stabilire:
 - la metodologia di identificazione degli aspetti progettuali potenzialmente in grado di incidere in maniera significativa sulla singola componente ambientale (fattori causali di impatto) e di individuazione degli impatti ambientali ad essi associati, basata sulla costruzione di una matrice del tipo Causa-Condizione-Effetto,
 - i criteri di stima per la valutazione dell'entità degli impatti ambientali individuati e i criteri di mitigazione e controllo degli stessi,
 - l'ambito territoriale (area vasta) di riferimento per ogni singola componente, nella quale inquadrare tutte le potenziali influenze del progetto;
- effettuare un'analisi di dettaglio per le varie componenti ambientali individuate (Capitoli da 3 a 7), secondo un processo che prevede:
 - la valutazione preliminare della significatività dei fattori causali di impatto,
 - la caratterizzazione dello stato attuale,
 - l'individuazione degli elementi di sensibilità e dei potenziali recettori,
 - la stima degli impatti e la valutazione della loro entità,
 - la definizione delle misure di mitigazione e compensazione, ove ritenuto applicabile.

Le componenti analizzate sono elencate nel seguito:

- meteo-oceanografia (Capitolo 3);
- suolo e sottosuolo (Capitolo 4);
- vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi naturali (Capitolo 5);
- rumore (Capitolo 6);

- aspetti socio-economici (Capitolo 7).

Nel Capitolo 8 sono stati infine analizzati gli aspetti qualitativi inerenti gli impatti cumulativi attesi con altri progetti/attività, ossia gli effetti derivanti dall'interazione tra gli impatti generati dal progetto in esame e gli impatti causati da attività di prospezione, ricerca e coltivazione di idrocarburi od altre attività (traffico marittimo, attività militari, etc.) svolte in aree limitrofe a quella di intervento.

Nell'ambito del presente studio sono state escluse le componenti di seguito elencate:

- paesaggio e aspetti di carattere storico-archeologico: in considerazione della distanza minima dalla costa (circa 45 km da Capo dell'Argentiera, nel Comune di Sassari in Sardegna), della localizzazione delle attività in progetto (mare aperto), della natura del progetto (indagine geofisica) e dell'assenza di siti noti di interesse storico e archeologico nell'area marina oggetto di indagine (si veda il Quadro di Riferimento Programmatico del presente SIA), non è stato ritenuto necessario approfondire tale componente;
- salute pubblica: vista la tipologia del progetto e la localizzazione in mare aperto delle attività previste (distanza minima dalla costa pari a circa 45 km), si è potuto escludere a priori qualsiasi tipo di relazione ed interferenza con eventuali recettori sensibili legati a tale componente. Anche per quanto riguarda il transito di mezzi navali dal porto all'area di intervento e viceversa, in considerazione del limitato numero degli stessi e delle tempistiche di tali operazioni (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 giorni per l'indagine 3D), non si ritiene che vi possano essere effetti sulla salute pubblica.

Si è ritenuto inoltre di poter escludere qualsiasi impatto legato alle attività di rilievo magnetico e gravimetrico, previste contemporaneamente all'esecuzione del rilievo geofisico 2D. Tali attività, in considerazione della loro natura (rilievi geofisici di tipo passivo, senza emissioni di alcun genere) e della strumentazione utilizzata (si veda a riguardo il Quadro di Riferimento Progettuale), non comporteranno alcun impatto sulle componenti ambientali analizzate.

2 ASPETTI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

2.1 ASPETTI METODOLOGICI PER LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Nel presente paragrafo vengono indicati gli aspetti metodologici di riferimento per il presente studio al fine di valutare gli impatti determinabili dal progetto in esame. Sono descritti in particolare:

- l'approccio metodologico, basato sulla costruzione della matrice Causa-Condizione-Effetto, per l'identificazione degli aspetti progettuali di potenziale impatto e degli impatti ambientali ad essi associati, (Paragrafo 2.1.1);
- i criteri adottati per la valutazione dell'entità degli impatti ambientali individuati (Paragrafo 2.1.2);
- i criteri adottati per il contenimento degli impatti (Paragrafo 2.1.3).

2.1.1 Matrice Causa-Condizione-Effetto

Il presente studio si pone l'obiettivo, in primo luogo, di identificare i possibili impatti del progetto sull'ambiente, sulla base delle caratteristiche essenziali delle attività previste e delle singole componenti ambientali e, quindi, di stabilire gli argomenti di studio su cui avviare la successiva fase di analisi e valutazione degli impatti.

Nel caso in esame è stata applicata la metodologia che fa ricorso alla cosiddetta matrice coassiale del tipo Causa-Condizione-Effetto al fine di identificare, sulla base di considerazioni di causa-effetto e di semplici scenari evolutivi, gli impatti potenzialmente derivanti dalle attività previste. Tale metodologia è basata sulla composizione di una griglia che evidenzia le interazioni tra progetto e ambiente in maniera da semplificare il processo graduale di discussione, verifica e completamento.

A livello operativo, si è proceduto alla costruzione di liste di controllo (checklist), sia del progetto che dei suoi prevedibili effetti ambientali nelle loro componenti essenziali, in modo da permettere un'analisi sistematica delle relazioni causa-effetto. Tale rappresentazione consente, nello specifico, di evidenziare tutte le relazioni intermedie, anche indirette, che concorrono alla determinazione dell'effetto complessivo sull'ambiente.

In particolare, sono state individuate quattro checklist definite come segue:

- le **Componenti Ambientali**, con riferimento sia alle componenti fisiche, sia a quelle socio-economiche, in cui è opportuno che il complesso sistema dell'ambiente venga disaggregato per evidenziare ed analizzare a che livello dello stesso agiscano i fattori causali sotto definiti. Le componenti ambientali a cui si è fatto riferimento sono:
 - meteo-oceanografia,
 - suolo e sottosuolo,
 - vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi,
 - rumore,
 - aspetti socio-economici.

L'ambito territoriale di riferimento per ognuna delle componenti analizzate e sopra elencate è definito al Paragrafo 0 del presente documento:

- le **Fasi (Attività) di Progetto**, derivanti dalla scomposizione del progetto in fasi operative ben distinguibili tra di loro rispetto al tipo di impatto che possono produrre. La descrizione delle principali attività previste dal progetto, suddivise con riferimento alle singole fasi previste per ciascuna indagine (2D e 3D), è riportata in maniera dettagliata nel Quadro di Riferimento Progettuale, come segue:
 - arrivo in sito e abbandono dell'area indagata (Mobilitazione/Demobilitazione Nave Sismica e Mezzi Navali di Supporto),
 - preparazione e recupero delle apparecchiature (Operazioni di Stendimento e Recupero a Bordo delle Apparecchiature – Utilizzo Nave Sismica e Mezzi Navali di Supporto),
 - esecuzione del rilievo geofisico (Attivazione degli *Air Gun* – Utilizzo Nave Sismica e Mezzi Navali di Supporto);
- i **Fattori Causali di Impatto**, ossia le azioni fisiche, chimico-fisiche o socio-economiche che possono essere originate da una o più attività del progetto e che sono individuabili come fattori in grado di causare oggettivi e specifici impatti. L'individuazione di tali azioni è riportata per ciascuna componente ambientale nei Capitoli da 3 a 7 di seguito riportati. In particolare, sulla base delle interazioni con l'ambiente analizzate nel Quadro di Riferimento Progettuale, si è proceduto, in via preliminare, alla valutazione della significatività dei fattori causali di impatto e all'esclusione di quelli la cui incidenza potenziale sulla componente, in riferimento alla specifica fase, è ritenuta non significativa. I fattori causali di impatto considerati sono:
 - emissione di inquinanti in atmosfera,
 - prelievi idrici;
 - scarichi idrici,
 - impiego di risorse;
 - produzione di rifiuti,
 - emissioni sonore,
 - occupazione di specchio acqueo,
 - traffico marittimo;
- gli **Impatti Potenziali**, cioè le possibili variazioni, positive o negative, delle attuali condizioni ambientali che possono prodursi come conseguenza diretta delle attività proposte e dei relativi fattori causali, oppure come conseguenza del verificarsi di azioni combinate o di effetti sinergici. A partire dai fattori causali di impatto si è proceduto alla identificazione degli impatti potenziali e alla stima dell'entità degli stessi. Per il progetto in esame la definizione degli impatti potenziali è stata condotta con riferimento alle singole componenti ambientali considerate ed è esplicitata, per ciascuna di esse, nei Capitoli da 3 a 7, nonché per gli aspetti qualitativi inerenti gli impatti cumulativi, nel Capitolo 8.

Sulla base di tali liste di controllo si è proceduto alla composizione della matrice Causa-Condizione-Effetto, presentata nella Figura 2.1 in allegato, nella quale sono individuati gli impatti ambientali potenzialmente determinabili dalle attività in progetto. La matrice Causa-Condizione-Effetto è stata utilizzata quale strumento di verifica, dalla quale sono state progressivamente eliminate le relazioni non riscontrabili nella realtà o ritenute non significative ed invece evidenziate, nelle loro subarticolazioni, quelle principali.

Lo studio si è concretizzato, quindi, nella verifica dell'incidenza reale di questi impatti potenziali in presenza delle effettive condizioni localizzative e progettuali e sulla base delle

risultanze delle indagini settoriali, inerenti i diversi parametri ambientali. Questa fase, definibile anche fase descrittiva del sistema “impatto-ambiente”, assume sin dall’inizio un significato centrale in quanto è dal suo risultato che deriva la costruzione dello scenario delle situazioni e correlazioni su cui è stata articolata l’analisi di impatto complessiva presentata nei capitoli successivi.

Il quadro che ne emerge, delineando i principali elementi di impatto potenziale, orienta infatti gli approfondimenti richiesti dalle fasi successive e consente di discriminare tra componenti ambientali con maggiori o minori probabilità di impatto. Da esse procede inoltre la descrizione più approfondita del progetto stesso e delle eventuali alternative tecnico-impiantistiche possibili, così come dello stato attuale dell’ambiente e delle sue tendenze naturali di sviluppo, che sono oggetto di studi successivi.

2.1.2 Criteri per la Stima degli Impatti

L’analisi e la stima degli impatti ambientali hanno lo scopo di fornire la valutazione dell’entità degli stessi rispetto ai criteri prefissati dalle norme, eventualmente definiti per lo specifico caso. Tale fase rappresenta, quindi, la sintesi e l’obiettivo dello studio d’impatto.

Per la valutazione degli impatti si è reso necessario definire criteri oggettivi di interpretazione che consentano, ai diversi soggetti sociali ed individuali che partecipano al procedimento VIA, di formulare i giudizi di valore. Tali criteri, indispensabili per assicurare un’adeguata obiettività nella fase di valutazione, permettono di caratterizzare l’impatto e sono relativi alla definizione di:

- impatto reversibile o irreversibile;
- impatto a breve o a lungo termine;
- scala spaziale dell’impatto (locale, regionale, etc.);
- impatto evitabile o inevitabile;
- impatto mitigabile o non mitigabile;
- entità dell’impatto;
- frequenza dell’impatto;
- capacità di ammortizzare l’impatto;
- concentrazione dell’impatto su aree critiche.

L’analisi delle ricadute derivanti dall’esecuzione del progetto sulle singole componenti ambientali si pone quindi l’obiettivo di definire un quadro degli impatti più significativi prevedibili sul sistema ambientale complessivo, indicando inoltre le situazioni transitorie attraverso le quali si configura il passaggio dalla situazione attuale all’assetto di lungo termine. Si noti che le analisi condotte sulle singole componenti ambientali, essendo impostate con l’ausilio delle matrici Causa-Condizione-Effetto, già esauriscono le valutazioni di carattere più complessivo e considerano al loro interno le interrelazioni esistenti tra le diverse configurazioni del sistema.

Nel caso del progetto in esame la stima degli impatti è stata condotta, con riferimento alle singole componenti ambientali, a partire dagli impatti potenziali individuati; il risultato di tale attività è esplicitato, con riferimento a ciascuna componente ambientale, nei Capitoli da 3 a 7, nonché per gli aspetti qualitativi inerenti gli impatti cumulativi, nel Capitolo 8.

In particolare, i principali criteri adottati per caratterizzare un impatto sono relativi alla definizione dei parametri riportati nella seguente tabella.

Tabella 2.1: Definizione dei Parametri per la Valutazione degli Impatti

PARAMETRI	CRITERI ADOTTATI
Reversibilità/Irreversibilità dell'impatto	<p>Il grado di reversibilità dell'impatto generato viene espresso in funzione del tipo di impatto considerato:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Impatto Reversibile: quando si ritorna alle condizioni ante operam al termine delle operazioni di ripristino/decommissioning; ▪ Impatto Irreversibile: quando non si ripristinano le condizioni iniziali.
Impatto Temporaneo/Permanente	<p>Esprime la durata dell'impatto, da quando si manifestano gli effetti a quando si ha il ripristino delle condizioni iniziali (breve, medio, lungo termine). Valori in funzione del tipo di impatto considerato:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Breve Termine: l'effetto/impatto si manifesta in concomitanza col fattore causale di impatto e termina quando termina l'azione di progetto, per azione di breve durata o prima del termine dell'azione considerata; ▪ Medio Termine: l'effetto/impatto si manifesta in concomitanza col fattore causale di impatto e termina quando termina l'azione di progetto, per azione di media durata; ▪ Lungo Termine: l'effetto/impatto si manifesta in concomitanza col fattore causale di impatto e termina quando termina l'azione di progetto, per azione di lunga durata; ▪ Permanente: l'effetto/impatto può manifestarsi anche dopo il fattore causale di impatto e continua oltre il termine dell'azione di progetto.
Scala spaziale dell'impatto	<p>In funzione dell'ambito territoriale di riferimento identificato può essere:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ locale, regionale, nazionale, etc.; ▪ transfrontaliero.
Mitigabilità dell'impatto	<p>A seconda della possibilità di attuare opportune azioni volte al contenimento degli effetti sull'ambiente, l'impatto può essere:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ mitigabile; ▪ non mitigabile. <p>Nel caso l'impatto sia mitigabile si definiscono le misure di mitigazione previste.</p>
Entità finale dell'impatto	<p>L'impatto, sulla base dei parametri sopra descritti, può essere valutato:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rilevante - impatto caratterizzato da lunga durata o da una scala spaziale estesa, oppure da una intensità elevata. Impatto non mitigato/mitigabile e, in alcuni casi, irreversibile. ▪ Moderato - impatto di entità non trascurabile, in quanto caratterizzato da estensione maggiore, o maggiore durata o eventuale concomitanza di più effetti. L'interferenza non è tuttavia da considerarsi critica, in quanto del tutto reversibile. ▪ Lieve - impatto localizzato e di lieve entità, i cui effetti sono considerati reversibili, caratterizzati da una frequenza di accadimento bassa o da una breve durata. ▪ Nulla – impatto assente. ▪ Positivo – impatto che induce effetti positivi su una o più componenti ambientali o umane, a scala locale o più ampia.

2.1.3 Criteri per il Contenimento degli Impatti

L'adozione di misure di mitigazione e compensazione degli impatti non solo rappresentano un argomento essenziale in materia di VIA, ma costituiscono anche un fondamentale requisito normativo (Articolo 4 del D.P.C.M. 27 Dicembre 1988 e Articolo 22 e Allegato VII del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i.). Il contenimento degli impatti attraverso l'adozione di misure di mitigazione e compensazione consiste, in pratica, nel definire quelle azioni da intraprendere a livello di progetto per ridurre (mitigare) eventuali ricadute negative del progetto sulle singole componenti ambientali o per bilanciare eventuali scompensi indotti sull'ambiente. È infatti possibile che una scelta effettuata in fase di progettazione, pur costituendo la migliore alternativa in termini di effetti sull'ambiente, possa determinare impatti significativamente negativi sulle singole variabili del sistema antropico-ambientale.

A livello generale possono essere previste le seguenti misure di mitigazione e di compensazione:

- evitare l'impatto completamente, non eseguendo un'attività specifica o una parte di essa;
- minimizzare l'impatto, limitando la magnitudo o l'intensità di un'attività;
- rettificare l'impatto, intervenendo sull'ambiente danneggiato con misure di riqualificazione e reintegrazione;
- ridurre o eliminare l'impatto tramite operazioni di salvaguardia e di manutenzione durante il periodo di realizzazione e di esercizio dell'intervento;
- compensare l'impatto, procurando o introducendo risorse sostitutive.

Per il progetto in esame l'identificazione delle misure di mitigazione degli impatti è stata condotta con riferimento alle singole componenti ambientali e in funzione degli impatti stimati ed è esplicitata, per ciascuna componente ambientale, nei Capitoli da 3 a 7, nonché per gli aspetti qualitativi inerenti gli impatti cumulativi, nel Capitolo 8.

Data la tipologia di attività, non si prevedono particolari misure di compensazione.

2.2 DEFINIZIONE DELL'AMBITO TERRITORIALE DI RIFERIMENTO

Nel presente Paragrafo dello SIA si definisce, per ogni singola componente ambientale, l'ambito territoriale di interesse inteso come area di indagine del progetto in esame e area vasta nella quale possono essere risentite le interazioni potenziali indotte dall'esecuzione del progetto stesso.

2.2.1 Inquadramento Generale dell'Area

Il progetto in esame prevede l'esecuzione di indagini geofisiche nel Mar di Sardegna, al largo del tratto di costa che interessa la Regione Sardegna (Nord-occidentale), ad una profondità d'acqua compresa tra i 2,000 ed i 2,850 m circa.

Le attività previste saranno svolte all'interno della Zona Marina E, area aperta alla presentazione di nuove istanze, caratterizzata da una superficie di 20,890 km² e ubicata ad una distanza minima dalla costa sassarese di circa 45 km (pari a circa 24.3 miglia nautiche).

In particolare l'area di intervento è costituita da un poligono coincidente con la Zona Marina E fatta eccezione per il tratto a nord-est in cui essa è stata limitata, mantenendosi ad una distanza di 15 miglia nautiche dal confine dell'Area Marina Protetta "Santuario Pelagos".

Nella Figura 1.1 allegata al Quadro di Riferimento Programmatico del presente SIA è illustrata la delimitazione di tale area.

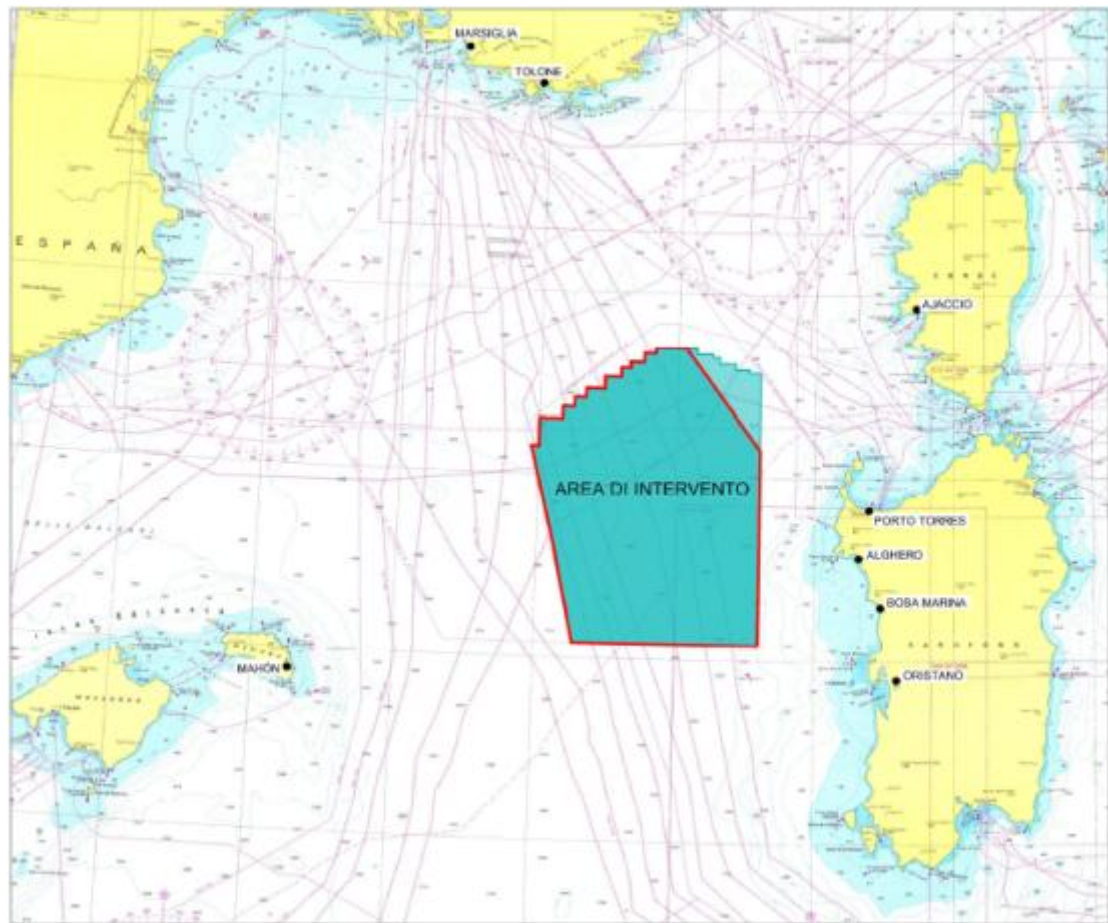


Figura 2.1: Inquadramento Territoriale

Le principali località costiere più vicine alla area di intervento sono (si veda Figura 2.1):

- Alghero (Provincia di Sassari), a circa 61 km (circa 33 miglia nautiche), in direzione Est, verso la costa;
- Porto Torres (Provincia di Sassari), a 67.5 km (circa 36.5 miglia nautiche), in linea d'aria, nel Golfo dell'Asinara, in direzione Est;
- Bosa Marina (Provincia di Oristano), a circa 75 km (circa 40.7 miglia nautiche), in direzione Est, verso la costa;
- il Porto industriale di Oristano, a circa 85 km (circa 46 miglia nautiche), in linea d'aria, in direzione Sud-Est, nel Golfo di Oristano.

Si segnala inoltre come la distanza minima dalla Francia (Isole Sanguinarie, Ajaccio, Corsica) e dalla Spagna (Punta del Espero, Isola di Minorca, Baleari), sia rispettivamente di circa 89 e 168 km (circa 48 e 90.6 miglia nautiche).

2.2.2 Definizione dell'Area Vasta

L'identificazione dell'area vasta preliminare è dettata dalla necessità di definire preventivamente l'ambito territoriale di riferimento nel quale possono essere inquadrati tutti i

potenziali impatti derivanti dall'esecuzione delle attività in progetto e all'interno della quale realizzare tutte le analisi specialistiche per le diverse componenti ambientali di interesse.

Il principale criterio di definizione dell'ambito di influenza potenziale del progetto è funzione della correlazione tra le caratteristiche generali dell'area di inserimento ed i potenziali fattori causali di impatto ambientale associati al progetto stesso ed individuati dall'analisi preliminare. Tale criterio porta all'individuazione di un'area entro la quale, allontanandosi gradualmente, si ritengono esauriti o non più avvertibili gli effetti del progetto. Su tali basi si possono definire le caratteristiche generali dell'area vasta preliminare:

- ogni potenziale interferenza sull'ambiente direttamente o indirettamente dovuta all'esecuzione delle attività in progetto deve essere sicuramente trascurabile all'esterno dei confini dell'area vasta preliminare;
- l'area vasta preliminare deve includere tutti i recettori sensibili ad impatti anche minimi sulle diverse componenti ambientali di interesse;
- l'area vasta preliminare deve avere caratteristiche tali da consentire il corretto inquadramento del progetto nel territorio in cui verrà realizzato.

L'ambito territoriale di riferimento considerato nel presente studio non è stato definito rigidamente per tutte le componenti ambientali analizzate. Sono stati, invece, determinati diversi ambiti sulla base dell'influenza potenziale delle attività in progetto sulle singole componenti ambientali, attraverso un procedimento di individuazione dell'estensione territoriale all'interno della quale si sviluppa e si esaurisce la sensibilità dei diversi parametri ambientali agli impulsi prodotti dalla realizzazione dell'intervento.

Tale analisi è stata condotta principalmente sulla base dello studio del territorio e delle caratteristiche ambientali dell'area, consentendo di individuare le principali relazioni tra progetto e ambiente.

La selezione dell'area vasta preliminare è stata, quindi, oggetto di verifiche successive durante i singoli studi specialistici per le diverse componenti, con lo scopo di assicurarsi che le singole aree di studio definite a livello di analisi fossero effettivamente contenute all'interno dell'area vasta preliminare.

Gli ambiti territoriali di riferimento considerati nella descrizione del sistema ambientale sono prevalentemente definiti a scala di bacino Occidentale del Mediterraneo (o Mar di Sardegna/Mar di Corsica), mentre per le analisi di impatto si è fatto riferimento ad una scala locale estesa, quando possibile, fino alle località costiere più prossime all'area di intervento, ubicate in corrispondenza dei tratti costieri delle Province di Sassari e Oristano.

Al fine di sintetizzare le scelte fatte, di seguito si riassumono le singole aree di studio definite per le componenti ambientali di interesse.

2.2.2.1 Meteo-Oceanografia

In considerazione della tipologia di progetto e degli scopi del presente studio, l'analisi della componente è stata condotta a livello generale, mediante un inquadramento delle condizioni meteo-oceanografiche del bacino Occidentale del Mediterraneo. La caratterizzazione di dettaglio è stata effettuata sulla base dei dati disponibili in rete relativi all'area di interesse (Mar di Sardegna, Mar di Corsica) ed al territorio marino-costiero prospiciente (dati da Boa di Alghero, stazione di Capo Caccia e MedAtlas).

2.2.2.2 Suolo e Sottosuolo

La caratterizzazione di questa componente ha tenuto conto degli aspetti geologici strutturali, geomorfologici e geodinamici desunti dai dati disponibili in letteratura per quanto concerne il bacino Occidentale del Mediterraneo e in particolare per quanto concerne il bacino algero-liguro-provenzale per un inquadramento di maggior dettaglio.

2.2.2.3 Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi

La descrizione e la caratterizzazione di questa componente è stata condotta attraverso un inquadramento generale degli aspetti ecologici e naturalistici (biodiversità, habitat, biocenosi bentoniche, comunità biologiche della colonna d'acqua, risorse demersali e fauna ittica, mammiferi marini, rettili marini, avifauna e presenza di aree naturali protette) nell'ambito del bacino Occidentale del Mediterraneo (e dell'area di interesse quando possibile). La caratterizzazione di dettaglio ha tenuto conto principalmente dei risultati di campagne scientifiche effettuate in tali aree e delle informazioni disponibili in letteratura.

2.2.2.4 Rumore

La descrizione e la caratterizzazione della componente è stata condotta con particolare riferimento agli effetti del rumore sui recettori presenti nell'ambiente sottomarino. È stato realizzato un inquadramento generale della tematica attraverso la consultazione della letteratura disponibile in materia.

2.2.2.5 Aspetti Socio-Economici

Il contesto socio-economico è stato analizzato tramite descrizioni generali a livello di Bacino Occidentale mediterraneo e di sub regione (GSA11, Sardegna) per quanto riguarda la pesca e a livello regionale e in particolare delle Province più prossime all'area di interesse (Sassari ed Oristano) per quanto riguarda il comparto marittimo-portuale.

2.2.2.6 Impatti Cumulativi

La valutazione ha tenuto conto degli impatti cumulativi derivanti dall'interazione tra gli impatti ambientali determinati dal progetto in esame e quelli causati da altre attività (prospezione, ricerca e coltivazione di idrocarburi, traffico marittimo, attività militari, etc.) eseguite nelle aree limitrofe alla Zona marina E e tra gli impatti derivanti dalle due tipologie di attività previste nel presente Studio (indagine 2D e indagine 3D).

3 METEO-OCEANOGRAFIA

L'analisi preliminare delle possibili interazioni tra le diverse fasi di progetto e la componente in esame ha determinato l'individuazione degli aspetti progettuali (fattori causali di impatto) in grado di incidere in maniera significativa sulla componente esaminata.

La caratterizzazione della componente ha permesso di conoscerne lo stato attuale e di individuare gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sulla base dei quali è stata effettuata la valutazione degli impatti generati dal progetto e sono state individuate, ove ritenuto opportuno, le rispettive misure di mitigazione.

Il presente capitolo è strutturato come segue:

- nel Paragrafo 3.1 sono riassunte le interazioni tra le singole fasi del progetto e la componente;
- nel Paragrafo 3.2 è riportata, a livello generale e di dettaglio per l'area di interesse, la descrizione dello stato attuale della componente, con particolare riferimento a:
 - condizioni meteorologiche,
 - oceanografia fisica (temperatura, salinità, circolazione e correnti, etc.),
 - oceanografia chimica (nutrienti, ossigeno disciolto, pH, etc.);
- nel Paragrafo 3.3 sono descritti gli elementi di sensibilità della componente;
- nel Paragrafo 3.4 è riportata la stima degli impatti e sono individuate le eventuali misure di mitigazione.

3.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE

Le interazioni tra il progetto e la componente in esame possono essere ricondotte principalmente a:

- emissioni di inquinanti dai motori e dai generatori della Nave Sismica;
- emissioni di inquinanti dai motori e dai generatori dei mezzi navali di supporto;
- prelievo di acqua di mare per il raffreddamento dei motori presenti sulla Nave Sismica e sui mezzi navali di supporto;
- prelievo di acqua di mare per usi igienico-sanitari a bordo della Nave Sismica e dei mezzi navali di supporto;
- scarichi di reflui di tipo civile, di acque di raffreddamento e di acque oleose (sentina e meteoriche) da parte della Nave Sismica e dei mezzi navali di supporto.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni del progetto con l'ambiente riportate nel Quadro di Riferimento Progettuale del presente SIA, la valutazione qualitativa della significatività degli aspetti progettuali in grado di determinare un impatto sulla componente in esame (fattori causali di impatto) viene riassunta nella seguente tabella.

Tabella 3.1: Meteo-Oceanografia – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente

Fattori Causali di Impatto	Non Significativa	Oggetto di Valutazione
ARRIVO IN SITO / ABBANDONO AREA INDAGATA		
Emissioni di inquinanti (da Nave Sismica)		X
Emissioni di inquinanti (da mezzi navali di supporto)		X
Prelievo acqua di mare per raffreddamento motori (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)	X	
Prelievo acqua di mare per usi igienico-sanitari (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)		X
Scarichi idrici (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)		X
STENDIMENTO / RECUPERO APPARECCHIATURE		
Emissioni di inquinanti (da Nave Sismica)		X
Emissioni di inquinanti (da mezzi navali di supporto)		X
Prelievo acqua di mare per raffreddamento motori (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)	X	
Prelievo acqua di mare per usi igienico-sanitari (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)		X
Scarichi idrici (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)		X
ESECUZIONE RILIEVO GEOFISICO		
Emissioni di inquinanti (da Nave Sismica)		X
Emissioni di inquinanti (da mezzi navali di supporto)		X
Prelievo acqua di mare per raffreddamento motori (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)	X	
Prelievo acqua di mare per usi igienico-sanitari (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)		X
Scarichi idrici (Nave Sismica e mezzi navali di supporto)		X

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa.

In particolare si è ritenuto di escludere i prelievi di acqua di mare per il raffreddamento dei motori della Nave Sismica e dei mezzi di supporto, durante l'intero corso di entrambe le indagini (2D e 3D), in virtù dei modesti quantitativi e della disponibilità della risorsa. Tali quantitativi saranno inoltre restituiti al corpo idrico marino senza subire alcun tipo di modifica.

Nei paragrafi successivi si riporta la caratterizzazione della componente (Paragrafo 3.2), evidenziandone gli eventuali elementi di sensibilità e identificando i recettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto (Paragrafo 3.3). La valutazione degli impatti ambientali, unitamente alle misure mitigative che si prevede di adottare, è riportata al Paragrafo 3.4.

3.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE

Il Mar Mediterraneo è un mare interno compreso fra le coste meridionali dell'Europa, settentrionali dell'Africa e occidentali dell'Asia Occidentale, che si estende (non considerando il Mar Nero ed il Mar di Marmara), per circa 2,505,000 km², con una profondità media di 1,430 m ed una massima, presso le coste Sud-Occidentali del Peloponneso, di 5,121 m (Enciclopedia Treccani, 2013^{*}).

Geograficamente il Mediterraneo viene suddiviso in due settori: occidentale e orientale, con un limite posto lungo la congiungente Capo Bon-Capo Boeo, che attraversa in direzione OSO-ENE il Canale di Sicilia.

Una diversa suddivisione, principalmente legata a scopi di analisi del bacino, così come convenzionalmente definita nell'ambito della Convenzione di Barcellona-UNEP/MAP, distingue No. 4 settori, tre dei quali costituiscono il settore orientale precedentemente citato, come evidenziato in Figura 3.1 (UNEP, 2012):

- Mediterraneo Occidentale;
- Mar Ionio e Mediterraneo Centrale;
- Mare Adriatico;
- Mediterraneo Orientale (Egeo-Levantino).



Figura 3.1: Suddivisione del Mediterraneo in 4 Sottobacini (UNEP, 2012)

Il Mediterraneo Occidentale, in particolare, si estende dallo Stretto di Gibilterra fino alle coste occidentali della penisola italiana ed è suddiviso, da O ad E in:

* I riferimenti sono riportati in fondo al testo.

- Mare di Alborán, tra le coste settentrionali del Marocco e dell'Algeria e quelle meridionali della Spagna;
- Mare delle Baleari e Mare di Sardegna, tra le Isole Baleari e la Sardegna;
- Mar Ligure, lungo le coste della Liguria, della Corsica occidentale e della Toscana settentrionale;
- Mar Tirreno, tra le coste orientali della Corsica e della Sardegna, quelle settentrionali della Sicilia e quelle occidentali dell'Italia centro-meridionale.

Nel seguito del Paragrafo si farà pertanto riferimento generalmente al Mediterraneo Occidentale, per quanto riguarda la caratterizzazione dell'Area Vasta (Figura 3.1), ed al Mar di Sardegna/Mar di Corsica, per quanto riguarda l'area di dettaglio (Figura 3.2).



Figura 3.2: Limiti dei Mari Italiani – Suddivisione adottata per l'Emissione delle Informazioni Nautiche (IIM, 2014)

3.2.1 Caratterizzazione Meteoclimatica

3.2.1.1 Climatologia

Il Mar Mediterraneo è caratterizzato, a livello climatico, da temperature calde, precipitazioni concentrate nel periodo invernale, estati secche ed una profusione di microclimi dovuti alle condizioni ambientali locali (Ludwig et al., 2003). Le temperature medie annue seguono un gradiente marcato da Nord a Sud al quale sono sovrainposti gli effetti orografici locali. Le temperature medie minime inferiori a 5°C sono state riscontrate tra le alture delle Alpi, mentre temperature superiori ai 20°C sono tipiche delle zone meridionali. Le precipitazioni medie annue hanno un gradiente generalmente decrescente da Nord a Sud. I valori di precipitazione annui compresi tra 1,500-2,000 mm ed oltre si riscontrano presso le regioni alpine e pireneiche delle sorgenti dei fiumi Rodano ed Ebro.

Il forte contrasto di precipitazioni tra estate e inverno è la principale caratteristica del clima Mediterraneo. Tale contrasto si accresce, da Nord verso Sud e da Ovest verso Est (Ludwig et al., 2003).

Le precipitazioni occorrono principalmente tra l'inverno e l'autunno e, spesso, l'estate contribuisce per meno del 10% del totale annuo. Precipitazioni intense durante l'autunno sono tipiche della costa spagnola, francese ed italiana. I soli fiumi Rodano ed Ebro contribuiscono per oltre il 20% all'apporto di acque dolci in Mediterraneo.

Misurazioni altimetriche hanno mostrato che l'altezza della superficie del mare del bacino Mediterraneo è cambiata nell'ultima decade. Negli ultimi 25 anni il tasso di accrescimento della temperatura superficiale marina di tutti i mari europei è stato di circa 10 volte superiore rispetto al tasso medio di accrescimento dell'ultimo secolo. Nel Mar Mediterraneo, il riscaldamento avviene tre volte più velocemente rispetto alla media globale degli ultimi 25 anni. Anche le acque profonde del bacino occidentale hanno iniziato ad evolversi lentamente dal 1970, con incrementi in temperatura e salinità (Rixen et al., 2009), mentre la SST (Sea Surface Temperature – Temperatura Superficiale Marina) ha subito un incremento nella media annua di circa 1°C, in 30 anni, principalmente dovuto alle temperature più calde del periodo invernale.

Inoltre, le acque dense formatesi in inverno nella piattaforma continentale del Golfo del Leone potrebbero contribuire in maniera significativa alle modifiche delle caratteristiche delle acque profonde occidentali.

Sia il monitoraggio climatico, sia gli studi modellistici hanno rivelato un trend generale verso condizioni più asciutte e calde, iniziato ormai già nell'ultimo secolo e che si prevede continui anche in un prossimo futuro (Giorgi & Lionello, 2008). Sono prevedibili forti ripercussioni sugli scarichi delle acque dolci fluviali ed i cambiamenti degli input fluviali in Mediterraneo sono pertanto considerati come potenziali fattori di influenza dei cambiamenti a lungo termine negli ecosistemi marini. Per i bacini di drenaggio del Bacino Occidentale esiste un trend negativo altamente significativo delle precipitazioni, con un decremento medio di circa l'11%. Il decremento è particolarmente importante nel Mar di Alboran (34%). Le temperature, d'altro canto, sono fortemente aumentate. Lespinas (2008), in uno studio regionale dei bacini costieri fluviali del Golfo del Leone, riporta un aumento medio di circa 1.5°C avvenuto nel periodo 1965-2004. Benché le precipitazioni annue siano rimaste approssimativamente costanti, hanno mostrato una riduzione nello scarico di acque della regione, principalmente causato dalla riduzione delle riserve di acqua dei bacini interni (serbatoi sotterranei, nevi, etc.) legato alla temperatura.

Tali serbatoi possono ridurre lo scarico naturale delle acque fluviali, in particolare quando permettono l'estrazione di acque ad uso irriguo. Il Fiume Ebro in Spagna ne è un tipico

esempio in cui le arginature sono state sviluppate continuamente, nel tempo, per scopi agricoli (Ludwig et al., 2009).

3.2.1.2 Condizioni Anemologiche

In relazione alla sua posizione geografica, alla forma delle coste ed alla natura delle terre che lo circondano - in gran parte montuose o desertiche - il Mediterraneo presenta, in molte sue zone, dei venti caratteristici dotati ciascuno di una propria particolare fisionomia e normalmente associati a determinate condizioni di tempo, come mostrato nella seguente Figura 3.3, tratta dall'Agenda Nautica dell'Istituto Idrografico della Marina.

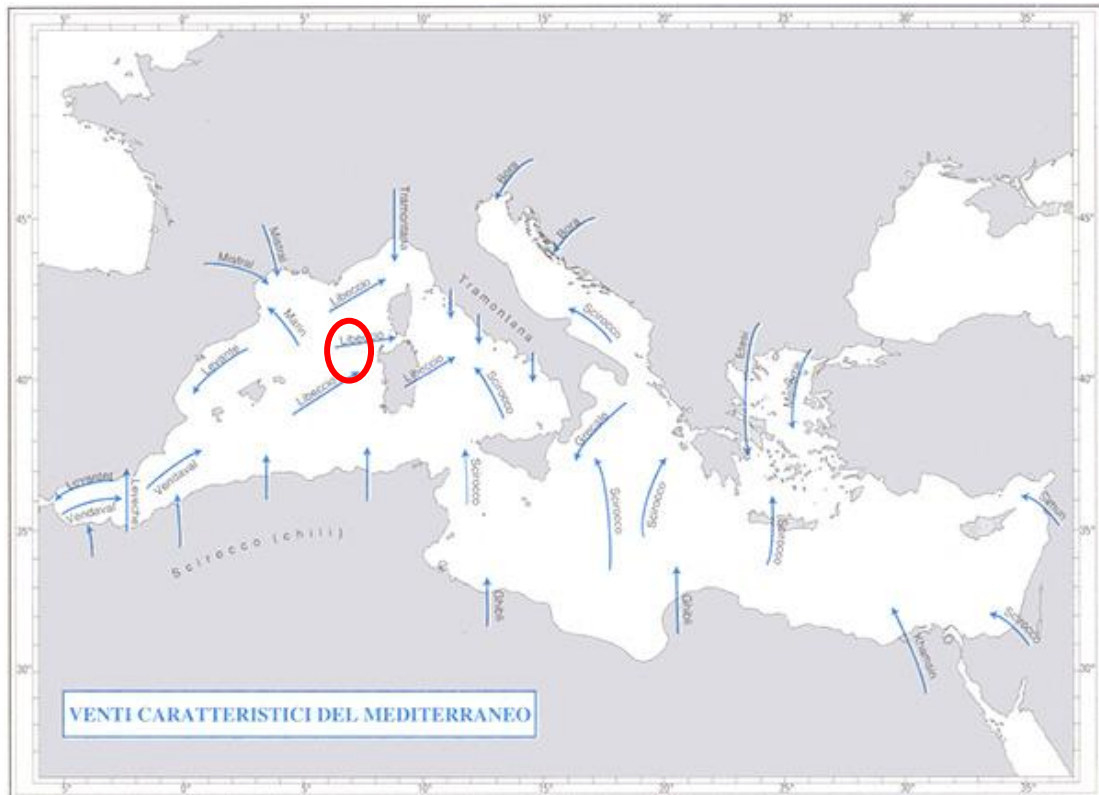


Figura 3.3: Venti Caratteristici del Mediterraneo con Indicazione dell'Area di Interesse

In particolare, nel seguito si descrivono i principali venti influenti sul Bacino Occidentale del Mediterraneo e sull'area di interesse (caratterizzata dalla presenza prevalente di venti di Libeccio provenienti da Ovest e Sud-Ovest).

Scirocco: è il vento meridionale che soffia dai deserti situati a S e ad E del Mediterraneo. Lungo le coste meridionali ed orientali di questo mare è molto caldo, secco e polveroso; si umidifica poi, e, a partire all'incirca dalla latitudine di Malta, si presenta come un vento più o meno di SE, caldo, umido e di solito debole o moderato. Quando è forte, conserva la sua secchezza per distanze molto maggiori e proviene più da SO che da SE. Un vento del genere viene osservato ogni tanto anche sull'Europa occidentale, su cui passa portando polvere in sospensione fin verso la Danimarca. Lo scirocco forte a volte si spinge a settentrione pure lungo le coste orientali del Tirreno e dell'Adriatico.

Mistral: è un vento freddo da terra, più frequente d'inverno e in primavera, che soffia attraverso la costa meridionale francese e le adiacenti coste spagnole e italiane. In Francia, interessa tutta la fascia compresa tra Nizza e Perpignano; in Spagna, a volte si osserva fino alla valle dell'Ebro; in Italia, fino a Genova, ma non lungo tutta la riviera, essendo questa in buona parte protetta dalle montagne. La sua direzione di provenienza è, in genere, compresa tra NO e N, ma localmente può risultare sensibilmente diversa a causa delle influenze orografiche; a Perpignano, per esempio, il Mistral spira quasi da O. L'intensità del Mistral raggiunge forza 9 e più, con raffiche fino a 90 e 100 nodi; in prossimità della costa, inoltre, essa presenta spesso una variazione diurna associata al regime delle brezze, con un minimo nel pomeriggio, quando vi è la tendenza all'instaurarsi della brezza di mare.

Libeccio: è un vento da O a SO del Mediterraneo Nord-occidentale. Interessa principalmente la Corsica settentrionale, ove costituisce il vento predominante, ed il Golfo Ligure. Il Libeccio forte solleva alte onde al largo della parte Nord-occidentale della predetta isola. Le coste orientali di quest'ultima rimangono invece ridossate, ma, fra Capo Corso e Bastia, allo sbocco delle valli, si osservano spesso violenti groppi, denominati raggiate, che si verificano anche quando sull'opposto versante del promontorio spirano venti occidentali non molto forti. Tali venti determinano pure la formazione di caratteristiche nubi stazionarie, dette "balle de coton", che incappucciano i monti del promontorio stesso. Le burrasche di Libeccio producono mare agitato anche sulle coste orientali liguri e su quelle dell'alta Toscana, e nella stagione fredda portano in tali zone cielo coperto e tempo piovoso.

Tramontana: con tale nome vengono indicati, nel Mediterraneo, venti freddi settentrionali, in genere provenienti da NNO a NE, che a volte sono localmente contraddistinti da altri nomi caratteristici, come il Mistral. Venti di questo tipo sono spesso osservati: alle Baleari, ove costituiscono una continuazione del Mistral; sulla Corsica, ove si presentano anche con forza di burrasca da NE dopo una burrasca da Libeccio; sulle coste della penisola italiana e sul Tirreno; su Malta, ove in genere proviene da N e raramente è forte; a Cipro, ove è così chiamato un vento forte settentrionale, secco, che d'inverno raggiunge spesso forza di burrasca. Alle Baleari e in Corsica la Tramontana porta spesso pioggia o neve; sull'Italia e sul Tirreno, invece, è sovente accompagnata da bel tempo, con cielo sereno e aria limpida.

3.2.2 Oceanografia Fisica

3.2.2.1 Temperatura dell'Acqua e Salinità

3.2.2.1.1 Bacino Occidentale

I processi idrogeologici sono dovuti all'elevata variabilità del regime piovoso, all'influenza topografica ed alla distribuzione spaziale dell'uso del suolo e del terreno. La variabilità temporale delle precipitazioni intra e interannuali è una delle caratteristiche di questo clima, caratterizzato da una successione di periodi secchi ed inondazioni che localmente influiscono sulla salinità.

Il miglioramento della rete di sensori ha reso possibile l'osservazione di tali cambiamenti, i quali possono essere legati alla variabilità climatica o naturale associata alle oscillazioni Nord-Atlantiche. La temperatura e la salinità sono monitorate su basi e dati regolari da diversi sensori disponibili online (si veda ad esempio il progetto GMES, <http://www.gmes.info/index.php>; il progetto MOON <http://www.moon-oceanforecasting.eu/>) e su database sia a scala regionale, sia a scala subregionale (progetto MEDAR, <http://www.ifremer.fr/medar/>; <http://medar.ieo.es/>).

Di seguito si riporta l'andamento della temperatura e della salinità media superficiale del Mediterraneo per il periodo 1962-2001, realizzato sulla base di misurazioni ottenute nell'ambito del progetto MEDAR (Figura 3.4). In Figura 3.5 e Figura 3.6 si riporta inoltre l'andamento della temperatura e salinità superficiale stagionale (Primavera-Estate-Autunno-Inverno), di recente acquisizione (2012-2013) per il bacino mediterraneo occidentale, con indicazione dell'area interessata dalle attività in progetto.

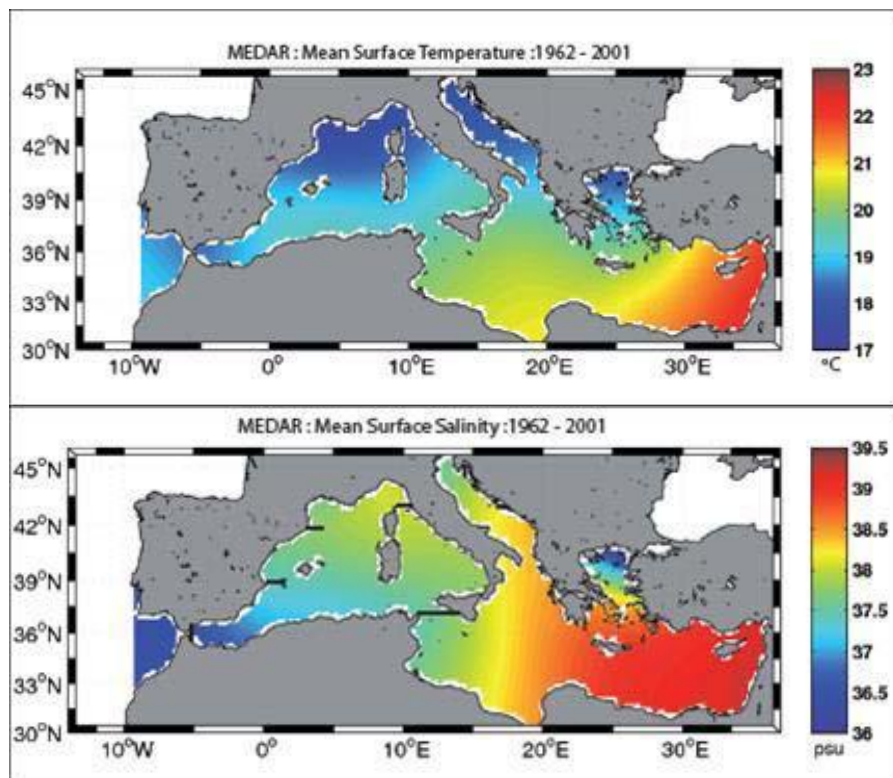


Figura 3.4: Temperatura e Salinità Superficiale Media del Mediterraneo (Serie Storica 1962-2001)

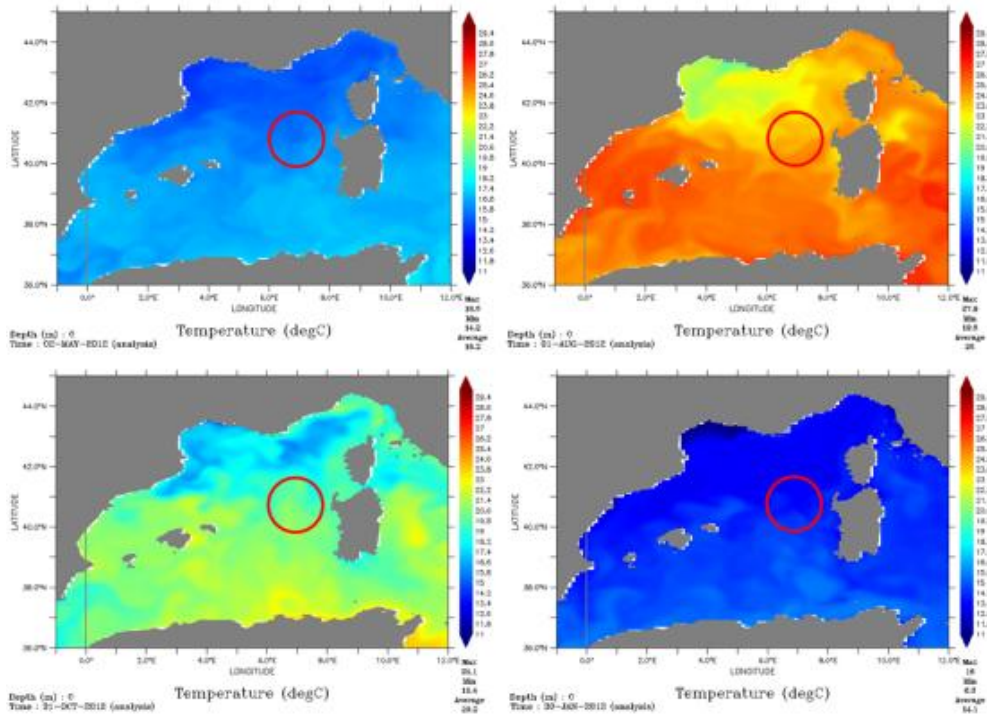


Figura 3.5: Temperatura Superficiale del Bacino Occidentale (2012-2013)
 (<http://bulletin.mercator-ocean.fr>) con Indicazione dell'Area di Indagine

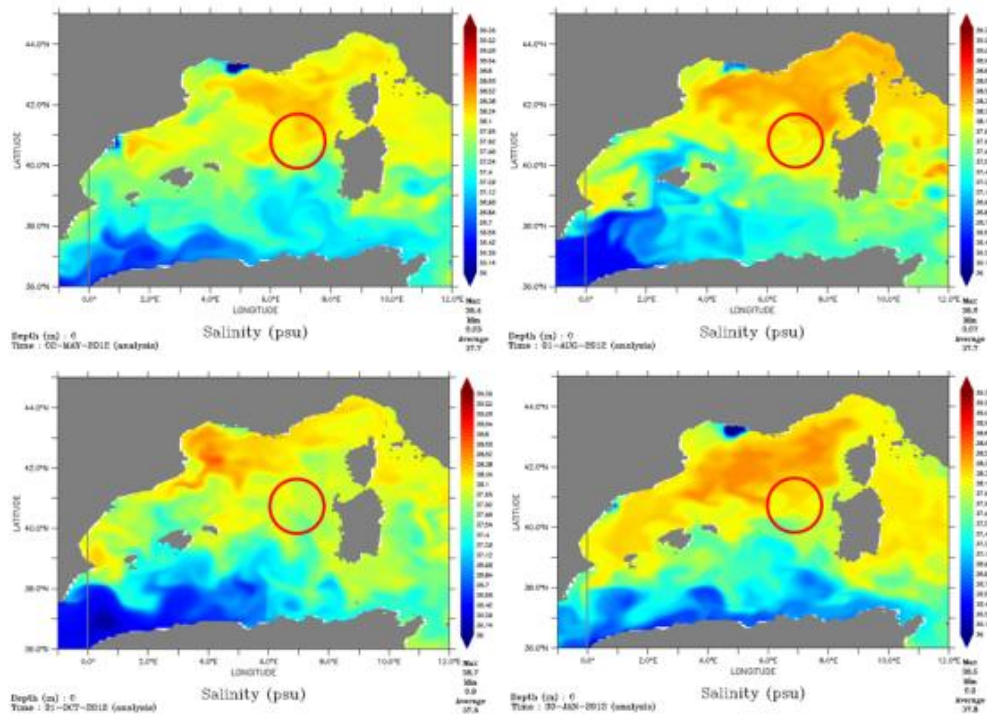


Figura 3.6: Salinità Superficiale del Bacino Occidentale (2012-2013)
 (<http://bulletin.mercator-ocean.fr>) con Indicazione dell'Area di Indagine

Sostanzialmente la Figura 3.5 e la Figura 3.6 confermano quanto indicato dalla serie storica 1962-2001, riportando, per l'area di interesse, valori di temperatura con nette variazioni stagionali (dai 13-15°C invernali ai 23-25°C estivi) ed una temperatura media annua intorno ai 18°C (come da Figura 3.4) e valori di salinità sempre compresi tra i 37.5 ed i 38.5 psu per un valore medio annuo intorno ai 38 psu (come da Figura 3.4).

3.2.2.1.2 *Area di Intervento*

Per quanto riguarda l'area di intervento, di seguito si riportano alcuni grafici stagionali relativi a Temperatura e Salinità elaborati nell'ambito del progetto MEDAR/MEDATLAS II, su dati rilevati nel periodo compreso tra il 1910 ed il 1999, così come resi disponibili dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (Sito web: <http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>), per il Mar di Sardegna (settore DF1, all'interno del quale ricade la maggior parte dell'area di indagine).

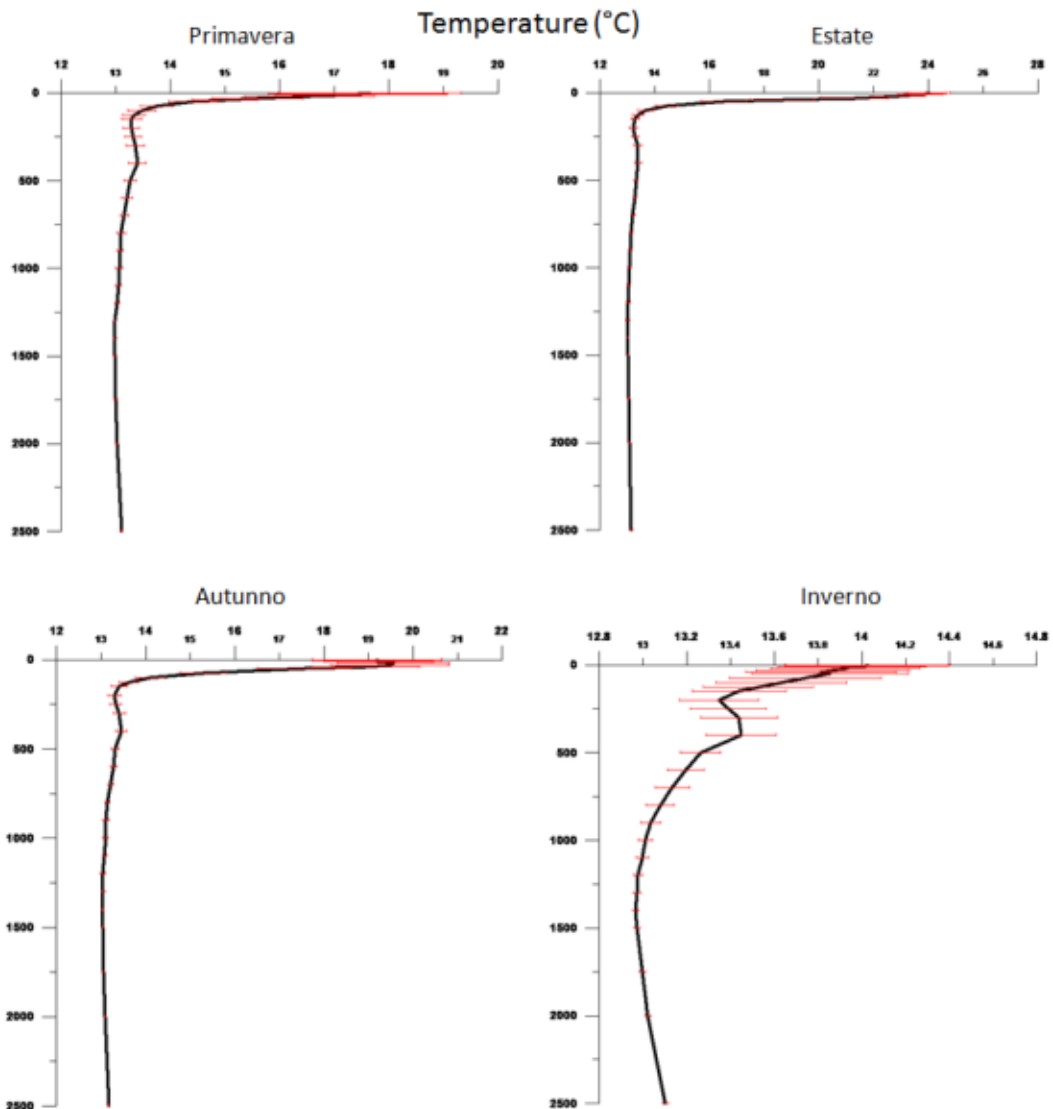


Figura 3.7: Mar di Sardegna – Profili Climatici Stagionali di Temperatura (°C)
[\(http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/\)](http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)

La serie storica analizzata, riferita al Mar di Sardegna, mostra, a livello di temperatura superficiale dell'acqua, valori medi conformi a quanto indicato precedentemente al Paragrafo 3.2.2.1.1, con una media:

- primaverile variabile tra i 16 ed i 19°C;
- estiva tra i 23-25°C;
- autunnale tra i 18 ed i 21°C;
- invernale tra 13.6 e 14.4°C.

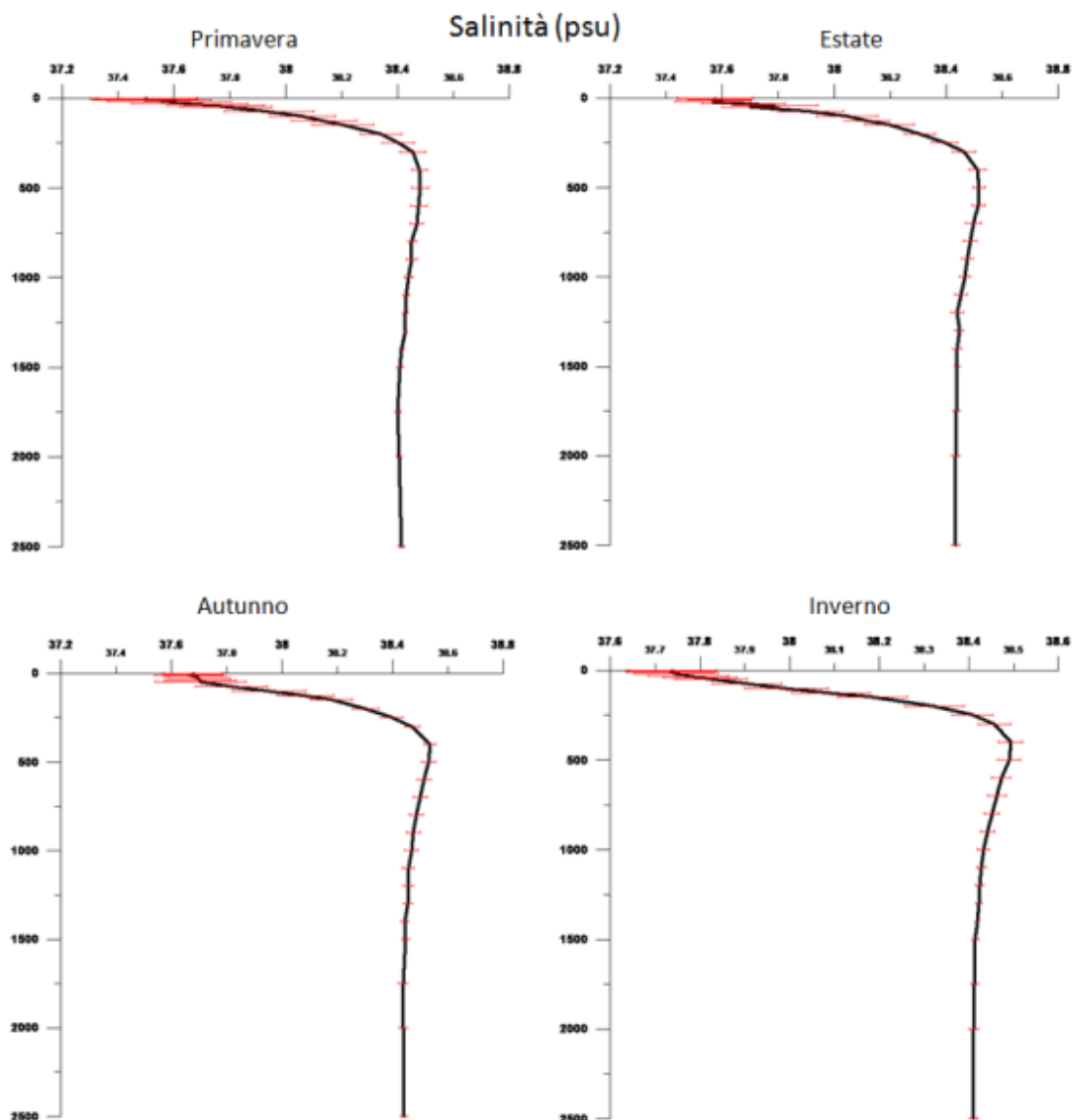


Figura 3.8: Mar di Sardegna – Profili Climatici Stagionali di Salinità (psu)
[\(http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/\)](http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/)

Anche per quanto riguarda la salinità superficiale la serie storica analizzata mostra valori medi conformi a quanto indicato precedentemente al Paragrafo 3.2.2.1.1, con una media:

- primaverile variabile tra 37.3 e 37.7;
- estiva tra 37.4 e 37.7;
- autunnale tra 37.6 e 37.8;
- invernale tra 37.7 e 37.8.

3.2.2.2 Regime Ondoso

La caratterizzazione del regime ondoso ha tenuto conto principalmente delle serie storiche derivate dai dati misurati dalla Rete Ondametrica Nazionale presso la Boa Idromare di Alghero (situata a circa 4 km dalla costa e circa 44 km ad Est dell'area di interesse) e dell'Istituto Idrografico della Marina, presso la stazione di Capo Caccia (situata sulla costa circa 48 km ad Est dell'area di interesse), pubblicate dal Servizio Mareografico dell'ISPRA (Sito web: www.idromare.it), oltre ai dati del database MedAtlas rilevati per il periodo 1999-2004 in un punto situato nel centro della Zona Marina E (MEDAR Group, 2002) (Figura 3.9).

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi delle informazioni disponibili.

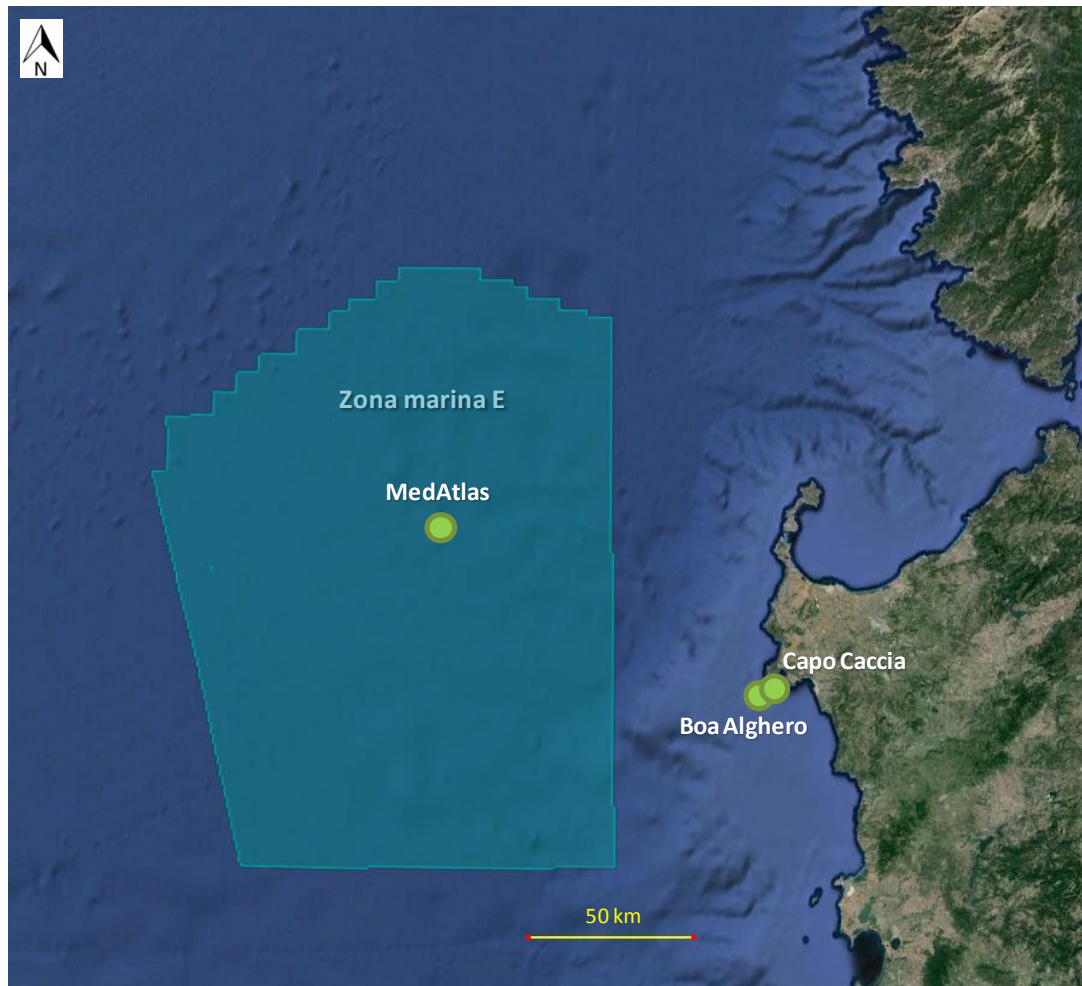


Figura 3.9: Ubicazione Boa di Alghero

I rilevamenti disponibili per la boa di Alghero coprono il periodo 1 Luglio 1989 – 5 Aprile 2008.

In Figura 3.10 sono mostrati con un grafico tipo “rosa dei venti” i dati relativi all’altezza significativa spettrale ed alla direzione media di provenienza del moto ondoso riferiti alla serie storica 1989-2008.

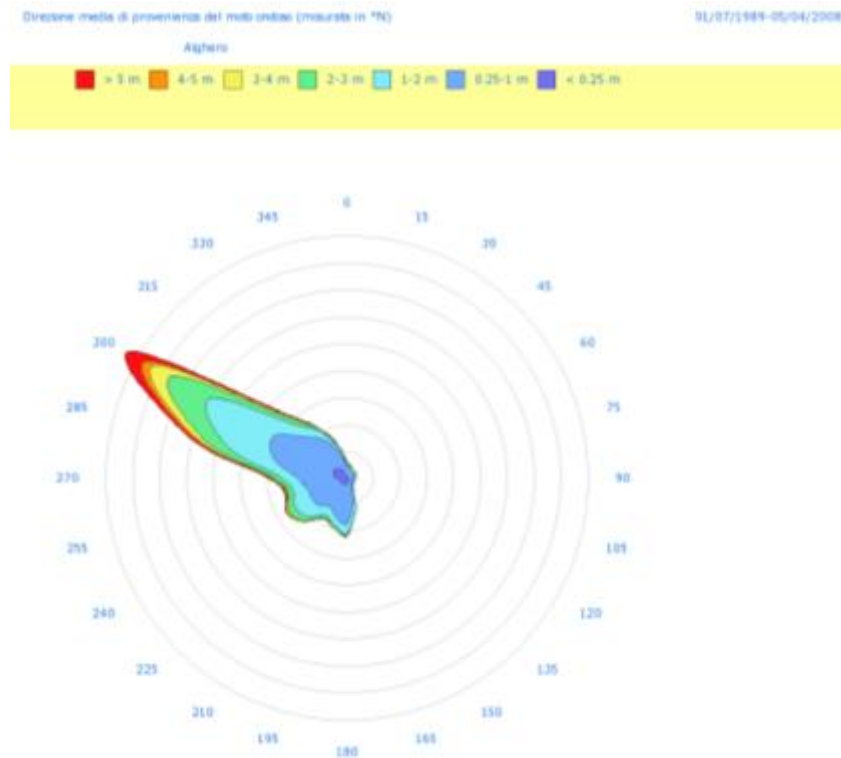


Figura 3.10: Boa di Alghero – Direzione Media di Provenienza del Moto Ondoso 1989-2008 (Sito web: www.idromare.it)

Dall’esame della figura è possibile notare come la direzione media del moto ondoso provenga principalmente dal settore Ovest-Nord-Ovest.

L’altezza significativa raggiunge punte fino a oltre 5 m per i moti ondosi principali (O-N-O). Il numero complessivo delle calme è pari al 10% del totale.

Nella Figura 3.11 sono quindi rappresentati i dati del moto ondoso rilevati nell’anno 2007 (anno più recente completo) e suddivisi in trimestri (Gennaio-Marzo, Aprile-Giugno, Luglio-Settembre e Ottobre-Dicembre).

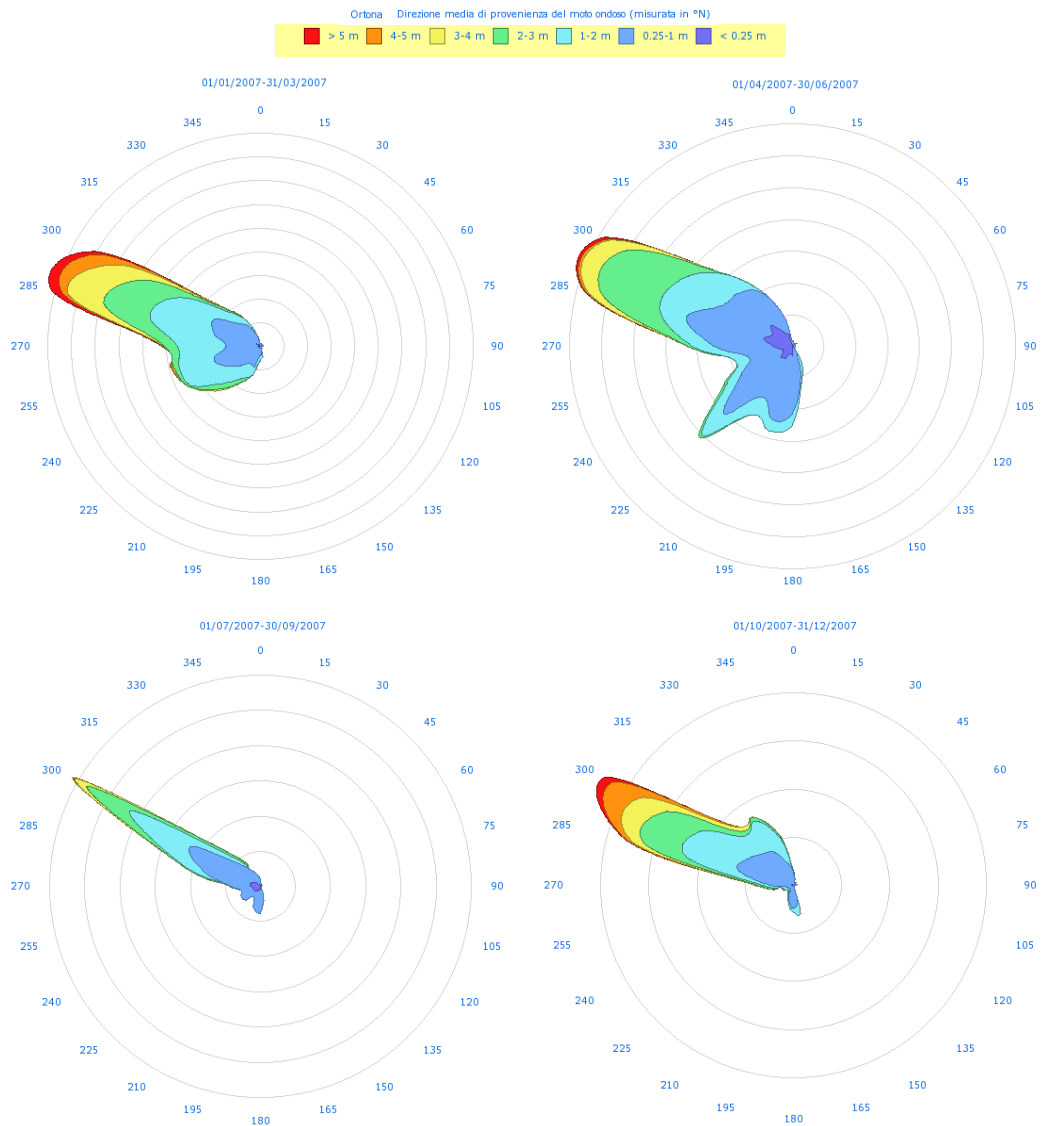


Figura 3.11: Boa di Alghero – Direzione Media Stagionale di Provenienza del Moto Ondoso – Anno 2007 (Sito web: www.idromare.it)

L'esame della figura mostra quanto segue:

- nel periodo invernale (trimestre Gennaio – Marzo) la direzione media di provenienza del moto ondoso è principalmente da Ovest-Nord-Ovest, con altezza significativa prevalente compresa tra <0.25 e 3-4 m, con picchi fino a oltre 5 m. Il numero delle calme è pari al 2% del totale;
- nel periodo primaverile (trimestre Aprile-Giugno) la direzione media prevalente del moto ondoso è da Ovest-Nord-Ovest, con altezza significativa generalmente tra <0.25 e 2-3 m e secondariamente da Sud-Ovest e da Sud, con altezza significativa compresa entro 2 m circa (picchi fino a 3 m). Il numero delle calme è pari al 15% del totale;

- nel periodo estivo (trimestre Luglio-Settembre) il moto ondoso presenta una distribuzione netta della direzione media da Nord-Ovest, con altezza significativa generalmente tra <math><0.25</math> e 2-3 m (picchi fino a 4-5 m). Il numero delle calme è pari al 13% del totale;
- nel periodo autunnale (trimestre Ottobre-Dicembre) la direzione media si distribuisce principalmente tra Ovest-Nord-Ovest e Nord-Ovest con un minimo contributo da Sud. L'altezza significativa generalmente è ben distribuita rappresentando tutte le classi da <math><0.25</math> fino agli oltre 5 m. Il numero delle calme è pari al 1% del totale.

I dati provenienti dalla Rete Ondametrica Nazionale sono inoltre stati rielaborati da APAT al fine di fornire una descrizione statistica delle varie grandezze fisiche relative allo stato del mare prospiciente i settori costieri della penisola italiana, determinando la distribuzione direzionale degli eventi in funzione di classi di altezza significativa (onde basse, medie, alte) e l'analisi approfondita degli eventi di mareggiata verificati nell'intero settore o parte di esso. I risultati dello studio, relativi al periodo 1989-2003, sono riportati nella pubblicazione "Atlante delle Coste – Il moto Ondoso al largo delle Coste Italiane" (disponibile sul Sito web: www.isprambiente.it). L'area di intervento è ubicata circa 44 km ad Ovest del settore costiero denominato "C12 – Capo del Falcone – Capo Altano" (Figura 3.12), per il quale sono presenti 14.5 anni di dati.

La direzione caratteristica di provenienza degli eventi ondosi è 300°N in un intervallo compreso tra 295°N e 330°N .

Per le onde basse sono presenti altre due direzioni di provenienza, Sud, 190°N e Sud-Ovest, 225°N .

Le onde medie e alte (Figura 3.12) si concentrano intorno alla direzione caratteristica 300°N , senza mostrare variazioni stagionali.

Il 75% delle mareggiate proviene da 300°N , il massimo osservato di H_{m0} è di circa 10 m. Solo nel 5% dei casi le mareggiate vengono da Sud-Ovest, tuttavia i massimi osservati di H_{m0} in questa direzione hanno raggiunto i 5.5 m.

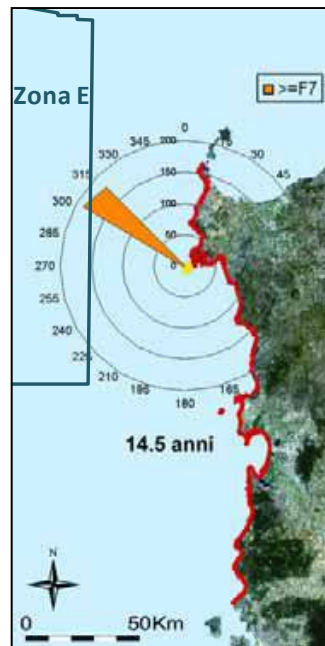


Figura 3.12: Tratto Costiero da Capo del Falcone a Capo Altano – Onde Alte (APAT, 2003)

Per le mareggiate (onde alte) viene quindi riportato un elenco dei dati caratteristici (es: durata, altezza d'onda, direzione media, etc.) e la rappresentazione grafica dei massimi delle mareggiate, tramite *scatterplot*¹. In Figura 3.13 è riportato il grafico *scatterplot* per la stazione "Alghero", dal quale si osserva una direzione media prevalente delle onde da Nord-Ovest, con valori di altezza massimi pari a circa 6.5 m.

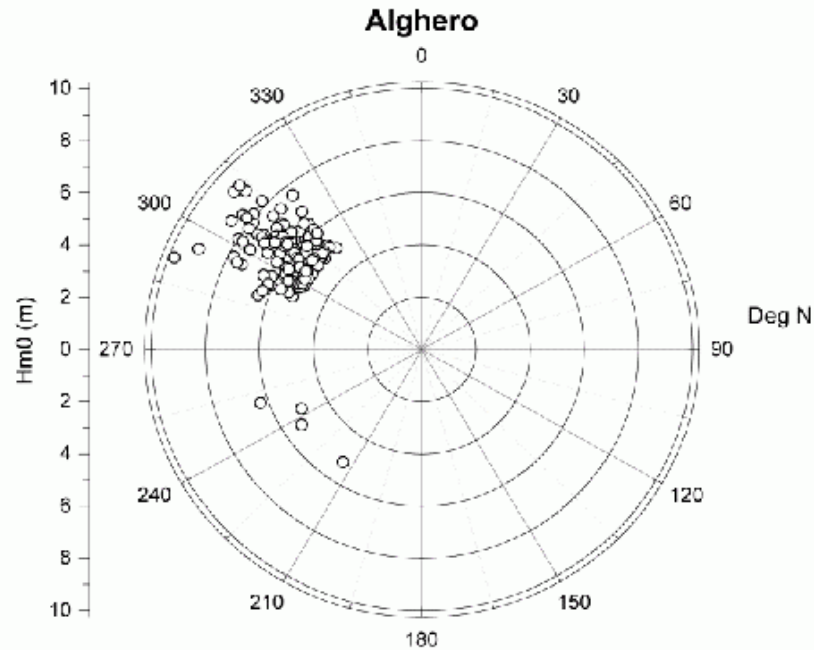


Figura 3.13: Altezze d'Onda Massime – Stazione di Alghero (APAT, 2003)

A conferma dei dati sopra esposti, si riportano le osservazioni riguardanti lo stato del mare ricavate dalle misurazioni dell'Istituto Idrografico della Marina, presso la stazione di Capo Caccia a circa 48 km dall'area di interesse (Figura 3.9), per un periodo di 39 anni, tra il 1961 ed il 1990.

Per quanto riguarda lo stato del mare, è stata registrata una frequenza media intorno al 55% di mare forza 2-3 della scala Beaufort (onde di altezza media inferiori ad 1 m) ed intorno al 20% rispettivamente di mare calmo e di mare forza 4-5. Il 5% degli eventi infine, sono rappresentati da mare forza 6-8 (onde di altezza media oltre i 5 m), concentrati maggiormente nel periodo invernale (Figura 3.14).

Anche per le mareggiate e la loro durata massima si conferma una concentrazione nei periodi invernali, con mare forza 6-8, con direzioni prevalenti da Nord-Ovest e, meno frequenti, da Sud-Ovest ed Ovest (Figura 3.15), legate alla direzione prevalente delle burrasche, come mostrato in Figura 3.16.

¹ Lo scatterplot dei massimi di una mareggiata è una rappresentazione polare di direzione media di provenienza dell'onda significativa.

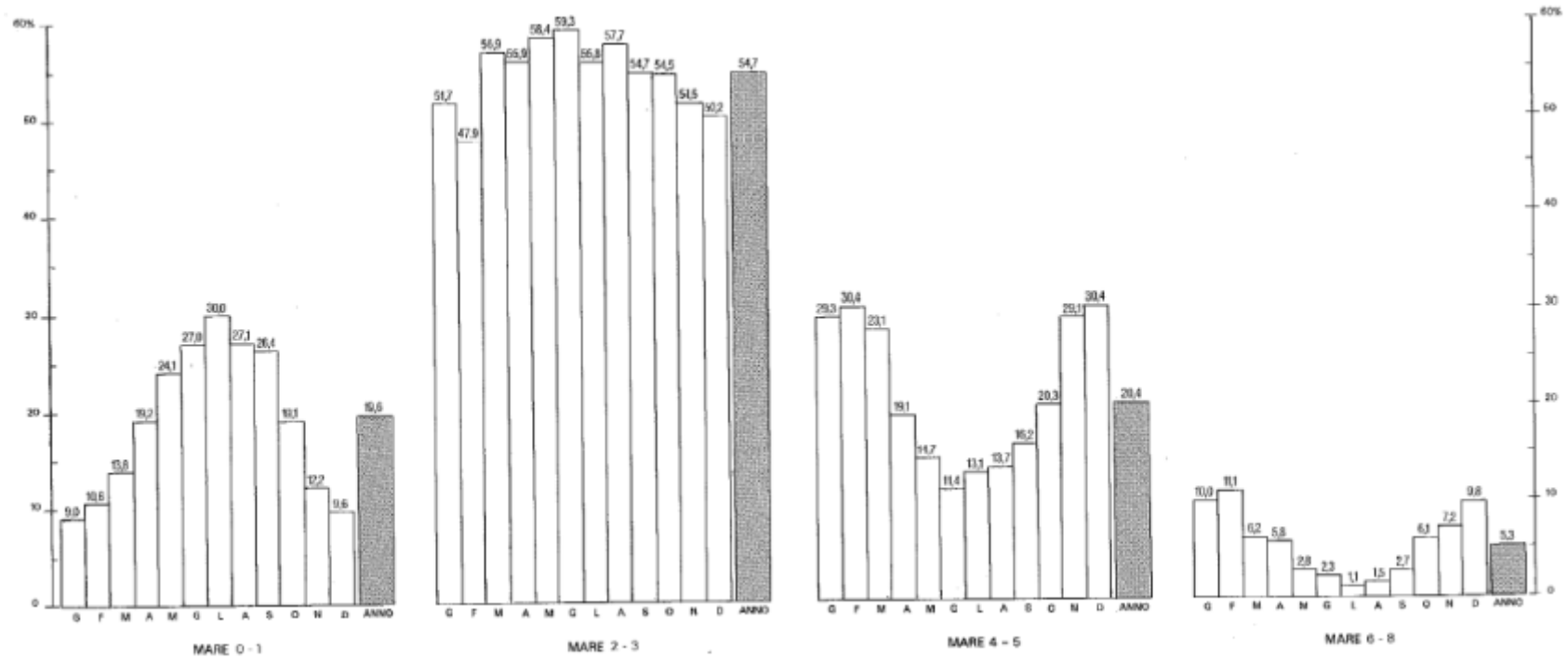


Figura 3.14: Capo Caccia – Stato del Mare, Frequenze Medie in Percento

MASSIMO MARE VERIFICATOSI NEI SINGOLI MESI E RELATIVE FREQUENZE

Mese	Stato del mare	Progresso in giorni	Direzione di provenienza
Gen.	8	14	9 NW - 4 W - 1 SW
Feb.	8	31	3 SW - 1 WSW - 3 W - 1 WNW - 21 NW - 2 NNW
Mar.	8	8	7 NW - 1 SW
Apr.	8	6	6 NW
Mag.	8	6	2 SW - 1 W - 3 NW
Giù.	7	8	3 SW - 4 NW - 1 NNW
Lug.	8	1	NW
Ago.	8	1	NW
Set.	7	8	1 W - 3 WNW - 4 NW
Ott.	8	8	8 NW
Nov.	8	8	1 SW - 1 W - 6 NW
Dic.	8	21	1 WNW - 20 NW

DURATA MASSIMA DELLE MAREGGIATE (mare 6 + 8)

Mese	Durata (ore)	Stato del mare	Direzione di provenienza
Feb.-Mar.	220	6-8	NW
Feb.-Mar.	160	6-8	SW
Gen.	154	6-7	NW
Dic.-Gen.	140	6-7	W
Nov.	130	6-7	NW
Dic.	130	6-8	NW
Feb.	120	6-8	NW
Dic.	120	6-8	NW
Nov.	115	6-8	NW
Mar.	110	6-8	NW
Dic.	110	6-8	NW
Dic.	110	6-7	W
Apr.	100	6-8	NW
Gen.	90	6-7	NW
Ott.	90	6-8	NW
Gen.	80	6-8	W
Feb.	80	6-8	NW
Feb.	80	6-8	SW
Dic.	78	6	NW
Feb.	75	6	W
Apr.	75	6-8	NW
Dic.	75	6-8	NW

Figura 3.15: Capo Caccia – Massimo Stato del Mare e Durata Mareggiate

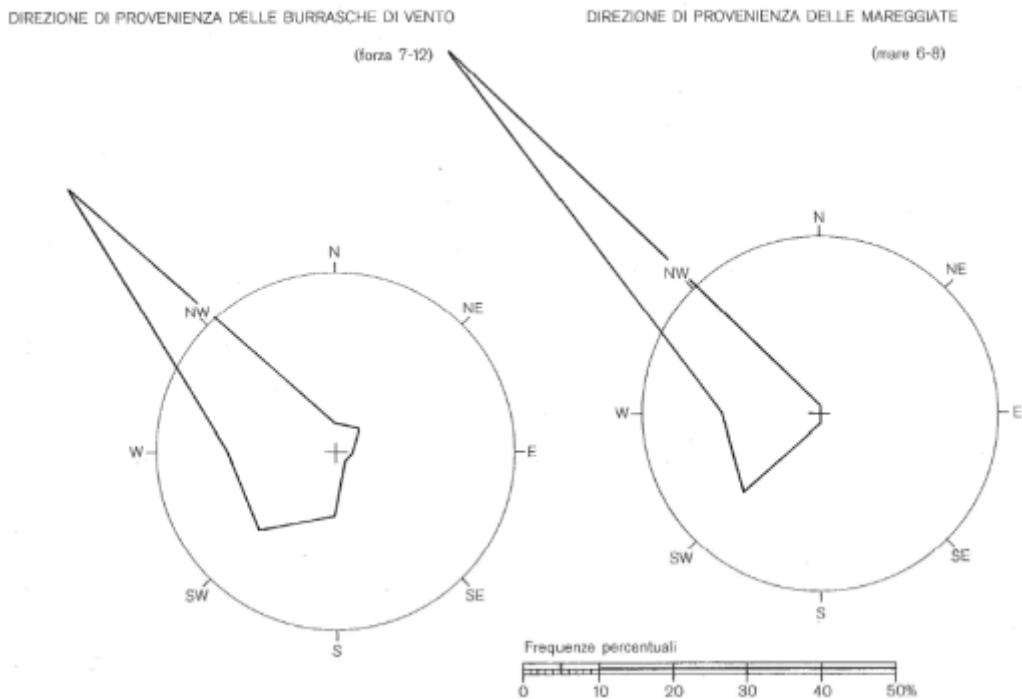


Figura 3.16: Capo Caccia – Direzione Burrasche e Mareggiate

Si riportano infine, di seguito, i dati statistici di Altezza d'onda e Direzione ottenuti dal database MedAtlas, relativi ad un punto situato circa 100 km ad Ovest della costa sarda, all'interno della Zona Marina E, con riferimento al periodo 1999-2004 (Tabella 3.2) (MEDAR Group, 2002).

Tabella 3.2: Altezza d'Onda Significativa – Percentuale di Accadimento per Settore di Provenienza (1999-2004) (MEDAR Group, 2002)

Dir	Hs													Total
	0-0.5	0.5-1	1-2	1.5-2	2-2.5	2.5-3	3-3.5	3.5-4	4-5	5-6	6-7.5	7.5-9	9-10	
0	0.9	1	0.35	0.3	0.2	0.05	0.05							2.85
30	1.55	1.65	0.8	0.6	0.3	0.15	0.1	0.1	0.1					5.35
60	0.6	0.8	0.65	0.35	0.1									2.5
90	0.45	0.65	0.3	0.05	0.05									1.5
120	0.8	1	0.7	0.3	0.15	0.05								3
150	2.5	2.65	0.95	0.5	0.3	0.05								6.95
180	1.85	1.85	0.9	0.15	0.1									4.85
210	1.25	1.75	1.15	0.65	0.35	0.1	0.05							5.3
240	1.65	3.1	2.15	1.45	0.75	0.5	0.2	0.1	0.1					10
270	3.05	3.55	1.75	0.9	0.6	0.25	0.1	0.15	0.05					10.4
300	4.8	6.95	5.5	3.85	3.1	2.15	1.7	1.05	1.4	0.65	0.35	0.05		31.6
330	2.1	3.15	2.3	1.8	1.4	1.1	1	0.8	0.95	0.45	0.25	0.05		15.4
Total	21.5	28.1	17.5	10.9	7.4	4.4	3.2	2.2	2.6	1.1	0.6	0.1		99.6

Da tale tabella si evidenzia come, a conferma di quanto rilevato sotto costa dalle stazioni di Capo Caccia e dalla Boa di Alghero, anche al largo della Sardegna sono state registrate onde di altezza fino a 7.5-9 m (circa 7 eventi tra il 1999 ed il 2004) con direzione prevalente sempre da Nord-Ovest.

3.2.2.3 Regime Correntometrico e Mareografico

3.2.2.3.1 Mar Mediterraneo – Bacino Occidentale

Una cella termoalina di grandi dimensioni interessa tutto il Mediterraneo, guidata principalmente dai deficit idrici e dai flussi di calore, compensati dagli scambi attraverso lo Stretto di Gibilterra. La formazione e conseguente dispersione di acque intermedie, insieme all'ingresso di acque Atlantiche attraverso lo Stretto di Gibilterra, contribuisce a questa circolazione termoalina. Oltre alla principale circolazione termoalina, numerosi fattori locali caratterizzano la circolazione Mediterranea, quali "gyre" e fronti. Le acque Atlantiche sono presenti quasi ovunque nel Bacino. Queste formano due "gyre" anticiclonici nel Mare di Alboran, forzati dalla batimetria, quindi si biforcano attorno alla Sardegna in due rami separati:

- uno nel Mar Tirreno come sorgente della circolazione ciclonica a larga scala presente nella parte Nord-Ovest del Mediterraneo;
- l'altro attraversa il Canale di Sicilia e penetra nel Mar Ionio.

Nella seguente figura si riportano le principali correnti del bacino Mediterraneo.

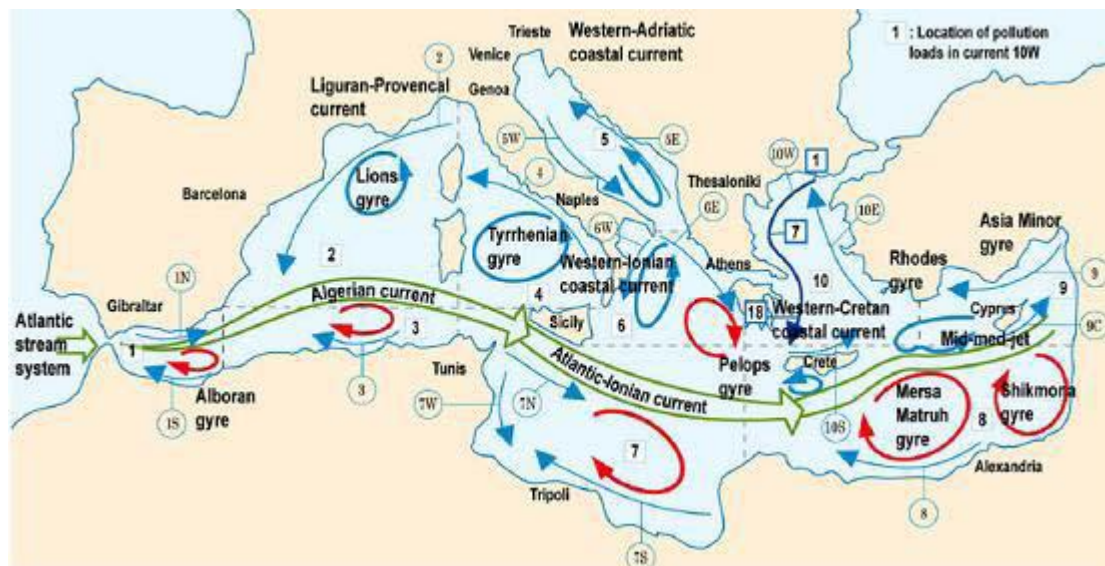


Figura 3.17: Principali Aree del Mediterraneo e Rappresentazione delle 18 Correnti Costiere (Ristampata da Stamou & Kamizoulis, 2009) (UNEP, 2012)

Il Mediterraneo Occidentale ha un budget idrico negativo: la perdita per evaporazione è superiore agli apporti dovuti alle precipitazioni, al deflusso dei fiumi principali e all'input dal Mar Nero. Siccome il bacino è limitato dagli Stretti di Gibilterra e di Sicilia, le acque calde superficiali in ingresso dall'Atlantico trasformate in acque dense del Mediterraneo rimangono per la maggior parte intrappolate nelle aree profonde.

La circolazione generale (corrente residua) è stata studiata a fondo durante le ultime decadi (Figura 3.18). Gli esperimenti MEDIPROD (1986-1987), PRIMO-0 (1990-1991) nei Canali di Corsica e delle Isole Baleari, PRIMO-1 (1998-1999) nel Canale di Tunisia e Sardegna, gli esperimenti THETIS-MAST-2, ALGIERS e ELISA-MAST-3 e le serie storiche hanno aiutato a fornire un modello costante di movimento. Dagli anni 2000, lo sviluppo di modelli e la loro validazione ha chiarito e sviluppato i meccanismi della circolazione generale in particolar modo nel bacino meridionale, e rimane valida nello schema generale (Millot, 1999).

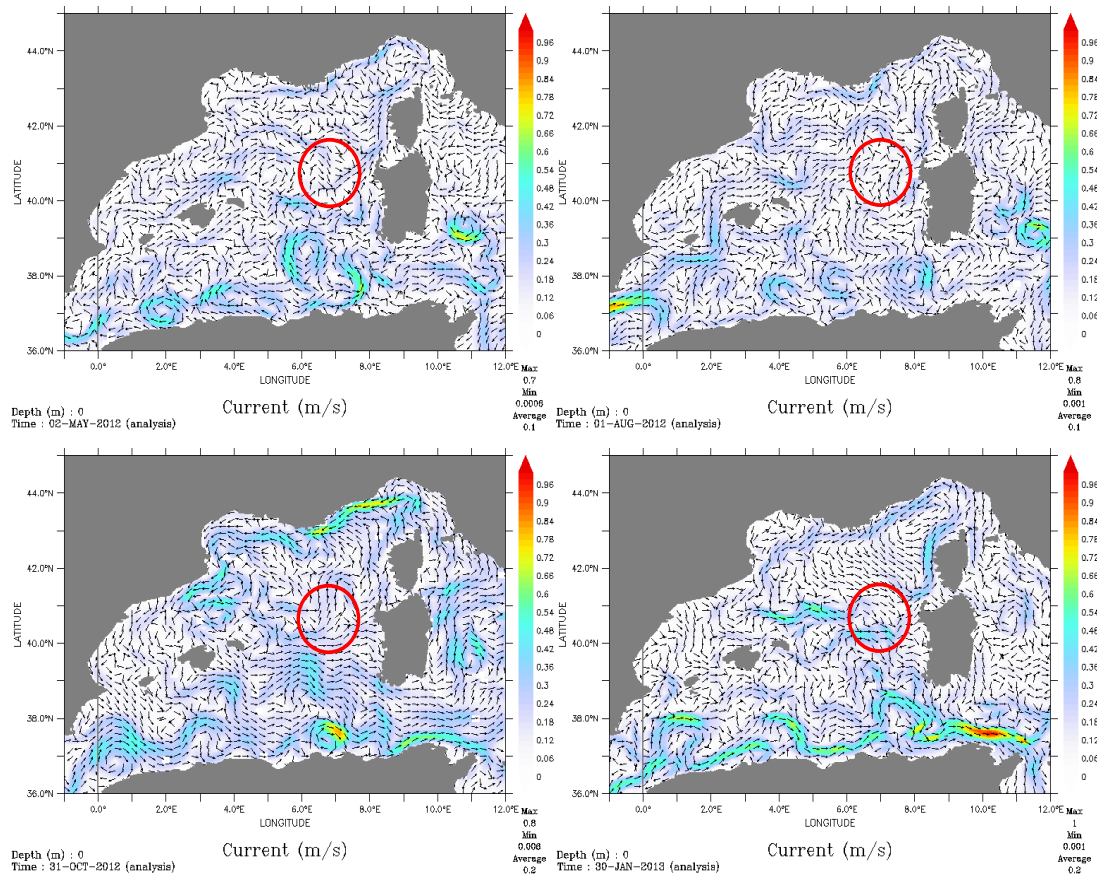


Figura 3.18: Circolazione Superficiale nel Bacino Occidentale del Mediterraneo (Primavera-Estate-Autunno-Inverno) (Mercator, <http://www.mercator-ocean.fr/>) e Indicazione dell'Area di Intervento

Durante la progressione verso Est, le acque Atlantiche diventano progressivamente più dense prima di essere trasformate in acque dense lungo la costa Nord africana (Bethoux et al., 2002; Gasparini et al., 2005). Il contributo delle acque formate nel bacino orientale (le Acque Levantine Intermedie – LIW), è altrettanto fondamentale alla formazione delle acque profonde del bacino occidentale attraverso il Canale Siciliano-Tunisino. Le circolazioni profonde nei due principali sottobacini, separati dallo Stretto di Sicilia, sono disaccoppiate e composte da due minori celle termoaline forzate da eventi di formazione di acque dense nel Golfo del Leone per il Mediterraneo occidentale.

Il carattere oceanografico principale di questa sottoregione è la forte corrente (Corrente Ligure-Provenzale), che lascia la costa italiana e si dirige verso Sud-Ovest lungo i margini continentali ed un intenso fronte che si stende dalle Baleari alla Sardegna. Condizioni idrografiche favorevoli causano la formazione di acque profonde ed intermedie, e ciò avviene, in Mediterraneo, quando forti venti e strutture cicloniche vengono osservate di frequente.

Le acque Levantine Intermedie del Mediterraneo orientale sono caratterizzate da elevati livelli di temperatura e salinità ed hanno un ruolo particolarmente rilevante nella circolazione termoalina e, di fatto, sono la componente principale delle acque del Mediterraneo orientale che si spostano verso il Mediterraneo occidentale attraverso il Canale di Sicilia. Inoltre

rappresentano la componente principale del flusso uscente da Gibilterra, il quale viene guidato, di fatto, dalla differenza di densità tra i due lati dello stretto. I venti del Nord e la circolazione permanente inducono la formazione di acque profonde, la quale avviene nel Golfo del Leone in inverno. Le caratteristiche (densità, temperatura e salinità) delle acque profonde sono determinate dal lungo accumulo di acque dense formatesi in periodi invernali susseguiti, sempre caratterizzati da superamenti dei livelli di soglia. All'uscita dello Stretto di Gibilterra, il flusso di acque salate del Mediterraneo si tuffa lungo la scarpata nell'Oceano Atlantico con una portata da 10 a 20 volte superiore rispetto al flusso in ingresso e influenza gli strati profondi e la circolazione termoalina dell'Atlantico. I volumi di acqua scambiati a Gibilterra sono per lo più stabiliti dalle condizioni locali nei pressi dello Stretto.

Come visto in precedenza, le acque Atlantiche in ingresso nel Bacino formano due “gyre” anticiclonici nel Mare di Alboran, forzati dalla batimetria, quindi si biforcano attorno alla Sardegna in due rami separati:

- uno nel Mar Tirreno come sorgente della circolazione ciclonica a larga scala presente nella parte Nord-Ovest del Mediterraneo;
- l'altro attraversa il Canale di Sicilia e penetra nel Mar Ionio.

Le acque tirreniche producono una vasta circolazione ciclonica nel Bacino Occidentale, con il “gyre” centrale situato tra le Isole Baleari e la Sardegna (regione di convezione delle acque profonde) (Figura 3.17).

Il fattore principale è la forte corrente (Corrente Liguro-Provenzale), che lascia la costa Italiana e si dirige verso Sud-Ovest lungo i margini continentali ed un intenso fronte che si stende dalle Baleari alla Sardegna.

Il flusso di acque atlantiche nel Mar di Alboran o la Corrente del Nord del Mar Ligure, mostrano movimenti verticali che inducono scambi significativi di proprietà tra lo strato superficiale e gli strati profondi. Tali movimenti verticali hanno un ruolo importante nel rifornimento eterogeneo di nutrienti nello strato di mescolamento e influiscono sulla distribuzione degli aggregati marini.

Nella parte meridionale, le correnti algerine sono instabili e generano (50-100 km) vortici con estensione verticale dal fondo fino a circa 3,000 m ed una vita media che varia dal mese all'anno. I vortici si propagano normalmente verso Est lungo la scarpata continentale ad una velocità di qualche km/giorno. Si possono distaccare ed andare alla deriva. Questa intensa attività è responsabile del dispacciamento di masse d'acqua a vari livelli (superficie, intermedio, profondo). Nella parte settentrionale, la corrente mostra un chiaro segnale stagionale ed è associata alla formazione di acque profonde. In inverno la corrente è più forte e veloce. I vortici generano importanti fenomeni di “upwelling” (risalita delle acque) e di subduzione. Lungo la scarpata continentale le correnti seguono canyon sottomarini e producono innalzamenti e spronfondamenti, topograficamente controllati, che influiscono sul trasferimento, attraverso la scarpata, di particolato e materiale biogenico. Tale processo può derivare da tempeste contemporanee che dilavano la piattaforma dalle acque marine o ostacolano gli intensi scarichi di acqua dolce (Ulses et al., 2008). Le aree di Piattaforma sono influenzate dalle dinamiche dei “plume” fluviali, dalla circolazione a meso-scala guidata dai venti e dal trasporto di acque dense che controllano gli scambi di acqua e di elementi biogeochimici dalle aree costiere verso l'interno del Bacino. Gli scarichi di acqua dolce dai grossi fiumi (Rodano, Po, etc.) producono flussi galleggianti altamente stratificati talvolta anche sotto la Piattaforma. Infine, le misure altimetriche hanno mostrato che la superficie del mare è cambiata nell'ultima decade. Il miglioramento della rete di sensori ha

reso possibile l'osservazione di tali cambiamenti, i quali possono essere legati alla variabilità climatica.

I venti da Nord-Ovest (Mistral, Tramontana) che interessano la costa Nord del Bacino Occidentale del Mediterraneo influenzano le correnti generate nella parte settentrionale del bacino. Benché di influenza minore sull'intero bacino, l'upwelling generato da tali venti e correnti causa fenomeni fisici complessi che promuovono la redistribuzione degli elementi disciolti e delle particelle ed il recupero dei nutrienti dalla superficie dell'acqua. Tale mescolamento provoca l'omogeneizzazione dell'acqua incluso il mescolamento con acque dei grandi fiumi come avviene presso il delta del Rodano e l'estuario dell'Ebro. Il periodo di aridità tra il 1990 ed il 2000, il significativo decremento dell'apporto idrico, l'intrappolamento dei sedimenti presso le dighe/argini, sono i principali fattori della riduzione del flusso di materiali dai fiumi. Studi dell'Agenzia Nazionale delle Risorse Idriche (ANRH) dell'Algeria hanno chiaramente sottolineato il legame tra la cessione dei sedimenti ed il tasso di scarico. I volumi di sedimenti intrappolati presso le dighe/argini in prossimità delle aree costiere, priva le spiagge dell'apporto di particelle solide.

3.2.2.3.2 *Area di Interesse*

La circolazione delle masse d'acqua superficiali dei mari attorno alla Sardegna è principalmente dovuta alla vena d'acqua Atlantica (AW) che alimenta la corrente Algerina (Mipaaf, 2011).

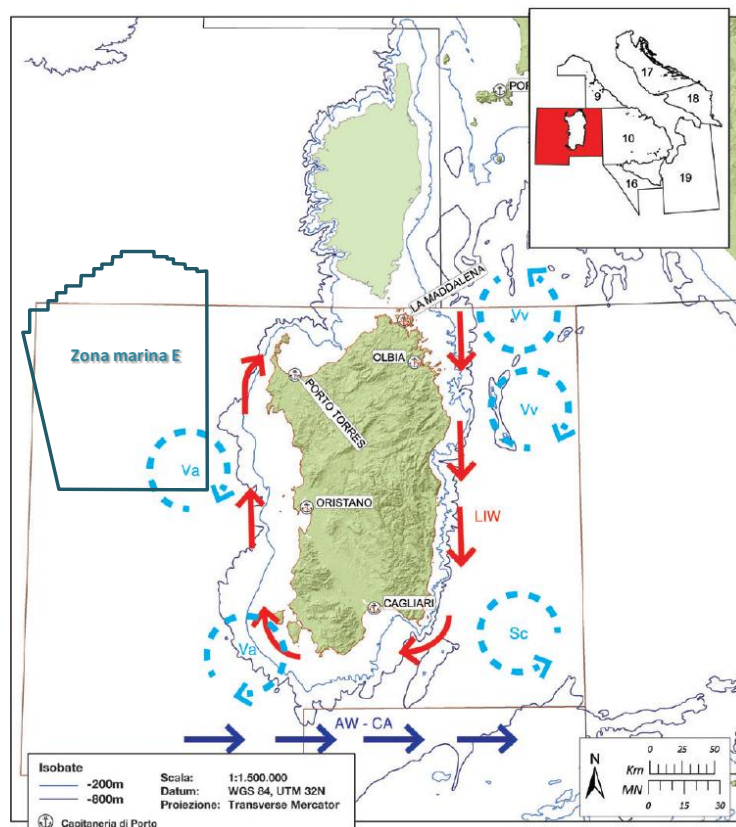


Figura 3.19: GSA11 - Circolazione delle Correnti Superficiali (AW) e Intermedie (LIW) (Va: Vortici Anticilonici; Vv: Vortici Indotti dal Vento; Sc: Struttura di Circolazione Ciclonica della Sardegna Orientale) (Mipaaf, 2011) e Zona Marina E

Tale corrente scorre verso Est lungo la scarpata continentale Africana, interessando normalmente un'area di circa 10 km e 100 m di profondità. Alla corrente algerina sono spesso associati vortici di varie dimensioni e durata. Alcuni di essi, costituiti esclusivamente di AW e caratterizzati da circolazione anticiclonica, possono avere diametri di 100-200 km ed interessare l'intera colonna d'acqua (fino a 3,000 m di profondità). Tali vortici possono durare per tempi lunghi e si possono allontanare dalla costa algerina accumulandosi tra le Baleari e la Sardegna. L'avanzamento verso Est di questi vortici di mare aperto è infatti topograficamente limitato dal Canale di Sardegna, ed i vortici sono forzati a muovere verso Nord (contribuendo all'instabilità del flusso di corrente ad Ovest di Sardegna e Corsica) prima di girare verso Ovest per tornare, infine, nel bacino algerino.

Una parte della AW fluisce attraverso il Canale di Sardegna nello Stretto di Sicilia. Un'altra parte fa ingresso nel Tirreno meridionale e circola in senso ciclonico lungo la scarpata delle Sicilia settentrionale e delle coste continentali italiane. Una vena di AW passa attraverso il Canale di Capraia in Mar Ligure, un'altra continua a circolare verso Sud lungo le coste di Corsica e Sardegna.

Lungo le coste Sud-occidentali della Sardegna, la LIW (Levantine Intermediate Water) e la TDW (Tyrrhenian Deep Water), che fluiscono verso Nord lungo la scarpata sarda e corsa, mostrano una variazione di pattern da Sud a Nord attribuita all'interazione con i vortici Algerini di mare.

3.2.3 Oceanografia Chimica

Il Mediterraneo è un mare oligotrofico con relativamente pochi nutrienti, una bassa produzione primaria ed una bassa biomassa fitoplanctonica – caratteristiche queste che hanno contribuito a rendere le acque chiare e trasparenti. Sono tuttavia presenti regioni con alta produttività, guidata da sistemi di fronti e di upwelling, o dal rilascio di nutrienti dai sistemi fluviali.

3.2.3.1 Distribuzione Spaziale e Temporale di Nutrienti, Ossigeno Disciolto e pH nel Bacino Occidentale del Mediterraneo

Il Bacino Mediterraneo è caratterizzato da basse quantità di nutrienti ed una ridotta biomassa di fitoplancton. In larga parte ciò è dovuto agli scarsi apporti fluviali; con qualche rara eccezione, tutti i sistemi fluviali che scaricano in Mediterraneo sono di piccole dimensioni. Le acque più eutrofiche del Bacino Occidentale sono localizzate lungo la costa Settentrionale, alla bocca dei grandi fiumi Rodano ed Ebro (con bacini di utenza rispettivamente di circa 96,000 e 84,000 km²). Tuttavia bisogna notare come oltre agli apporti di nutrienti, la produttività primaria a scala locale viene controllata anche da altri fattori quali la stratificazione della colonna d'acqua, dalla trasparenza e dalle correnti superficiali locali.

I carichi totali stimati sono di circa 304,000 t/anno per l'azoto (N) e di circa 22,000 t/anno per il fosforo (P). Entrambi (N e P) sono depositati in acqua e suolo sotto forme differenti: azoto come ammoniaca evaporata dagli scarti animali e come NO_x, dalla combustione di carburanti fossili (centrali elettriche, trasporto, etc.) e fosforo come polvere, caduta dalle foglie e dalle feci degli uccelli. Le aree ad alta produttività sono situate presso i delta dei fiumi o presso grandi agglomerati urbani, mentre al largo le acque risultano generalmente oligotrofiche.

Secondo l'UNEP (EEA, 1999), numerosi fattori governano il trasferimento di nutrienti. L'azoto totale viene rilasciato in larga parte dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane (31%), dagli allevamenti (19%) e dalle industrie siderurgiche (11%), mentre la

produzione di fertilizzanti rappresenta la principale fonte di emissione del fosforo totale (63%), seguita dagli allevamenti (20%) e dagli impianti di trattamento delle acque reflue urbane (8%). Tali fattori mostrano quanto sia solo un piccolo gruppo di industrie ad essere responsabile delle principali emissioni/scarichi di nutrienti e trasporto in mare, nella regione del Mediterraneo. È evidente come le grandi città abbiano un ruolo importante negli apporti di materiale organico e di nutrienti.

Seppur andrebbero considerate anche altre sorgenti (input atmosferici, fissazione biologica dell'azoto, input atlantici), l'origine dei nutrienti è dovuta soprattutto alla presenza di fiumi. Nel Mediterraneo Occidentale, tutti i sistemi idrici sono di piccole dimensioni ad eccezione dei Fiumi Rodano ed Ebro. Tali fiumi sono pertanto importanti per comprendere i budget geochimici a scale più ampie, possibile grazie alle ricostruzioni più o meno complete dei flussi di N e P degli ultimi 40 anni. I flussi di N di questi fiumi sono aumentati costantemente tra l'inizio degli anni '70 fino agli anni '90, prima di raggiungere livelli costanti o addirittura in calo negli ultimi anni (Ludwig et al., 2009), probabilmente causati dal miglioramento dei metodi di fertilizzazione. Questi grandi fiumi forniscono supporto a svariate attività umane a scala regionale, rendendole di maggior rilevanza nella gestione integrata basata sugli ecosistemi, rispetto a bacini fluviali di dimensioni minori.

L'apporto di nutrienti risulta tuttavia importante anche nei piccoli fiumi, i quali raccolgono ricchi effluenti in grande quantità. Questo è il caso della maggior parte degli "oueds" nel Nord Africa (Djemai & Mesbah, 2008) ma anche in fiumi della costa Nord dove, dopo le forti piogge che seguono periodi secchi, i metalli, i nitrati ed il carbonio organico raggiungono concentrazioni che possono influenzare le popolazioni biologiche (Nicolau et al., 2006). I flussi di N sono stati fortemente incrementati dalle sorgenti antropiche negli ultimi decenni, mentre il P è aumentato solo tra gli anni '80 e gli anni '90, ed è subito calato ai valori iniziali degli anni '60, limitando la produttività primaria (Ludwig et al., 2009). Il silicio (Si), fortemente controllato dagli scarichi idrici, si è ridotto nello stesso periodo ed è divenuto un elemento limitante per i produttori primari di silice quali le diatomee, sin dai primi anni '80. Tuttavia, la produzione primaria lorda dei fiumi (PPR) rappresenta solo meno del 2% della produzione lorda del Mediterraneo. Possibili impatti ecologici legati al cambiamento negli apporti fluviali può pertanto risultare visibile solo in aree produttive costiere, quali il Golfo del Leone, dove la produzione primaria può raggiungere più dei 2/3 della produzione primaria.

N, P e Si sono presenti nei fiumi in diverse forme: disciolti, in particelle, in forma organica ed in forma inorganica. Se si considerano le proporzioni degli specifiche forme dei nutrienti nelle regioni a maggiore densità di popolazione quale è il Mediterraneo, le forme disciolte, e in particolar modo i nitrati, risultano la forma dominante del flusso di N totale, mentre le altre forme di N inorganico disciolto (NO_2^- e NH_4^+), sono abbondanti solo quando i fiumi soffrono di inquinamento organico riducendo i livelli di ossigeno. Per il P, tuttavia, le forme di particolato non possono essere ignorate e programmi di monitoraggio spesso determinano inoltre il contenuto di P totale (disciolto e particolato) nei fiumi, il quale risulta anch'esso dipendente dai solidi sospesi. Quindi, benché il fosfato non risulti necessariamente la forma di P dominante, valori medi possono essere considerati più adatti per una valutazione dell'arricchimento di P nei fiumi.

Tabella 3.3: Livelli Medi di N e P nei Fiumi del Mediterraneo

River	Country	av. N-NO3 (Period) (mg l ⁻¹)	av. P-PO4 Q (period) (mg l ⁻¹)	Flux-NO3 (kg N km ² yr ⁻¹)	Flux-PO4 (kg P km ² yr ⁻¹)
Arno	Italy	2.39 (01-05)	0.149 (01-05)	255	609 38
Aude	France	1.51 (00-05)	0.107 (00-05)	290	437 31
Ebro	Spain	2.39 (00-05)	0.065 (00-03)	110	263 7
Herault	France	0.58 (00, 06)	0.023 (00--06)	590	340 13
Jucar	Spain	4.01 (00-05)	0.080 (05)	58	233 5
Llogrebat	Spain	2.19 (01-04)		95	208
Rhone	France	1.44 (00-05)	0.050 (00-05)	564	812 28
Tevere	Italy	2.10 (03-04)		446	937
Turia	Spain	3.22 (00-05)	0.235 (05)	42	135 10

Average concentrations were taken from EEA (2007) and Ludwig *et al* (2009).

Per il nitrato, i dati (Tabella 3.3) dimostrano flussi specifici relativamente moderati nei bacini fluviali, indicanti un inquinamento da N ancora basso se paragonato a quanto comunemente riportato per i grandi fiumi europei più a Nord quali la Senna ed il Reno. L'inquinamento da P è spesso causato da sorgenti puntuali quali le acque reflue urbane. Il trend decrescente da Nord verso Sud, tipico per i nitrati in Europa segue l'incremento da monte verso valle, che segue, a sua volta, la distribuzione della densità delle popolazioni. I livelli di P riportati in studi scientifici sono spesso decisamente inferiori, ma le osservazioni si riferiscono per la maggior parte a studi scientifici effettuati su periodi di tempo limitato (Ludwig *et al.*, 2003), rendendo difficoltosa l'interpretazione di evoluzioni a lungo termine.

I fenomeni di eutrofizzazione nelle acque dolci e nelle acque costiere non dipendono solo dal grado di arricchimento di nutrienti di origine antropica, ma anche dalla loro relativa composizione. In particolare, lo sbilanciamento di N e P rispetto al Si sembra avere un ruolo cruciale in quanto provoca uno spostamento nella produzione primaria dalle diatomee alle alghe non silicee, spesso dannose per gli equilibri ecologici.

Il Mediterraneo è situato tra i climi temperato e subtropicale, e le temperature sono in genere più alte rispetto a climi temperati che si trovano più a Nord. Di conseguenza, Billen e Garnier (2007) hanno riscontrato elevati valori di Si nei fiumi Mediterranei rispetto ai climi temperati, usando tuttavia un approccio generale che non tiene conto dell'influenza degli altri fattori controllanti quali la natura dei tipi di roccia alterata nel drenaggio dei bacini ed i fattori antropici che possono modificare il carico fluviale naturale di Si. Quando le condizioni di eutrofizzazione sono favorevoli per la crescita delle diatomee, la ritenzione di Si può altresì avvenire nei grandi fiumi (Sferratore *et al.*, 2006). Numerosi approcci modellistici sono stati pubblicati in modo da prevedere la variabilità spaziale dei flussi di azoto inorganico disciolto sulla base dei dati economici e demografici (dispersione fertilizzanti, etc.). Il modello NEWS-DIN di Dumont *et al.* (2005) (a seguito di una ricalibrazione per i fiumi), mostra come i carichi di particelle di azoto dei fiumi hanno una maggiore variabilità nello spazio, rispetto ai carichi di azoto disciolto.

I bilanci dipendono fortemente dalle stime dei livelli di nutrienti nelle acque in ingresso dall'Atlantico. Questi bilanci dovrebbero inoltre includere gli apporti di nutrienti da altre sorgenti quali le acque reflue delle città costiere che vengono scaricate direttamente in mare (UNEP/WHO, 1999) e i dati recenti sui fiumi europei, i quali mostrano che la forte riduzione

di P antropico continua e probabilmente continuerà nel prossimo futuro. La distribuzione spaziale orizzontale media dei dati di P per l'intero Mediterraneo ha dimostrato chiaramente come l'oligotrofia abbia interessato principalmente il Bacino Levantino. Oltre ai fiumi le principali fonti di nutrienti sono l'erosione dei suoli e l'eccesso di nutrienti delle fertilizzazioni e dagli allevamenti. Fra le prime aree di drenaggio, erosione dei suoli e perdita di nutrienti in Mediterraneo, tre sono localizzate nel Bacino Occidentale (Sicilia, Sardegna, Spagna; EEA/UNEP 1999). A livello locale, impianti marini intensivi di acquacoltura, benché non sviluppati in mare aperto e principalmente localizzati a Nord, partecipano largamente nell'apporto di materiali organici e di nutrienti in mare (Doglioli et al., 2004). Nell'area di influenza del plume del Rodano, l'arricchimento organico ed il quantitativo di feopigmenti suggerisce un materiale organico di origine detritica e terrestre (Alliot et al., 2003). Tuttavia l'origine marina dei nutrienti e del materiale organico è altrettanto importante (Di Leonardo et al., 2009).

In 25 anni, le concentrazioni di nitrati nelle acque dell'Ebro (Spagna), il quale ha un bacino di 85,566 km², sono aumentate nel 46% dei 65 siti di campionamento, parallelamente all'aumento delle attività agricole (R²=82; Lassaletta et al., 2009). All'altezza dell'estuario, l'Ebro risulta altamente stratificato e mostra un saldo positivo negli apporti di N e di P dovuti al suo strato superficiale di acqua dolce, alla presenza di composti disciolti e particolati, alla riduzione dell'assorbimento da fitoplancton (come mostrato dalla riduzione di clorofilla all'estuario), all'elevata torbidità e, in misura minore, agli effetti delle acque reflue. Il carico annuo è tra i più alti in Mediterraneo per nitrati e silicati (circa 10.000 t), mentre il fosforo è rilasciato in concentrazioni relativamente basse (circa 200 t/anno) anche oltre il necessario (Falco et al., 2010). In confronto, il Rodano con i suoi maggiori flussi produce un carico totale di 77,500 t di N inorganico e 2,500 t di P annuo.

Nei sedimenti alla bocca dei fiumi, i livelli di nutrienti appaiono in calo (Denis e Grenz, 2003). A tali condizioni, i sedimenti fungono da serbatoio con un ruolo importante nei cicli biogeochimici del Golfo del Leone, principalmente legati al P inorganico.

Tabella 3.4: Raffronto tra Apporti di Nutrienti nel Golfo del Leone (DIN, DIP e DSi: N Totale, P e Si Disciolti) (da Denis e Grenz, 2010)

	RHONE (Kt y ⁻¹)	NW CURRENT	SHELF SEDIMENTS	CONSUMPTION (kty-1)
DIN	99.9-104.3	75 (nitrates)	14.1	299
DIP	2.7-3	6	2.9	41
Dsi	135-139	nd	165	600

Oltre all'apporto di nutrienti, la produttività primaria a scala locale è anch'essa controllata dai livelli di ossigeno disciolto, pH ed ulteriori fattori quali la stratificazione della colonna d'acqua, la trasparenza, le correnti superficiali locali.

In accordo con le valutazioni nazionali, la misurazione dell'apporto di nutrienti sulla costa algerina e il trasferimento dei nutrienti dal sistema terrestre a quello marino avviene nelle aree agricole, incluse le pianure costiere caratterizzate da un'agricoltura intensiva (Annaba, Mitidja Algerian Sahel, area di Mostaganem), in cui l'uso di fertilizzanti di N e P hanno moltiplicato gli apporti alla costa (UNEP/MAP, 2003). I livelli di nutrienti a Mitidja indicano picchi di 200 mg/l di nitrato (standard 50 mg/l). Sulle colline del Sahel ed altre aree costiere (piana di Skikda, Saf Saf Mostaganem), i nitrati sono rilasciati dal deflusso e trasferiti direttamente in mare. Nei Golfi di Arzew ed Algeri, il modello di distribuzione del carbonio organico mostra sedimentazione nel mezzo della Baia e nei pressi dei porti. Quei

massimi sono legati all'aumento della popolazione ed alle attività industriali (Buscail et al., 1998) e Djijel, Algeri ed Annaba sono i siti maggiormente influenzati. In alcune aree con una influenza continentale, possono essere osservati alti livelli di nutrienti (Freha et al., 2007).

La costa spagnola è caratterizzata sia da arricchimento naturale dovuto all'upwelling, sia da un'eutrofizzazione indotta, causata dagli scarichi umani. L'elevata produttività del Mar di Alboran appare collegata all'upwelling creato dalla circolazione anticiclonica generata dal flusso di acque atlantiche entranti in Mediterraneo attraverso lo Stretto di Gibilterra. Altre aree influenzate dai nutrienti sono le aree costiere presso Valencia ed il delta del fiume Ebro. Come monitorato dalle concentrazioni di nutrienti, eventi localizzati di eutrofizzazione in lungo le coste Mediterranee della Spagna sono stati riportati in numerosi casi (UNEP/MAP, 2008).

In Italia i nutrienti sono principalmente legati agli scarichi di effluenti degli agglomerati urbani sulla o presso la costa (Foce Torrente Lerone, Marinella – Foce Magra, Napoli) e solo in pochi casi da apporti dei fiumi principali (Sarno, Arno, Tevere).

La rimineralizzazione della materia organica, è riconosciuta come importante sorgente di nutrienti inorganici nei sistemi costieri. Aumenta la produzione di nutrienti endogeni, anche se nelle acque al largo o nelle aree costiere in inverno i livelli di alcuni nutrienti, incluso il P, può limitare la produttività primaria. Uno studio sperimentale e numerico sulla distribuzione spaziale dell'aerosol nel bacino Occidentale (Salameh et al., 2007) ha mostrato l'influenza dei venti del Nord (Mistral e Tramontana) nella valle del Rodano e nel Golfo del Leone. Il trasporto di aerosol naturale ed antropico al mare può influire sull'intero bacino Nord-Occidentale. Tali venti sono responsabili del trasporto di particelle contenenti nitrati di ammonio e solfati in forma avvertiva, dal Nord della regione di Fos/Berre/Marsiglia, fino al Nord Africa ed Italia. Influenzano inoltre, e generano, correnti nella parte Nord del Bacino. Benché di influenza secondaria, l'upwelling generato da questi venti e correnti persistenti, causa fenomeni fisici complessi che promuovono la ridistribuzione degli elementi disciolti e particolati ed il recupero dei nutrienti nelle acque superficiali. Tale mescolamento causa l'omogeneizzazione dell'acqua, mischiando acque di grandi fiumi nel delta Rodano e presso l'estuario dell'Ebro e cambiamenti nella concentrazione della clorofilla sulla superficie marina, come descritto sin da molti anni (El Sayed et al., 1994).

3.2.3.2 Area di Interesse

Di seguito si riportano i grafici stagionali relativi all'Ossigeno Disciolto ed ai Nutrienti (N, P e Si) nel Mar di Sardegna (settore DF1, all'interno del quale ricade la maggior parte dell'area di indagine), elaborati a partire dal progetto MEDAR/MEDATLAS II, su dati rilevati nel periodo compreso complessivamente tra il 1910 ed il 1999, così come resi disponibili dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (Sito web: <http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>).

3.2.3.2.1 Ossigeno Disciolto

Per quanto riguarda l'Ossigeno Disciolto, dalla figura sottostante si evidenzia come, per il settore del Mar di Sardegna:

- in primavera vi siano valori di circa 5.1 ml/l in superficie, crescenti con la profondità fino a circa 50 m (5.5 ml/l), per poi invertire il trend raggiungendo valori di circa 4.4 ml/l a 200 m di profondità;

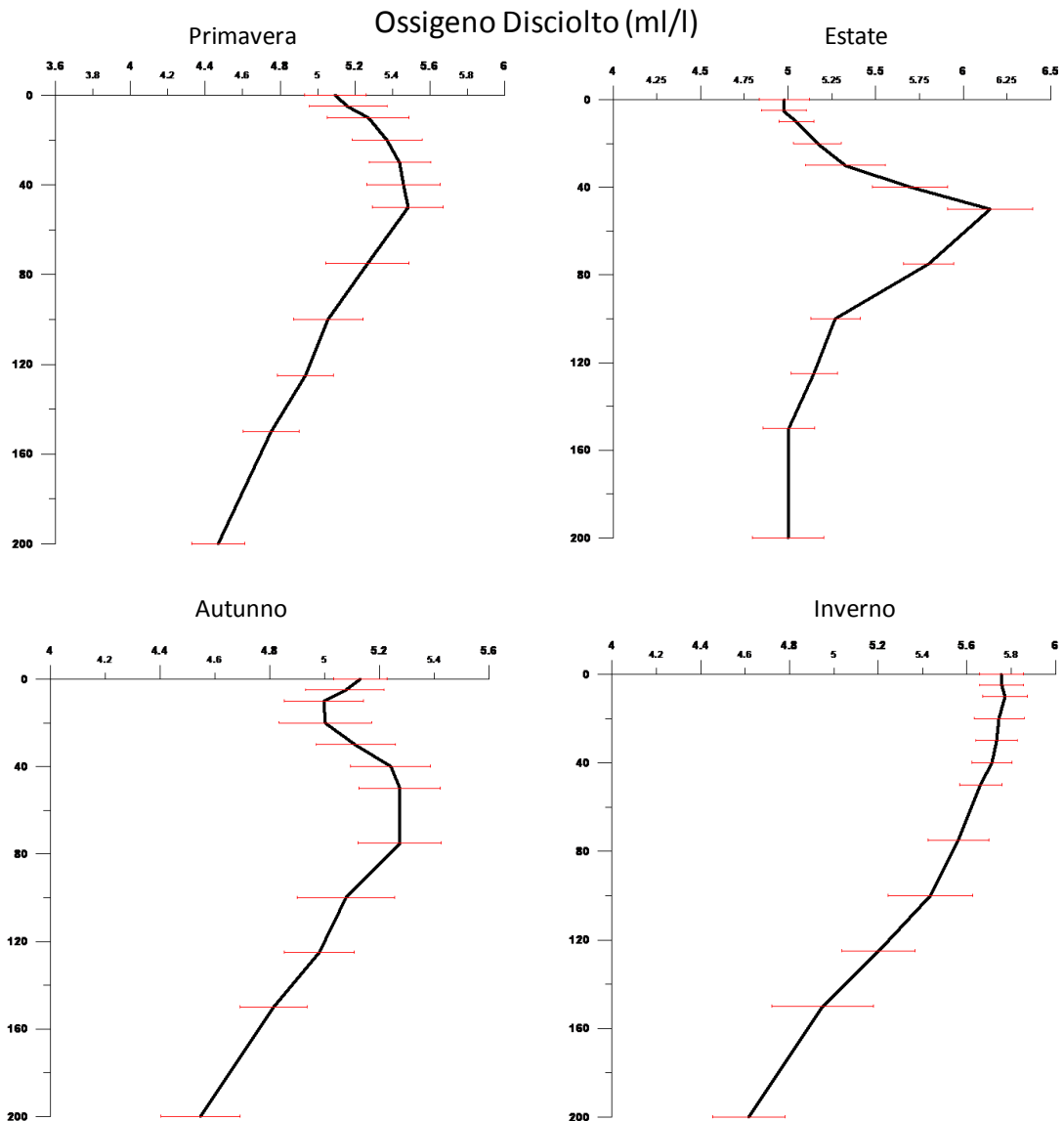


Figura 3.20: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Ossigeno Disciolto (ml/l) (<http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>)

- in estate i valori in superficie siano mediamente intorno ai 5 ml/l, ma in crescita con la profondità, fino a circa 50-60 m (circa 6.2 ml/l), per poi invertire il trend e tornare sui valori iniziali (circa 5 ml/l a 200 m di profondità);
- in autunno siano presenti due punti di inversione del trend: i primi 10 m circa mostrano valori in calo con l'aumentare della profondità, seguiti da 10 m di valori costanti, e da un incremento fino ai 50-60 m di profondità, seguito da 20 m circa di valori costanti. Infine, dagli 80 m in giù i valori mostrano nuovamente un trend decrescente;
- in inverno non siano presenti inversioni del gradiente e dopo un'iniziale strato con valori intorno ai 5.7-5.8 ml/l (circa 10 m), i valori decrescono lentamente con l'aumentare della profondità.

3.2.3.2.2 *Nutrienti*

Per quanto concerne i nutrienti sono stati presi in considerazione i dati relativi a Nitrati, Fosfati e Silicati, per il settore del Mar di Sardegna.

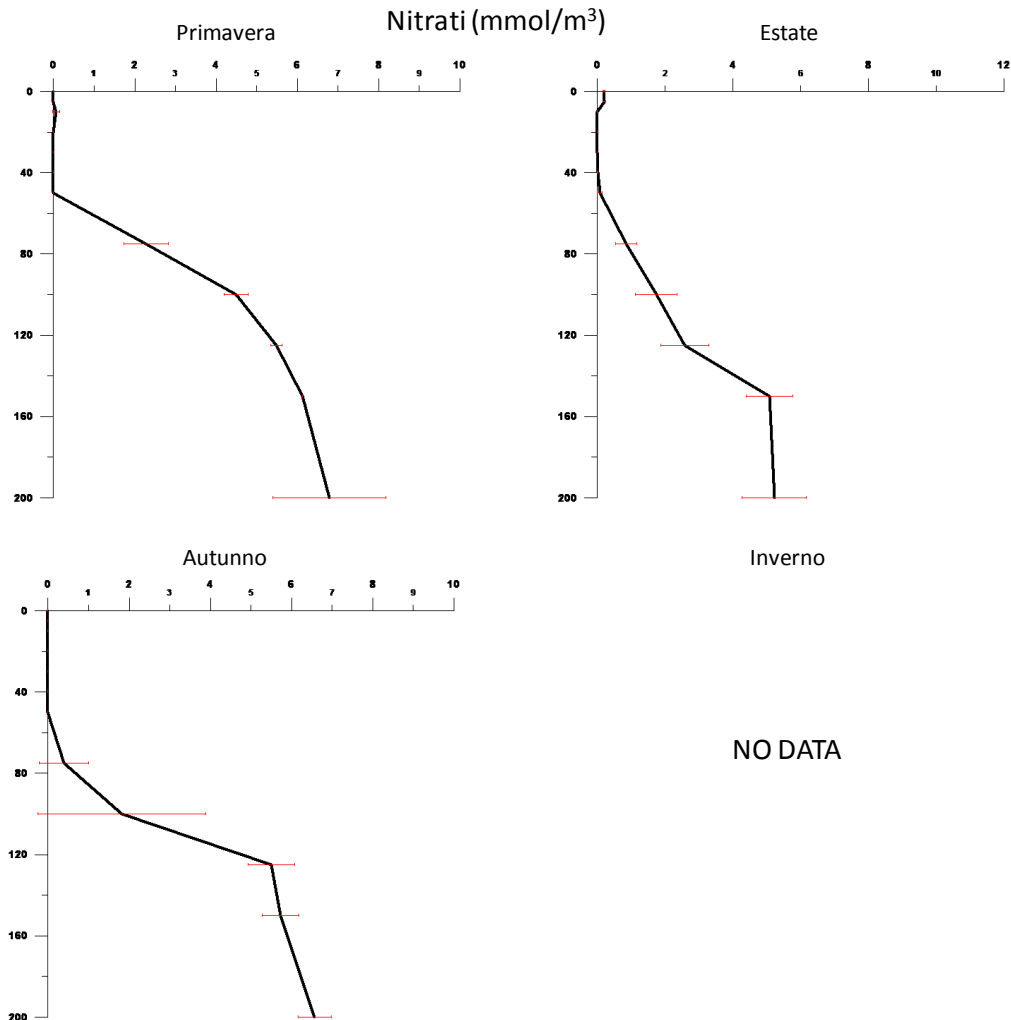


Figura 3.21: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Nitrati (mmol/m³) (<http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>)

Per i Nitrati (Figura 3.21) i trend evidenziati in primavera, estate ed autunno risultano essere simili, con valori molto contenuti in superficie fino a circa 50 m di profondità, per poi crescere, più (primavera) o meno (estate) velocemente. Per il periodo invernale non ci sono dati disponibili.

Per i Fosfati (Figura 3.22), i trend generali stagionali mostrano andamenti simili con valori molto contenuti in superficie, in aumento con la profondità crescente. Tuttavia le diverse stagioni mostrano una discreta variabilità, in particolare nei mesi invernali in cui appaiono molto evidenti fluttuazioni nei valori, rispetto alla profondità. In primavera e soprattutto in estate, inoltre, i valori superficiali risultano più elevati rispetto alle restanti stagioni (valori superficiali nulli).

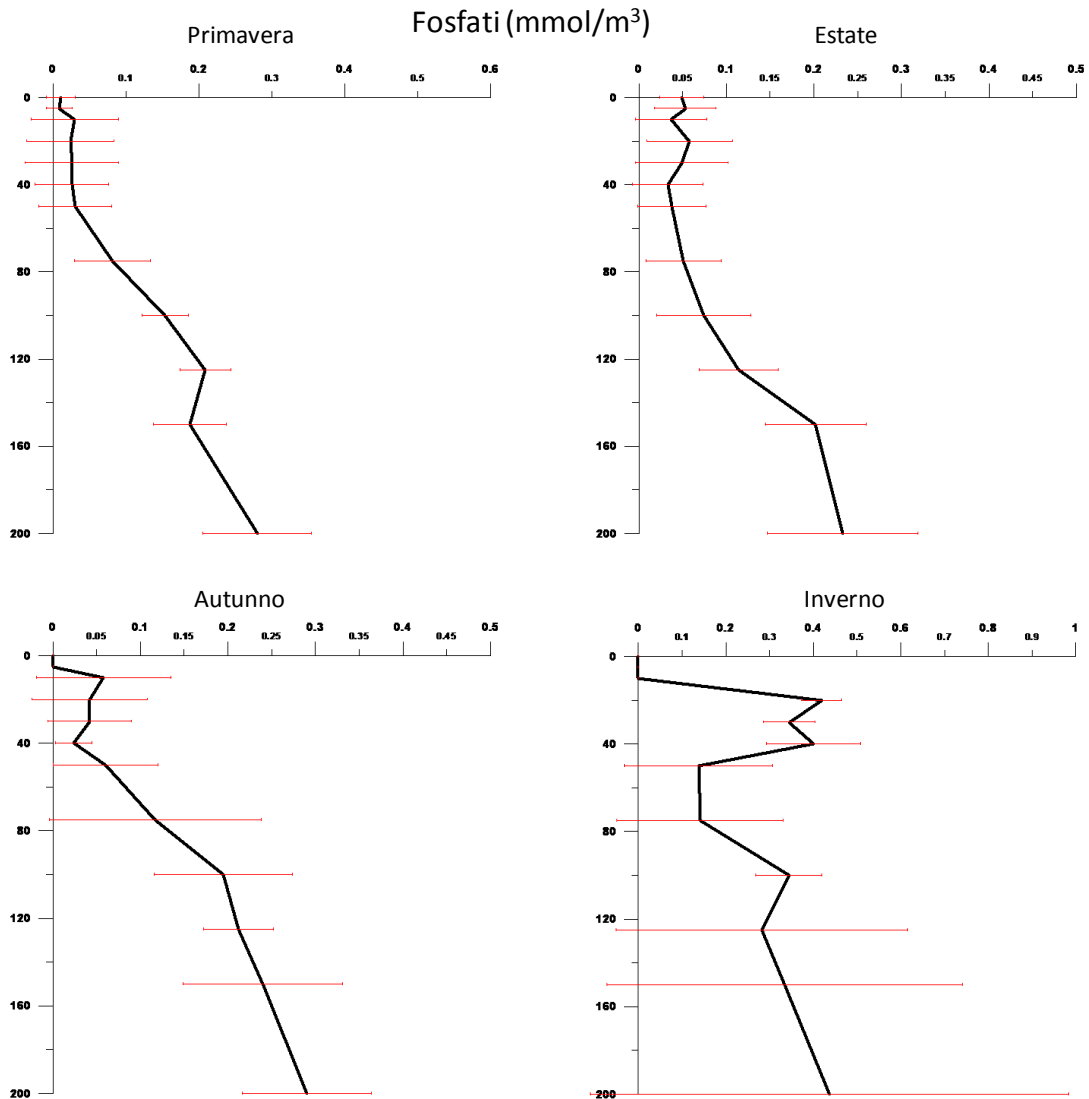


Figura 3.22: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Fosfati (mmol/m³) (<http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>)

Per i Silicati (Figura 3.23), i valori in superficie risultano simili (circa 1 mmol/m³) in primavera, estate ed autunno. In primavera dopo alcune fluttuazioni superficiali, verso i 50 m inizia un incremento dei valori fino ai 130 m circa, limite sotto il quale i valori si attestano su valori di circa 4 mmol/m³. Discorso simile avviene in autunno, ma il cambiamento avviene intorno agli 80 m, raggiungendo valori di 4 mmol/m³ intorno ai 200 m di profondità. Per il periodo invernale non ci sono dati disponibili.

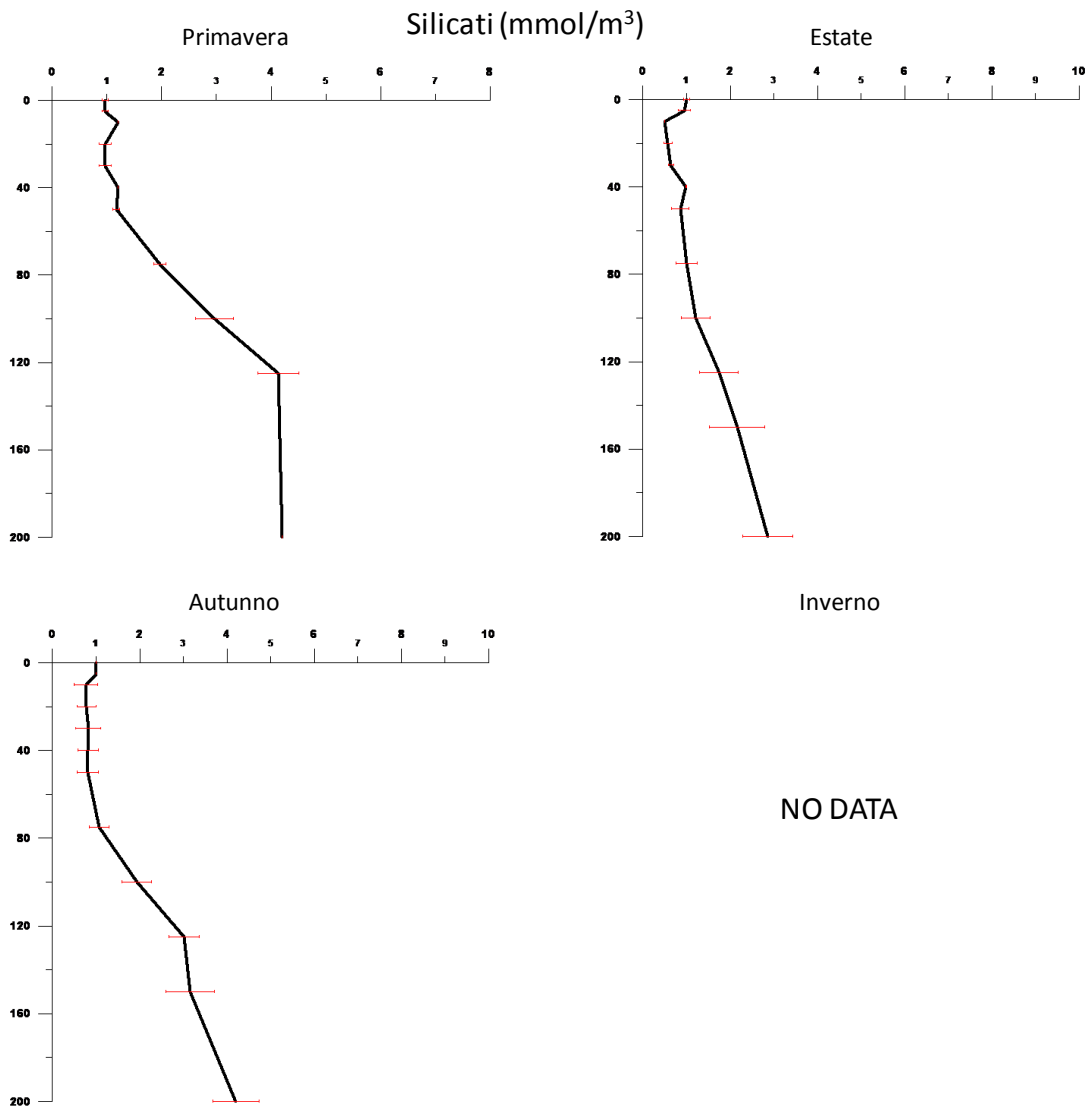


Figura 3.23: Mar di Sardegna - Profili Climatici Stagionali di Silicati (mmol/m^3) (<http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>)

3.2.3.2.3 *Clorofilla-a*

Per quanto concerne la Clorofilla-a, per il settore del Mar di Sardegna, nella seguente figura si riporta l'andamento medio annuo, rilevato tra il 1976 ed il 1999.

Da tale figura si evidenzia come vi sia uno strato superficiale, con spessore di circa 30 m, che presenta valori di Clorofilla-a intorno a 0.1 mg/m^3 . Quindi, fino a 80 m tali valori crescono fino a raggiungere quasi 0.6 mg/m^3 , per poi decrescere bruscamente nei 20 m successivi e tornare, dai 120 m di profondità in giù, ai valori superficiali di Clorofilla-a.

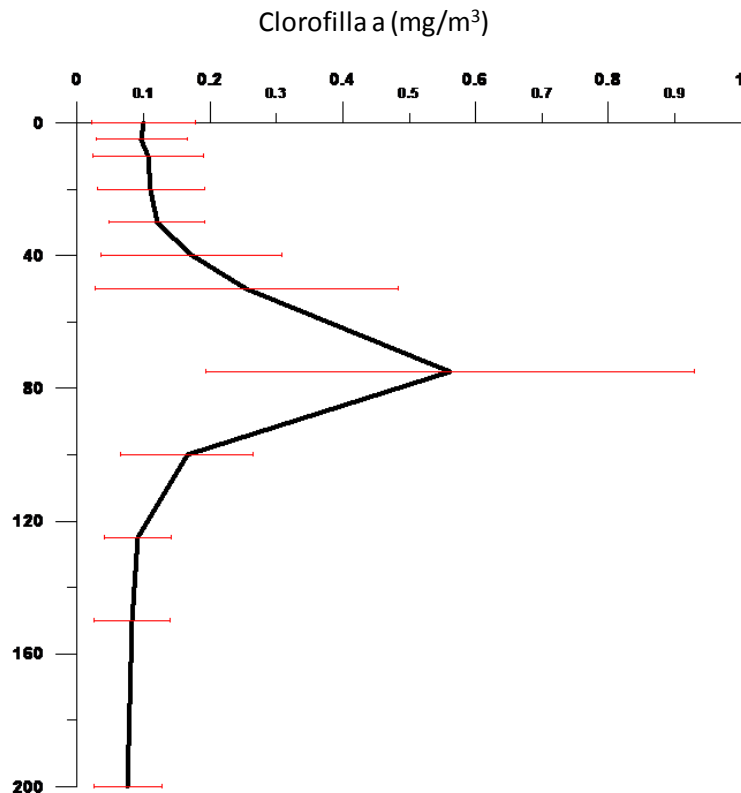


Figura 3.24: Mar di Sardegna - Profilo Climatico Medio Annuo di Clorofilla-a (mg/m^3) (<http://nettuno.ogs.trieste.it/medar/>)

3.3 ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto descritto e caratterizzato, si riassumono gli elementi sensibili della componente e si individuano i recettori potenzialmente impattati dalle attività in progetto.

In generale, per la componente in esame, gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sono costituiti da:

- qualità dell'aria;
- recettori antropici, ossia le aree urbane continue e discontinue, i nuclei abitativi, gli edifici isolati;
- recettori naturali, ossia le aree naturali protette, le aree Natura 2000, le IBA;
- qualità dell'acqua marina.

Per quanto riguarda la qualità dell'aria, nel caso in esame non si è ritenuto opportuno far riferimento alle stazioni di monitoraggio presenti sulla costa, in quanto non sono rappresentative dello stato di qualità dell'aria dell'area di intervento localizzata offshore a circa 45 km dalla costa.

Inoltre, proprio in considerazione della distanza minima della Zona Marina E dalla costa (circa 45 km) e della tipologia di attività previste dal progetto (l'attività di indagine geofisica potrà comportare interazioni con la componente unicamente tramite l'emissione di inquinanti

gassosi dovuti al traffico navale), si ritiene che i recettori antropici e naturali ubicati sulla costa non costituiscano elementi di sensibilità potenzialmente interferiti dal progetto.

È, invece, considerata un elemento sensibile la qualità dell'aria offshore ossia in prossimità dell'area di intervento localizzata in mare aperto, come già detto, ad una distanza minima di circa 45 km dalla costa.

Con riferimento alla qualità delle acque marine, l'unico corpo idrico interessato risulta essere il Bacino Occidentale del Mediterraneo e nello specifico il Mar di Sardegna.

Nella seguente tabella è riportato, in sintesi, il grado di interferenza delle attività a progetto con gli elementi di sensibilità relativi alla componente.

Tabella 3.5: Meteo-Oceanografia – Elementi di Sensibilità

Descrizione	Relazione con le Attività a Progetto	
	Interferenza Diretta	Distanza Minima
Qualità dell'Aria Offshore	X	
Qualità delle Acque Marine	X	

3.4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE

3.4.1 Alterazione della Qualità dell'Aria Offshore per Emissioni di Inquinanti Gassosi da Traffico Marittimo Indotto

La valutazione dell'impatto sulla variabile atmosfera in seguito all'incremento di traffico marittimo è stata effettuata in accordo alla metodologia sviluppata per la stima di emissioni di inquinanti in atmosfera provenienti da traffico marittimo proposta da Trozzi e Vaccaro (1998) e Trozzi (2010).

3.4.1.1 Metodologia di Analisi

La metodologia utilizzata per la stima delle emissioni in atmosfera da traffico marittimo è stata sviluppata nell'ambito del progetto MEET (Methodology for Estimate Air Pollutant Emissions from Transport) finanziato dalla Commissione Europea all'interno del "Programma Specifico Trasporti del Quarto Programma Quadro di Ricerca, Sviluppo Tecnologico e Dimostrazione" (Trozzi e Vaccaro, 1998; Trozzi, 2010).

La metodologia a cui si fa riferimento è stata utilizzata per la stima delle emissioni dei seguenti inquinanti: NO_x, PM (particolato totale), CO e SO_x.

I dati di base utilizzati sono relativi a:

- consumo di carburante;
- tipo di propulsore (caldaie a vapore, motori ad alta, media o bassa velocità, turbine a gas, etc.);
- tipo di combustibile (MDO/MGO, HFO, etc.);
- fase di navigazione (crociera, manovra, stazionamento, carico e scarico, rimorchiaggio).

Le emissioni da traffico marittimo sono quindi ottenute tramite la seguente equazione:

$$E_{Trip,i,j,m} = \sum_p (FC_{j,m,p} \times EF_{i,j,m,p})$$

dove:

E_{Trip}	=	emissioni complessive su un intero viaggio (t);
FC	=	consumo di combustibile (t);
EF	=	fattore di emissione (kg di inquinante emesso/t di carburante consumato);
i	=	inquinante;
j	=	tipo di motore;
m	=	carburante;
p	=	fase di navigazione.

3.4.1.2 Stima dell'Impatto

Nell'ambito del presente studio la stima dell'impatto è stata effettuata considerando in maniera distinta l'indagine 2D, caratterizzata da una durata di 80 giorni, e l'indagine 3D, di 120 giorni, essendo queste intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni necessario all'interpretazione dei dati acquisiti tramite l'indagine 2D e alla successiva preparazione della campagna 3D (a tal proposito si veda quanto riportato nel Capitolo 6 del Quadro di Riferimento Progettuale).

Nello specifico sono state prese in considerazione le seguenti ipotesi conservative:

- tutti i mezzi (Nave Sismica e imbarcazioni di supporto) saranno operativi 24/24h in modalità di navigazione da crociera per tutta la durata dell'indagine considerata;
- saranno utilizzati unicamente i motori principali, del tipo “medium-speed diesel”, relativi alla flotta del 2000;
- il tipo di carburante utilizzato sarà del tipo MDO/MGO (*Marine Diesel Oil/Marine Gas Oil*), con densità pari a circa 0.9 t/ m³²;
- l'area dell'indagine 3D, prevista solo in aree mirate, sarà prevalentemente concentrata nei tratti più prossimi alla costa e nell'area prospiciente il Santuario dei Cetacei (**Error! Reference source not found.**).

² Valore massimo per carburanti tipo Marine Gas Oil (DMX-DMA) e Marine Diesel Oil (DMB-DMZ) dalla tabella I della norma ISO 8217 (sito web: www.chevronmarineproducts.com)

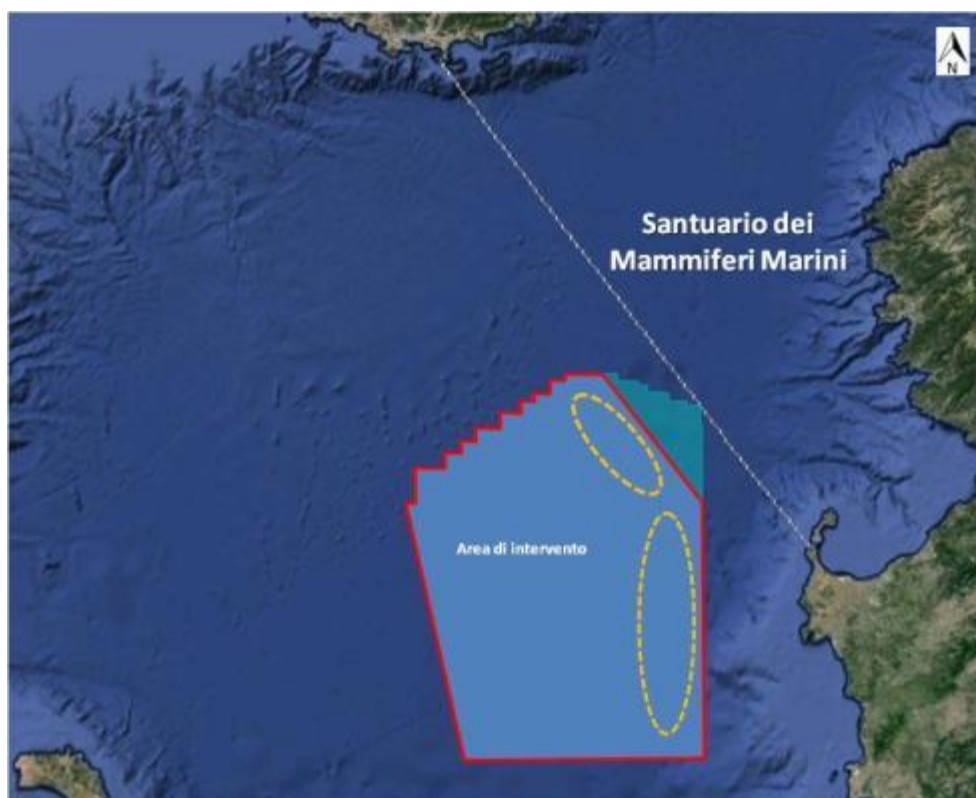


Figura 3.25: Area di Intervento e Ipotesi Conservativa di Area Indagine 3D

Sulla base dei valori riportati nel Paragrafo 8.1 del Quadro di Riferimento Progettuale, si riportano di seguito i consumi specifici di carburante per le diverse tipologie di imbarcazioni che si intende utilizzare per le indagini 2D e 3D.

Tabella 3.6: Stima del Consumo di Carburante Medio per Mezzo Navale (Indagini 2D e 3D)

Indagine	Tipo di Nave	Funzione	Durata Utilizzo (giorni)	Consumo Medio (m ³ /giorno/nave)	Consumo Complessivo (t)
2D	Nave Sismica	Prospezione	80	16	1,152
	Nave di Supporto	Controllo/Rifornimenti	80	1	72
3D	Nave Sismica	Prospezione	120	35	3,780
	Nave di Supporto 1	Controllo	120	1	108
	Nave di Supporto 2	Rifornimento	120	1	108

I fattori di emissione degli inquinanti considerati in funzione delle ipotesi sopra elencate, sono riassunti nella seguente tabella (Trozzi, 2010).

Tabella 3.7: Fattori di Emissione

Fase	Tipo di motore	Carburante	Fattori di Emissione [kg/tonnellata di carburante]				
			NO _x 2000	NO _x 2005	SO _x	CO	PM
Main Engine							
Crociera	Medium-speed diesel	MGO ⁽¹⁾ /MDO ⁽²⁾	65.0	63.1	20*S ⁽³⁾	7.4	1.5
Manovra Stazionamento	Medium-speed diesel	MGO/MDO	47.5	45.7	20*S	7.4	4.0
Auxiliary Engine							
Crociera Manovra Stazionamento	Medium-speed diesel	MGO/MDO	64.1	62.0	20*S	7.4	1.4
Note: (1) Marine Gas Oil (2) Marine Diesel Oil (3) S è la percentuale di zolfo contenuta nel carburante. Nel caso in esame è stato considerato, come previsto dalla normativa, un tenore di zolfo al massimo pari a 0.1% in massa.							

Su tali basi, è stato condotto il calcolo delle emissioni legate al traffico marittimo previsto durante l'esecuzione delle indagini 2D e 3D in progetto. Le emissioni da traffico marittimo dei principali inquinanti di interesse (NO_x, SO_x, CO e PM) sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 3.8: Stima delle Emissioni di Inquinanti da Traffico Navale (Indagini 2D e 3D)

Indagine	Tipo di Nave	Emissione Complessiva (t)			
		NO _x	SO _x	CO	PM
2D	Nave Sismica	74.88	2.30	8.52	1.73
	Navi di Supporto	4.68	0.14	0.53	0.11
	TOTALE	79.56	2.45	9.06	1.84
3D	Nave Sismica	245.70	7.56	27.97	5.67
	Navi di Supporto 1	7.02	0.22	0.80	0.16
	Navi di Supporto 2	7.02	0.22	0.80	0.16
	TOTALE	259.74	7.99	29.57	5.99

Come evidenziato al Paragrafo 3.3, la distanza minima fra l'area di intervento e la costa (Punta Argentiera) è di 45 km. Inoltre i mezzi navali saranno in continuo movimento all'interno di un'ampia area (area di indagine più area di manovra). In considerazione della tipologia di emissione (mezzi navali generalmente con camini non elevati e portate dei fumi a bassa portanza), è pertanto possibile escludere una diffusione a largo raggio delle emissioni.

In virtù della localizzazione delle attività offshore e delle caratteristiche emissive dei mezzi navali impiegati, nonostante la direzione dei venti prevalenti (venti di Libeccio tendenti ad Est e Nord-Est verso le coste Nord-occidentali della Sardegna e le coste della Corsica, Figura 3.3), è possibile stimare l'assenza di ricadute significative di inquinanti in corrispondenza della costa. L'impatto associato è, pertanto, considerato di **lieve entità, a breve termine e reversibile**.

3.4.2 Consumo di Risorse per Prelievi Idrici

Come evidenziato nel Quadro di Riferimento Progettuale del presente SIA, nel corso delle attività in oggetto è previsto il consumo di acqua di mare per:

- esigenze di funzionamento (raffreddamento, zavorramento, etc.) dei mezzi marittimi impiegati per le varie attività;
- usi civili del personale di bordo.

Per il prelievo di acque per raffreddamento si stimano le seguenti portate:

- campagna di rilievo 2D: 420 m³/giorno;
- campagna di rilievo 3D: 6,400 m³/giorno.

Tali acque sono prelevate e immediatamente scaricate in mare senza subire alcun tipo di contaminazione e pertanto non necessitano alcun tipo di trattamento.

Per il consumo ad uso potabile è previsto l'approvvigionamento di acqua in confezioni.

Per quanto riguarda l'acqua dolce per esigenze di bordo (uso igienico sanitario e sistemi di bordo), le imbarcazioni saranno dotate di dissalatori. L'acqua sarà quindi stoccata in serbatoi di capacità pari a circa 100-200 m³, a seguito di opportuno trattamento. I quantitativi necessari eccedenti la capacità di produzione di acqua dolce da parte dei dissalatori saranno approvvigionati tramite le imbarcazioni di supporto.

Nello specifico, sono stimati i seguenti consumi complessivi, suddivisi per singola indagine:

- circa 560 m³ durante l'indagine 2D;
- circa 2,040 m³, durante l'indagine 3D.

Si ricorda, a tal proposito, che tra le indagini 2D e 3D intercorrerà un tempo di circa 2 anni, pertanto i quantitativi di acqua di mare sopra elencati non saranno prelevati contemporaneamente.

In virtù della disponibilità della risorsa ed in considerazione del fatto che tali quantitativi saranno restituiti al corpo idrico marino tal quali (nel caso delle acque di raffreddamento) o previo idoneo trattamento (nel caso delle acque per usi civili e delle acque di zavorra), l'impatto associato al consumo di risorse è ritenuto di **lieve entità, temporaneo e reversibile**.

3.4.3 Alterazione delle Caratteristiche di Qualità delle Acque Marine Dovuta agli Scarichi Idrici dai Mezzi Navali

Come evidenziato nel Quadro di Riferimento Progettuale, gli scarichi idrici nel corso delle indagini 2D e 3D saranno dovuti principalmente al funzionamento delle unità navali per il rilievo geofisico. Occorre comunque sottolineare che tutti i mezzi navali impiegati nel corso delle attività in progetto saranno in possesso delle necessarie certificazioni e risponderanno ai requisiti stabiliti dai regolamenti nazionali ed internazionali applicabili. Gli scarichi saranno costituiti principalmente da:

- acque di raffreddamento di motori ed impianti di bordo;
- acque di zavorra;
- reflui di tipo civile (scarichi w.c., lavandini, docce);
- acque oleose (sentina e meteoriche).

Per gli scarichi delle acque di raffreddamento si stimano le seguenti portate:

- campagna di rilievo 2D: 420 m³/giorno;

- campagna di rilievo 3D: 6,400 m³/giorno.

Tali acque saranno immediatamente scaricate in mare senza subire alcun tipo di contaminazione e pertanto non necessitano alcun tipo di trattamento.

Per quanto riguarda la gestione delle acque di zavorra, le navi saranno dotate di un apposito piano (Ballast Water Management Plan) finalizzato a prevenire il possibile rilascio di organismi acquatici nocivi, in linea con quanto previsto dalla Convenzione internazionale per il controllo e la gestione delle acque di zavorra delle navi e sedimenti (IMO Resolution A.868(20) (TGS-NOPEC, 2014a). Le operazioni di zavorramento avverranno in maniera da garantire la stabilità dei mezzi navali, evitando lo scarico in caso di contaminazione da oli o altre sostanze. Laddove richiesto sarà prevista la compilazione di appositi form di registrazione dei movimenti interni ed esterni di zavorra.

Con riferimento ai reflui di tipo civile, considerando un quantitativo di circa 200 l/giorno per persona, si prevede lo scarico di:

- campagna di rilievo 2D: 4 m³/giorno;
- campagna di rilievo 3D: 13 m³/giorno.

Gli scarichi dei servizi igienici (acque civili) saranno convogliati tramite sistema di raccolta e sottoposti a trattamento per garantire un effluente conforme ai regolamenti applicabili (es: IMO Resolution MEPC.2(VI)/159(55)). L'impianto sarà dotato di apposita certificazione, secondo la normativa MARPOL – Annesso IV. Pertanto il potenziale incremento dello stato trofico delle acque marine in prossimità dell'area di intervento è da considerarsi minimo, anche in considerazione dell'ampia area interessata, della profondità del fondale (tra i 2,000 ed i 2,850 m) e della natura mobile della sorgente (mezzi navali).

Allo stesso modo le acque oleose saranno opportunamente convogliate e trattate con idoneo sistema di disoleatura, al fine di garantire il limite massimo per il contenuto in oli in accordo con i regolamenti applicabili (es. IMO Resolution MEPC.60(33)/107(49)), pari a 15 ppm, dotato di serbatoi di stoccaggio delle acque oleose, sistemi di monitoraggio, allarme e interruzione dello scarico in caso di superamento dei limiti. Il sistema di disoleatura sarà inoltre dotato di apposita certificazione, secondo la normativa MARPOL – Annesso I. Per tali scarichi si stima una portata di circa 60 m³/giorno (calcolata sulla base di una portata oraria di 2.5 m³/h).

Si precisa, in particolare, che tra le indagini 2D e 3D intercorrerà un tempo di circa 2 anni, pertanto i quantitativi sopra elencati saranno limitati al tempo previsto per la singola indagine (2D o 3D) e non avverranno contemporaneamente.

In considerazione di quanto sopra riportato e della localizzazione delle attività offshore si ritiene che l'impatto sulla componente sia **di lieve entità, temporaneo e reversibile**.

4 SUOLO E SOTTOSUOLO

Il presente capitolo è strutturato come segue:

- nel Paragrafo 4.1 sono riassunte le interazioni tra il progetto e la componente suolo e sottosuolo;
- nel Paragrafo 4.2 è riportata, a livello generale e di dettaglio per l'area di interesse, la descrizione dello stato attuale della componente, con particolare riferimento a:
 - geologia e geomorfologia,
 - geodinamica e sismicità,
 - batimetria, morfologia dei fondali e processi sedimentari;
- nel Paragrafo 4.3 è riportata la stima degli impatti.

4.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE

Il progetto in esame, per quanto concerne la componente ambientale Suolo e Sottosuolo, si caratterizza in generale per il suo carattere non invasivo in quanto, come già trattato in dettaglio nel Quadro di Riferimento Progettuale del presente SIA, prevede l'esecuzione di indagini allo scopo di individuare la presenza di formazioni geologiche nei fondali marini idonee all'accumulo di idrocarburi, tramite l'emissione di onde elastiche nel sottosuolo e la ricezione delle stesse una volta riflesse dai vari strati formazionali. Pertanto il progetto non prevede alcun intervento diretto di perforazione del sottosuolo o di estrazione di idrocarburi, attività che saranno eventualmente previste in caso di esito positivo delle indagini e comunque sottoposte a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale dedicata.

Nello specifico del progetto, inoltre, non si prevedono interazioni dirette tra il fondale e le apparecchiature previste per l'esecuzione delle indagini (sorgenti e cavi di rilevamento) o i mezzi navali (eventuale ancoraggio della Nave Sismica o dei mezzi di supporto). Infatti, il cavo di rilevamento o *streamer* non sarà posato sul fondo, come accade per determinate tipologie di indagini geofisiche a mare (dette *ocean bottom seismic survey*), ma sarà mantenuto in costante galleggiamento alle profondità di progetto e trainato dalla Nave Sismica (metodologia di indagine del tipo *towed streamer*) Per i dettagli sul progetto si veda il Quadro di Riferimento Progettuale del presente SIA.

L'eventuale impatto legato alla sedimentazione della sostanza organica proveniente dagli scarichi di reflui dai mezzi navali in mare e al conseguente deposito sul fondale e contaminazione dei sedimenti marini, considerando la profondità d'acqua dell'area interessata, l'entità degli scarichi e l'ampiezza dell'area di navigazione, è da considerarsi trascurabile. Come già specificato, inoltre, i mezzi di previsto impiego saranno tutti dotati di sistemi di pretrattamento dei reflui a bordo in conformità alle normative vigenti e applicabili.

Per quanto concerne, infine, l'impatto legato alla produzione di rifiuti e alla conseguente occupazione di suolo, in virtù della tipologia dei rifiuti attesi (prevalentemente imballaggi, rifiuti derivanti dalla manutenzione delle apparecchiature e degli impianti di bordo, scarti alimentari) e della durata complessiva del progetto (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 giorni per l'indagine 3D), è ritenuto trascurabile. A tal proposito, si sottolinea che sarà comunque prevista la raccolta di tipo differenziato, ove possibile, e lo smaltimento a terra di tutti i rifiuti prodotti a bordo dei mezzi navali di previsto impiego, nel rispetto della normativa vigente e applicabile.

4.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE

L'area di intervento interesserà una superficie marina di circa 20,000 km². Tale area è localizzata nel Mar Mediterraneo, a Nord Ovest della Sardegna (pertanto nella porzione del Mar Mediterraneo conosciuta come Mar di Sardegna), ad una distanza minima di circa 45 km dalla costa. Per l'inquadramento dell'area di intervento nell'area vasta si veda la Figura 1.1 allegata al Quadro di Riferimento Programmatico del presente SIA.

Il Mar Mediterraneo è un bacino semichiuso, geograficamente compreso tra le coste meridionali dell'Europa, settentrionali dell'Africa e occidentali dell'Asia Anteriore, comunicante con l'Oceano Atlantico attraverso lo Stretto di Gibilterra, con il Mar Nero attraverso gli Stretti di Istanbul e di Canakkale ed il Mar di Marmara e con il Mar Rosso (quindi con l'Oceano Indiano) tramite il Canale artificiale di Suez. Le coste sono nella maggioranza dei casi alte e rocciose mentre si presentano piuttosto basse e sabbiose in corrispondenza degli apparati deltizi dei fiumi principali (Ebro, Rodano, Po e Nilo) e secondari che sboccano nel Mediterraneo. Numerose sono le isole mediterranee, delle quali le principali sono la Sicilia, la Sardegna, la Corsica, Cipro e Creta.

Come già visto in precedenza al Paragrafo 3.2, il bacino del Mediterraneo è suddiviso in due settori, occidentale e orientale: l'intervento oggetto del presente studio è inquadrabile nell'ambito del Mediterraneo occidentale.

4.2.1 Geologia e Geomorfologia

Dal punto di vista geologico e geomorfologico l'intera area mediterranea si caratterizza per la sua complessità; in essa si fronteggiano due sistemi di catene montuose, una a vergenza europea e l'altra a vergenza africana, formatesi in seguito alla collisione tra le due zolle continentali arabo-africana a Sud ed euro-asiatica a Nord.

La catena a vergenza europea parte da Gibilterra e continua con la Cordigliera Betica e il suo prolungamento in mare fino alle Baleari, dove è interrotta in corrispondenza del Bacino Algero-Provenzale. Essa prosegue poi con le Alpi e con l'arco carpato-balcanico.

La catena a vergenza africana, sempre partendo da Gibilterra, passa per il settore settentrionale del Marocco, dell'Algeria, della Tunisia e della Sicilia. In corrispondenza dell'arco calabro la catena subisce una torsione e si orienta a Nord Ovest – Sud Est, formando l'Appennino. Questa catena continua poi nel sottosuolo della pianura Padana e riaffiora nuovamente nelle Alpi meridionali, questa volta con direzione Ovest – Est, quindi subisce una nuova torsione in corrispondenza del confine tra l'Italia e la Slovenia per andare a formare i rilievi delle Dinaridi-Ellenidi.

Appartenente sempre all'area mediterranea è inoltre la catena dei Pirenei, che costituisce il prodotto della collisione tra il blocco europeo e il blocco iberico.

L'attuale configurazione geologica dell'area mediterranea si caratterizza, dunque, per la presenza di un sistema di catene *fold-and-thrust* connesse tra loro, inclusi gli avampaese e i bacini di retroarco ad esse associati (Cavazza e Wezel, 2003).

Nella sua attuale conformazione, il bacino del Mediterraneo risulta come un insieme di bacini differenti per dimensione ed età. I bacini dello Ionio e Libico costituiscono ciò che resta dell'antico oceano Tetide, la crosta oceanica dei bacini Algero-Provenzale e Tirrenico ha origine neogenica, il bacino di Alborán, il Canale di Valencia e il bacino Egeo costituiscono un'estensione della litosfera continentale, il bacino Adriatico è pavimentato da una spessa litosfera continentale (Cavazza e Wezel, 2003).

L'area di intervento è inquadrabile geologicamente nell'ambito del bacino Algero-Provenzale (insieme dei bacini Algerino e Provenzale), come evidenziato nella figura seguente.



Nota: **AB**, Algerian Basin; AS, Alboran Sea; AdS, Adriatic Sea; AeS, Aegean Sea; BS, Black Sea; C, Calabria-peloritani terrane; CCR, Catalan Coast Range; Cr, Crimea; Ct, Crete; Cy, Cyprus; EEP, East European Platform; HP, High Plateaux; KM, Kirschir Massif; IC, Iberian Chain; IL, Insubric Line; IS, Ionian Sea; LS, Levant Sea; LiS, Libyan Sea; MA, Middle Atlas; MM, Moroccan Meseta; MP, Moesian Platform; **PB**, Provençal Basin; PaB, Pannonian Basin; PS, Pelagian Shelf; RM, Rhodope Massif; S, Sicilian maghrebides; SP, Saharan Platform; TA, Tunisian Atlas; TS, Tyrrhenian Sea; VT, Valencia Trough

Figura 4.1: Strutture Geologiche Principali dell'Area Mediterranea (Cavazza e Wezel, 2003) e Individuazione dell'Area di Intervento

I dati sismici a disposizione mostrano una generale uniformità per l'intero bacino Algero-Provenzale per quanto riguarda il periodo storico che va dal Miocene fino ai giorni nostri (Mauffret *et al.*, 1973). Questa uniformità si contraddistingue per la successione di depositi pre-evaporitici, evaporiti Messiniani e depositi del Pliocene. La formazione neogenica (Burdigaliano) del bacino oceanico Algero-Provenzale è stata peraltro riscontrata nei dati paleomagnetici e nella transizione da subsidenza *syn-rift* a *post-rift* dei suoi margini (Vially and Tremolieres, 1996).

Se invece consideriamo la struttura geologica dell'area alla fine dell'Eocene, il bacino Algero-Provenzale può essere suddiviso nei due differenti sottobacini (Biju-Duval *et al.*, 1978):

- Provenzale a Nord, tra la Catalogna, la Provenza, la Corsica, la Sardegna e l'area a Nord delle Isole Baleari, sviluppatosi principalmente su un cratone preesistente di formazioni Paleozoiche sovrascorse durante l'orogenesi ercinica (tardo Paleozoico) su piattaforme di depositi del Mesozoico;

- Algerino a Sud, che si estende dal Mare di Alborán al Canale di Sicilia, comprendendo l'area a Sud delle Isole Baleari, dove si trova un bacino profondo interamente sovrapposto su una cintura di pieghe dell'Eocene-Miocene.

Il bacino Provenzale (o anche detto Liguro-Provenzale comprendendo il Mar Ligure) è il più antico del Mediterraneo occidentale, che a sua volta costituisce la parte di formazione più recente dell'intero bacino Mediterraneo (Carminati *et al.*, 2004). La litosfera è sottile e lo spessore della crosta decresce da 32 km, in corrispondenza della terraferma, a circa 5 km dove assume le caratteristiche di un bacino oceanico (Pascal *et al.*, 1993; Chamot-Rooke *et al.*, 1997). Caratterizzato da una forma triangolare, tale bacino si è formato dalla migrazione del blocco Sardo-Corso (Auzende *et al.*, 1973).

Il bacino Algerino è caratterizzato, in particolare, dal brusco limite con il promontorio balearico, detta scarpata di Emille Baudot (Carminati *et al.*, 2004). La profondità di Moho (limite crosta-mantello) è inferiore a 14 km e la crosta mostra caratteri oceanici con spessori di circa 4-6 km (Hinz, 1973). La sua creazione è strettamente connessa con la formazione della catena Nord-africana (Auzende *et al.*, 1973).

L'area di intervento si colloca nella porzione del bacino Algero-Provenzale tra il blocco Sardo-Corso e le Isole Baleari ed è caratterizzata da uno spessore della crosta di circa 10-12 km e uno spessore della litosfera di circa 60-70 km, come evidenziato nelle figure seguenti.

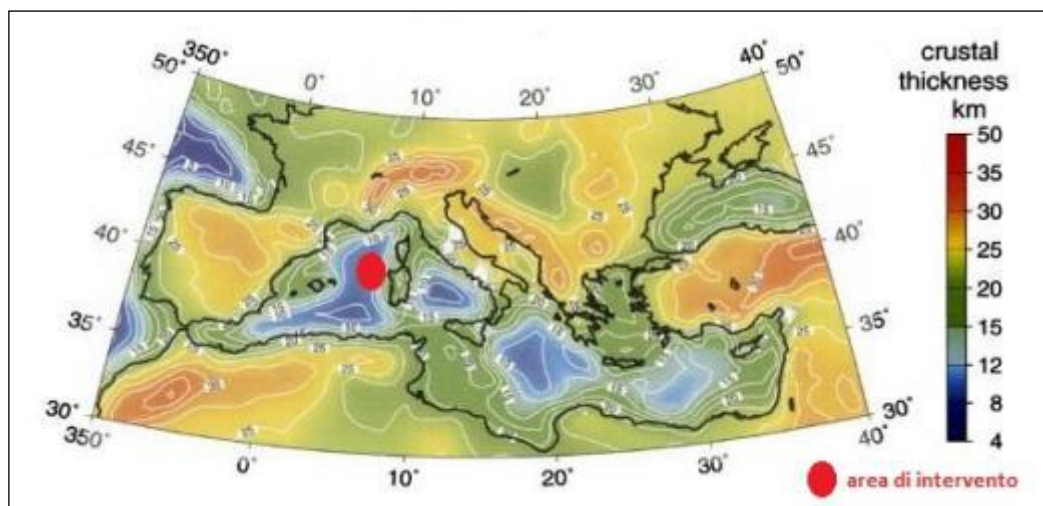


Figura 4.2: Spessore della Crosta nell'Area Mediterranea (Cavazza *et al.*, 2004) e Individuazione dell'Area di Intervento

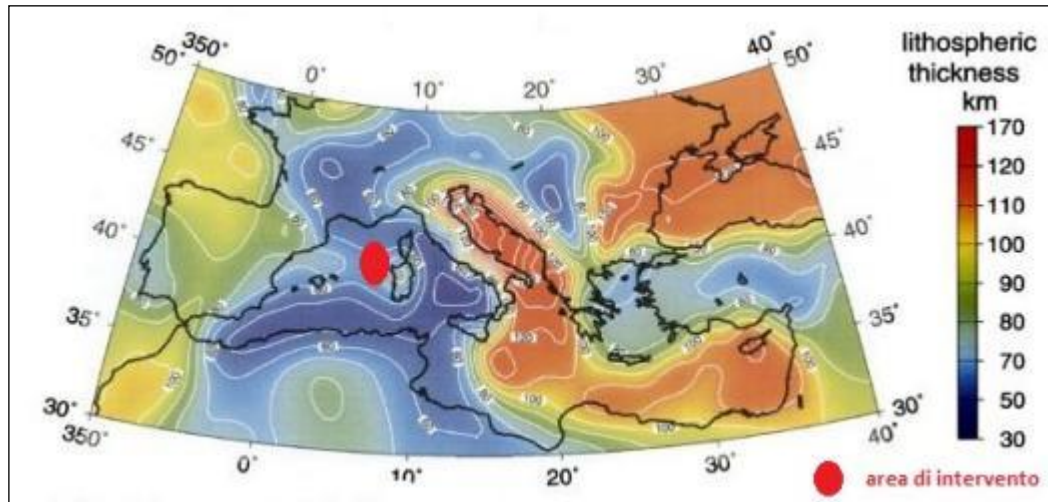


Figura 4.3: Spessore della Litosfera nell'Area Mediterranea (Cavazza *et al.*, 2004) e Individuazione dell'Area di Intervento

4.2.2 Geodinamica e Sismicità

Il settore occidentale del Mediterraneo è, come già detto, pavimentato da diversi sottobacini (Alborán, Canale di Valencia, Algero-Provenzale e Tirrenico) che si sono sviluppati essenzialmente negli ultimi 30-40 Ma (milioni di anni) (Carminati *et al.*, 2012). Quest'area, geologicamente più giovane del settore orientale del Mediterraneo, è in moto da Ovest verso Est (Rehault *et al.*, 1984) e la sua evoluzione geologica è connessa con i movimenti relativi tra le placche africana ed europea più un insieme di *terrane* (frammenti di crosta terrestre) e bacini oceanici o transizionali (Carminati *et al.*, 2012).

L'evoluzione geodinamica del Mediterraneo occidentale parte dal medio Eocene (45 Ma), quando il blocco Sardo-Corso si trovava nella sua posizione originaria, connesso alle coste meridionali della Francia, e le Alpi erano probabilmente collegate alla catena Betica attraverso il promontorio Balearico e la Corsica alpina a formare una catena a doppia vergenza (Doglioni *et al.*, 1999). Lo sviluppo della catena Alpino-Betica è collegata alla subduzione verso Sud Est nell'area Tetide.

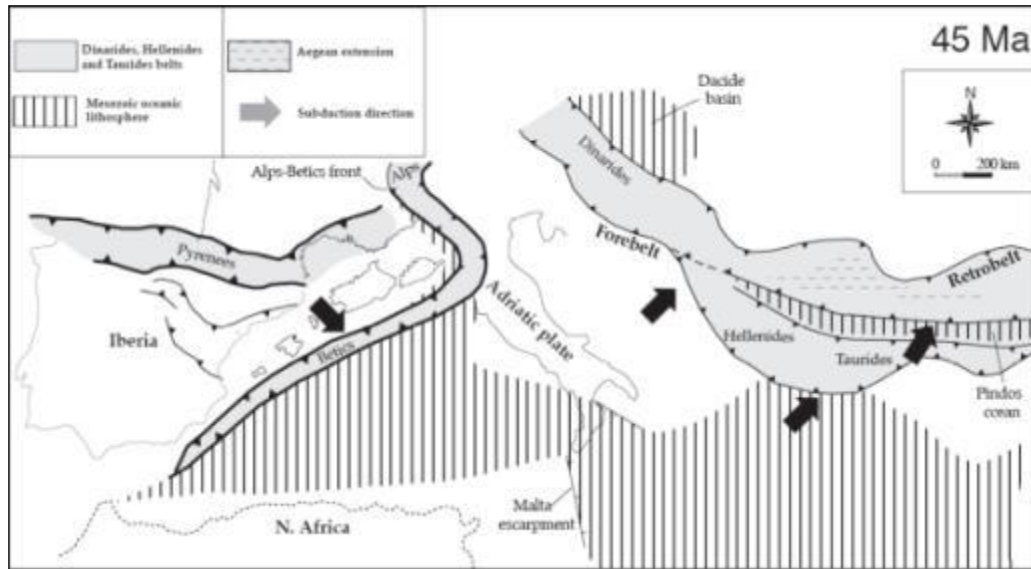


Figura 4.4: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (45 Ma)
 (Carminati et al., 2004)

Circa 30 Ma fa inizia la subduzione verso Ovest della catena Appenninico-Megrebidica lungo l'arco Alpino-Betico, probabilmente innescata dalla presenza, nell'avampata a Est del retroarco Alpino-Betico, di litosfera oceanica o continentale sottile (Doglioni *et al.*, 1999).

Inizia così il processo di estensione e oceanizzazione del bacino Ligure-Provenzale con rotazione antioraria del blocco Sardo-Corso (Carminati *et al.*, 2004). L'origine geodinamica del bacino Alghero è invece legata al *roll-back* della subduzione Appenninico-Megrebidica (Carminati *et al.*, 2004).

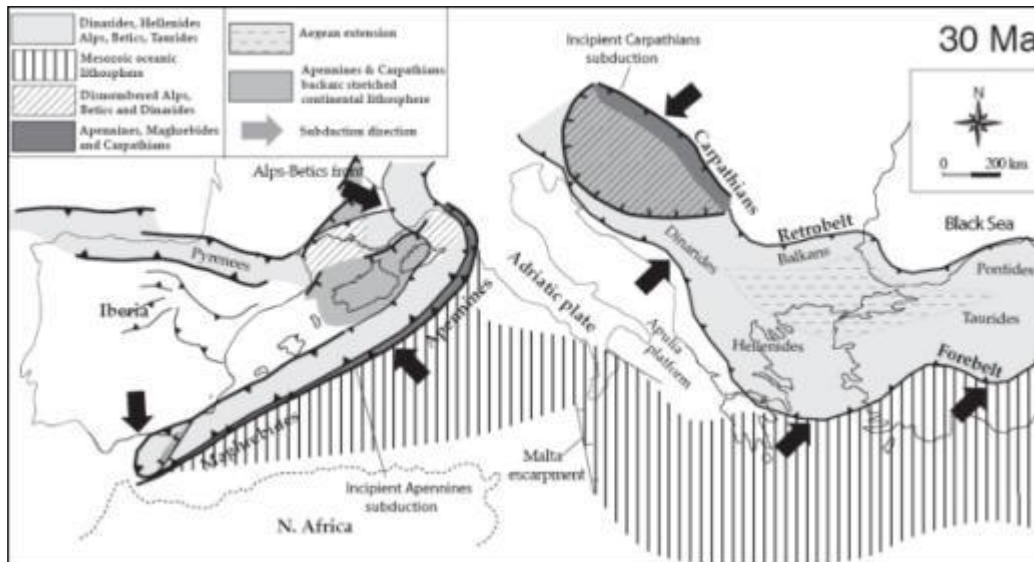


Figura 4.5: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (30 Ma)
 (Carminati et al., 2004)

Un significativo spostamento verso Est della Sardegna si ha nel Langhiano (15 Ma), estensione che ha determinato dal medio Miocene ad oggi l'apertura del bacino Tirrenico (Carminati *et al.*, 2004).

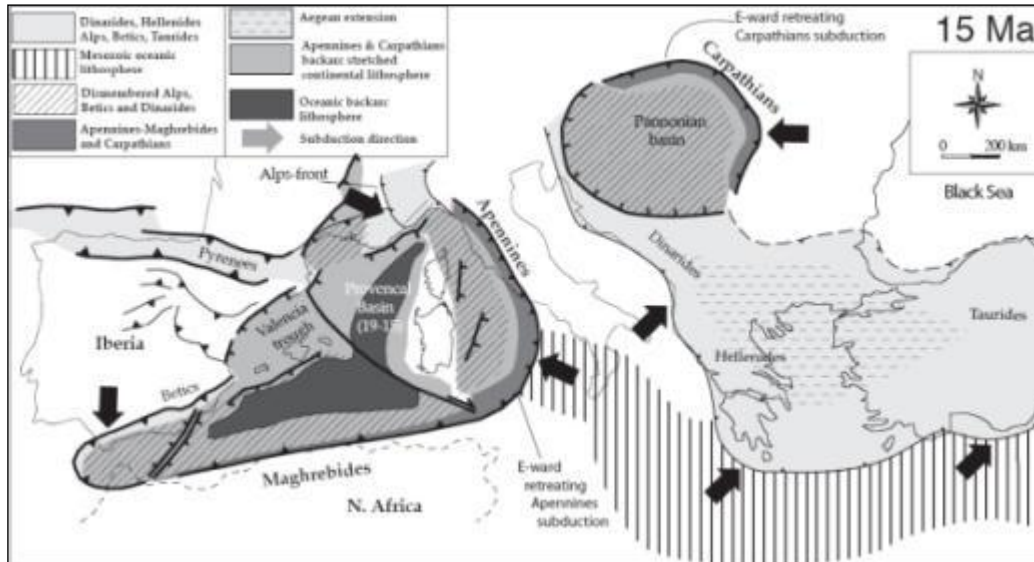


Figura 4.6: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (15 Ma)
 (Carminati *et al.*, 2004)

Il continuo roll-back della catena Appenninica ha poi completato la rotazione del blocco Sardo-Corso e l'apertura del Tirreno fino all'attuale configurazione (0 Ma) (Carminati *et al.*, 2004).

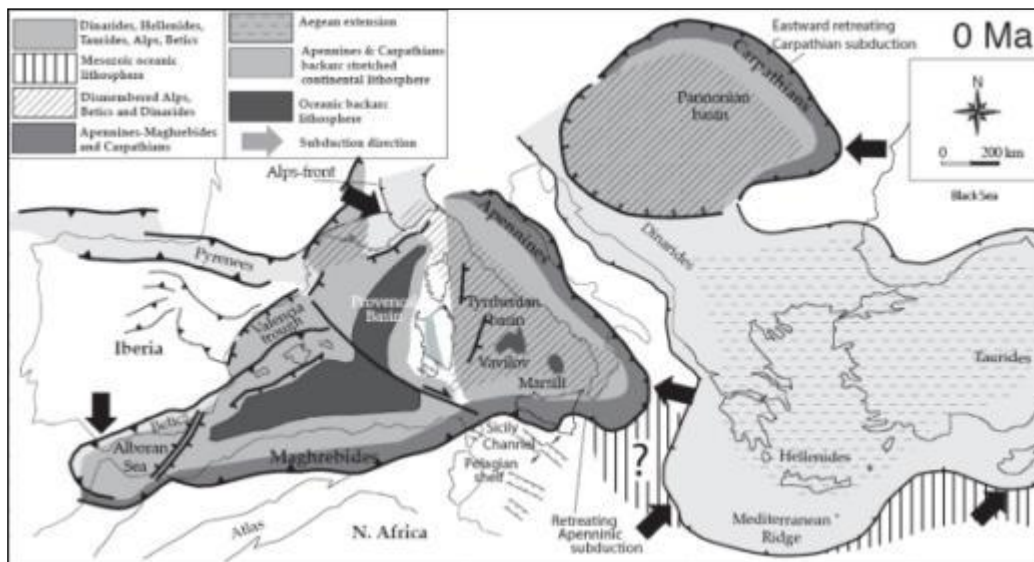


Figura 4.7: Evoluzione Geodinamica del Mediterraneo Occidentale (0 Ma)
 (Carminati *et al.*, 2004)

Sebbene meno attiva della porzione orientale del bacino Mediterraneo, il bacino del Mediterraneo occidentale è caratterizzato tuttora dalla presenza di importanti segmenti geologicamente attivi così come altri del tutto passivi.



Figura 4.8: Geodinamica dell'Area Mediterranea (Carminati *et al.*, 2012) e Individuazione dell'Area di Intervento

La sismicità dell'area Mediterranea è collegata ai sistemi tettonici che la contraddistinguono e segue la linea di confine tra la placca Africana e quella Euroasiatica. Tale sismicità è alta sia in termini di frequenza che di magnitudo e si concentra soprattutto nell'area egea e peri-egea (Mediterraneo orientale). Per quanto riguarda il Mediterraneo occidentale, le aree maggiormente sismiche sono quelle in corrispondenza della catena magrebina e la Sicilia settentrionale (Cavazza *et al.*, 2004). La distribuzione della sismicità nell'area Mediterranea è mostrata nella figura seguente, che evidenzia una bassa attività sismica nell'area di interesse.

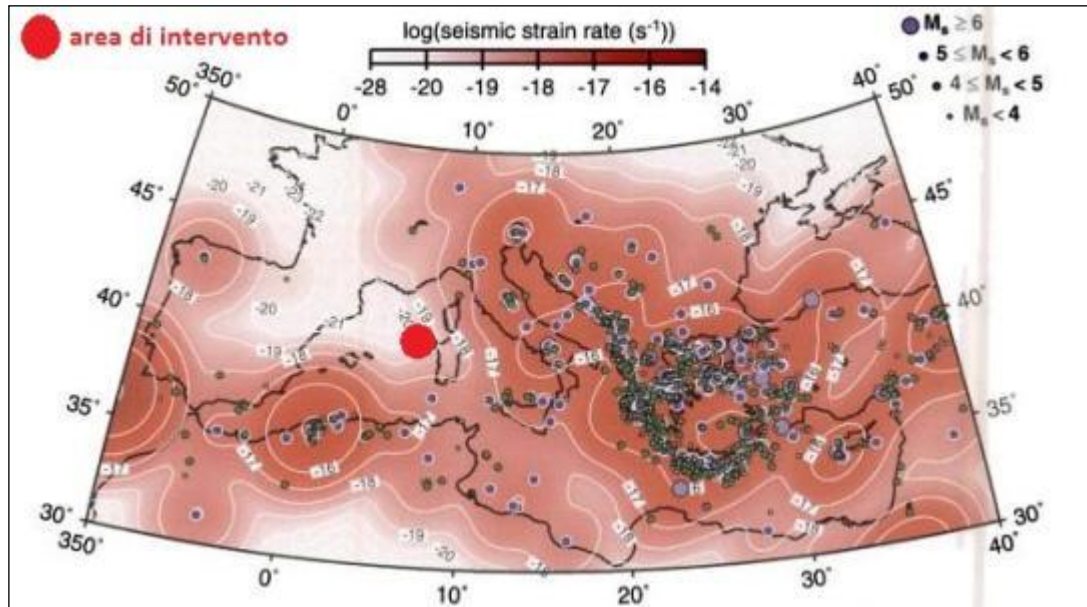


Figura 4.9: Sismicità nell'Area Mediterranea (Cavazza *et al.*, 2004) e Individuazione dell'Area di Intervento

4.2.3 Batimetria, Morfologia dei Fondali e Processi Sedimentari

I caratteri batimetrici e morfologici del bacino del Mediterraneo occidentale riflettono l'assetto geologico e tettonico dell'area delineatosi negli ultimi 5 milioni di anni.

Questa regione può suddividersi in unità morfologiche basate sulla topografia del fondale (Rehault *et al.*, 1984); sono così distinte, dal punto di vista morfobatimetrico, la piana batiale, il rialzo continentale (anche *continental rise*) e le conoidi marine, le piattaforme e le scarpate continentali:

- la piana batiale, delimitata dall'isobata dei 2,700 m, occupa la parte più profonda e centrale del bacino, la cui massima profondità è raggiunta a Sud Ovest della Corsica e si presenta estremamente piatta, con rialzi di decine di metri dovuti alla presenza di domi salini;
- le conoidi marine profonde sono ampiamente sviluppate nel settore settentrionale in cui sono presenti tra gli altri la conoide del Rodano, del Mar Ligure e del Golfo di Valencia; il rialzo continentale presso le coste catalana, corsa, sarda ed algerina è molto più ridotto che non presso la costa europea a causa del diverso apporto sedimentario proveniente dalle aree al contorno;
- le piattaforme e le scarpate continentali sono generalmente strette a esclusione delle zone baleariche; la maggior parte delle piattaforme sono formate da prismi progradazionali di sedimenti Plio-Quaternari poggianti su superfici di erosione mioceniche (i grandi fiumi Ebro e Rodano alimentano con i propri sedimenti un'ampia piattaforma progradante).

Come già detto, il settore occidentale del Mediterraneo è per la maggior parte costituito dal vasto bacino Algero-Provenzale che è compreso tra le coste occidentali della Corsica e della Sardegna, quelle Nord-orientali della Spagna e meridionali della Francia e quelle settentrionali del Marocco e dell'Algeria. Esso costituisce un'ampia zona batiale, con pendenza quasi nulla e profondità massima compresa tra 2,800 e 2,900 m (con profondità

massima raggiunta a Sud-Ovest della Corsica, nella Piana Sardo-Balearica), che si raccorda alle aree di piattaforma della Sardegna, attraverso una scarpata continentale piuttosto accidentata anche se non molto inclinata, e della Corsica, attraverso una scarpata più ripida e incisa da numerosi *canyon*. La piattaforma continentale sia nel settore occidentale (coste spagnole e francesi) sia in quello meridionale è poco estesa, ad eccezione delle aree di fronte agli apparati deltizi dell'Ebro e del Rodano. La parte settentrionale del bacino Algero-Provenzale è rappresentata dal Mar Ligure, che costituisce la diretta prosecuzione verso Nord del Mare di Sardegna. Tale porzione di bacino presenta margini continentali piuttosto stretti e inclinati, incisi da canyon sottomarini, sui lati Nord Ovest e Sud Est mentre a Est e Nord Est la piattaforma continentale è molto più ampia e lo stesso margine risulta meno accidentato.

A Sud Ovest del bacino Algero-Provenzale, verso lo Stretto di Gibilterra, vi è il bacino di Alborán dove si raggiungono profondità superiori a 2,000 m, suddiviso ulteriormente in due bacini minori (occidentale e orientale) separati da una soglia in corrispondenza dell'isola di Alborán. Qui la piattaforma continentale è poco estesa e i margini si presentano piuttosto irregolari e solcati da *canyon* sottomarini.

Il bacino del Tirreno è generalmente suddiviso in settentrionale e centro-meridionale poiché a questa ripartizione corrispondono una differente fisiografia e storia geologica. Il limite di separazione tra i due sottobacini è posto convenzionalmente in corrispondenza del parallelo di 41° N. Il Tirreno settentrionale è compreso tra detto limite e l'allineamento Capo Corso-Capraia-Elba ed è impostato su di un margine continentale presentando una morfologia piuttosto accidentata nel settore meridionale dove raggiunge profondità massime di 2,000-2,200 m. Il Tirreno centro-meridionale comprende l'intera piana batiale tirrenica (profondità massima variabile da 2,900 a 3,600 m), dalla quale si elevano numerosi rilievi sottomarini interessati da attività vulcanica, alcuni dei quali emergono formando isole (ad esempio le Eolie).

Nella figura seguente è mostrata la morfo-batimetria dell'intero bacino del Mediterraneo occidentale e l'ubicazione dell'area di intervento. Quest'ultima ricade per la maggior parte nel piano batiale del bacino Algero-Provenzale, tra la Sardegna e Isole Baleari.

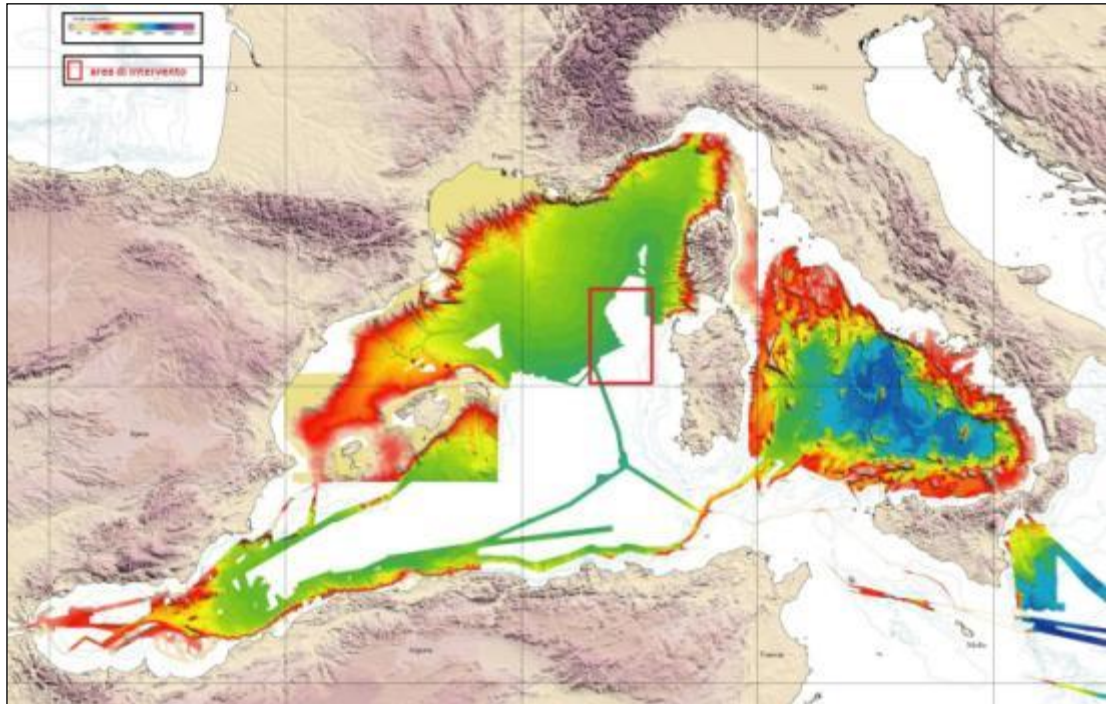


Figura 4.10: Morfo-Batimetria del Mediterraneo Occidentale (www.ciesm.org) e Individuazione dell'Area di Intervento

I processi sedimentari che contribuiscono alla formazione del fondale marino sono complessi e la distribuzione dei sedimenti è influenzata da diversi fattori quali lo scarico dei fiumi, le correnti, i processi tettonici ed altro. L'origine del materiale, d'altra parte, è doppia: biogenica da organismi planctonici o bentonici e terrigena dai sedimenti fluviali (fine, grossolano).

La distribuzione dei sedimenti terrigeni sul fondale è data da un gradiente batimetrico o da un gradiente di limo dalla costa al mare, con una successione caratteristica di fronti sedimentari: sabbia fine, sabbia fine argillosa, fanghi sabbiosi. La sabbia fine argillosa ed i fanghi sabbiosi sono sedimenti di transizione che permettono cambiamenti dalla sabbia fine costiera fino alle argille dell'alto mare. Presso i capi intorno alle baie ed ai golfi della costa Africana, il fondale è ruvido (sabbia grossolana, ghiaia). Quindi, la seguente distribuzione degli strati sedimentari è un modello generale per le coste del Sud. Le sabbie fini si trovano nelle acque poco profonde dove formano una stretta striscia costiera. Le argille sono talvolta pure ed occupano quasi interamente la piattaforma continentale (Golfo di Al-Hoceima, Baia di Arzew, Bou Ismail, Golfo di Bejaia, Skikda, Baia di Tunisi), mentre l'assenza di fiumi (Baia di Oran), favorisce la sabbia grossolana e la ghiaia.

Questi agiscono come importanti sorgenti di metalli naturali in traccia e completano le altre sorgenti dai cicli biogeochimici (Rajar et al., 2007). Gli apporti collegati alla tettonica sono importanti nelle aree vulcaniche e presso le sorgenti geotermali come avviene nel Sud del Tirreno. Tali contributi spiegano gli importanti livelli naturali di metalli intorno a certe isole (Eolie, Sardegna, Palmarola). La presenza di miniere, localizzate a monte dei fiumi o dei torrenti del bacino (Monte Amiata, Toscana) è altresì una fonte di sedimenti arricchiti (UNEP/MAP, 1996).

La risospensione naturale dei sedimenti è dominata dalle onde di breve durata fino a 40 m di profondità. I venti costieri (Mistral, Tramontana lungo le coste Nord e Scirocco al Sud) non hanno effetti sulla risospensione ma controllano la dispersione delle acque torbide verso il mare. Questo fenomeno naturale favorisce il rilascio di nutrienti disciolti nelle acque dei pori dei sedimenti. Gli effetti delle reti a strascico sono paragonabili a forti tempeste localizzate, ed hanno ripercussioni anche sulla risospensione dei sedimenti fin dalla piattaforma continentale (dai 50 ai 200 m di profondità), in cui gli effetti delle onde e delle correnti sono trascurabili. Alla scala della flotta di pesca del Golfo del Leone, il volume di sedimenti risospesi (5 milioni di tonnellate, approssimativamente il 3% dell'apporto da tempeste), è equivalente all'apporto di particelle dal Rodano (Ferre et al., 2008). Quindi, i nutrienti risospesi sono presenti in quantitativi di diversi ordini di grandezza superiore a quelli provenienti da flussi naturali e dalla bioturbazione. Possono pertanto essere considerati per la valutazione dei cicli biogeochimici.

Con riferimento all'area di interesse, i processi deposizionali dei fondali profondi sono soprattutto influenzati dalla presenza di *canyon* e calanchi sottomarini caratterizzati da elevate pendenze (soprattutto in corrispondenza della Corsica Sud-occidentale). I canyon più larghi, come quello di Ajaccio, determinano la presenza di ventagli di deposizione sabbiosa (Millington, 1996).

4.3 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

In ragione della tipologia di attività e di quanto descritto nel precedente Paragrafo 4.1 non sono previsti impatti sulla componente Suolo e Sottosuolo.

5 VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI

L'analisi preliminare delle possibili interazioni tra le diverse fasi di progetto e la componente in esame ha determinato l'individuazione degli aspetti progettuali (fattori causali di impatto) in grado di incidere in maniera significativa sulla componente esaminata.

La caratterizzazione della componente ha permesso di conoscerne lo stato attuale e di individuare gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sulla base dei quali è stata effettuata la valutazione degli impatti generati dal progetto e sono state individuate, ove ritenuto opportuno, le rispettive misure di mitigazione.

Il presente capitolo è strutturato come segue:

- nel Paragrafo 5.1 sono riassunte le interazioni tra le singole fasi del progetto e la componente Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi;
- nel Paragrafo 5.2 è riportata, a livello generale e di dettaglio per l'area di interesse, la descrizione dello stato attuale della componente, con particolare riferimento a:
 - biodiversità,
 - habitat,
 - biocenosi bentoniche,
 - comunità biologiche della colonna d'acqua,
 - risorse demersali e alieutiche,
 - mammiferi marini,
 - rettili marini,
 - avifauna,
 - aree naturali protette, Siti Natura 2000 e IBA;
- nel Paragrafo 5.3 sono descritti gli elementi di sensibilità della componente;
- nel Paragrafo 5.4 è riportata la stima degli impatti e sono individuate le eventuali misure di mitigazione.

5.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE

Le interazioni tra il progetto e la componente Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi possono essere ricondotte principalmente a:

- emissioni atmosferiche dai motori e dai generatori dei mezzi navali (Nave Sismica e mezzi di supporto);
- scarichi idrici in mare dai mezzi navali (Nave Sismica e mezzi di supporto);
- emissione di rumore sottomarino di tipo continuo causate della Nave Sismica e dei mezzi di supporto in movimento;
- emissione di rumore sottomarino di tipo impulsivo durante la fase di energizzazione e registrazione;
- emissione di rumore aereo generato della Nave Sismica e dei mezzi di supporto in movimento;
- occupazione di specchio acqueo da parte dei mezzi navali (Nave Sismica e mezzi di supporto) e delle apparecchiature di energizzazione e registrazione stese a mare;

- illuminazione notturna.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni del progetto con l'ambiente riportate nel Quadro di Riferimento Progettuale del presente SIA, la valutazione qualitativa della significatività degli aspetti progettuali in grado di determinare un impatto sulla componente in esame (fattori causali di impatto) viene riassunta nella seguente tabella.

Tabella 5.1: Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente

Fattori Causali di Impatto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Valutazione
ARRIVO IN SITO / ABBANDONO AREA INDAGATA		
Emissioni di inquinanti in atmosfera dai mezzi navali		X
Scarichi idrici dai mezzi navali		X
Emissione di rumore in ambiente sottomarino dai mezzi navali		X
Emissione di rumore in ambiente aereo dai mezzi navali	X	
Occupazione specchio acqueo		X
Illuminazione notturna		X
STENDIMENTO / RECUPERO APPARECCHIATURE		
Emissioni di inquinanti in atmosfera dai mezzi navali		X
Scarichi idrici dai mezzi navali		X
Emissione di rumore in ambiente sottomarino dai mezzi navali		X
Emissione di rumore in ambiente aereo dai mezzi navali	X	
Occupazione specchio acqueo		X
Illuminazione notturna		X
ESECUZIONE RILIEVO GEOFISICO		
Emissioni di inquinanti in atmosfera dai mezzi navali		X
Scarichi idrici dai mezzi navali		X
Emissione di rumore in ambiente sottomarino dai mezzi navali		X
Emissione di rumore in ambiente sottomarino generata dalle sorgenti di energizzazione		X
Emissione di rumore in ambiente aereo dai mezzi navali	X	
Occupazione specchio acqueo		X
Illuminazione notturna		X

Si è ritenuto di escludere dalle valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa.

Per tutte le fasi di progetto sono state escluse da successive valutazioni le emissioni di rumore in ambiente aereo, date le caratteristiche delle attività in progetto (unità navali caratterizzate da emissioni sonore soggette a regolamentazione) e la distanza minima dalla costa (circa 45 km).

Nei paragrafi successivi si riporta la caratterizzazione della componente (Paragrafo 5.2), evidenziandone gli eventuali elementi di sensibilità ed identificando i recettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto (Paragrafo 5.3). La valutazione degli impatti ambientali, unitamente alle misure mitigative che si prevede di adottare, è riportata al Paragrafo 5.4.

5.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE

5.2.1 Biodiversità

Il Mar Mediterraneo, probabilmente per la presenza delle numerose stazioni marine di ricerca situate entro i suoi confini, è uno dei mari più studiati al mondo. La più recente stima delle specie marine Mediterranee indica tra le 10,000 e le 12,000 specie, (circa 8,500 specie appartenenti alla fauna macroscopica, oltre 1,300 specie vegetali, e circa 2,500 altri gruppi tassonomici) (Zenetos et al., 2002; UNEP/SPARAC, 2003; Boudouresque, 2004; Bianchi, 2007; Briand & Giuliano, 2007; Boero, 2007; UNEP/SPARAC, 2009). Ciò corrisponde al 4-18% (in base al gruppo tassonomico) del totale delle specie marine mondiali conosciute. Con circa lo 0.82% e lo 0.32% rispettivamente dell'area e del volume degli oceani mondiali (Bianchi & Morri, 2000), il Mediterraneo costituisce uno dei 25 centri della biodiversità riconosciuti su scala planetaria (Meyers et al., 2000; UNEP, 2012).

Questo è altresì vero per il dominio continentale del bacino Mediterraneo, il quale, benché costituisca solo l'1.6% della superficie dei continenti, contiene il 10% della biodiversità mondiale.

Gli "hotspots" (o punti caldi) della biodiversità sono caratterizzati sia da livelli eccezionalmente elevati di endemismo, sia da livelli critici di perdita di habitat, ed è quindi in tali punti che devono concentrarsi gli sforzi di conservazione. L'elevato endemismo, riferito alle specie che vivono unicamente in Mediterraneo, è un ulteriore marcato carattere delle biodiversità marina della regione. I livelli di endemismo in Mediterraneo sono superiori a quelli dell'Atlantico (Bianchi & Morri, 2000). A livello biogeografico, il biota del Mediterraneo include il 55-77% delle specie Atlantiche (presenti sia in Atlantico sia in Mediterraneo), 3-10% delle specie pan-tropicali (specie dei mari caldi del globo), 5% di specie Lessepsiane (specie provenienti dal Mar Rosso entrate dal Canale di Suez) e tra il 20 e il 30% di specie endemiche. Questo tasso di endemismo, relativamente alto se paragonato agli altri mari ed oceani, varia a seconda del gruppo tassonomico (Zenetos et al., 2002; Boudouresque, 2009):

- 18% per i crostacei decapodi;
- 27% per gli cnidari idrozoi;
- 40% per le alghe rosse (Rhodophyta);
- 46% per le spugne;
- 50% per le ascidie;
- 90% per gli uccelli marini nidificanti.

Questi sono fondamentalmente neo-endemismi come il genere *Cystoseira* (*Chromobionta*, *Stramenopilous*) con oltre 30 specie conosciute in Mediterraneo, 20 delle quali endemiche, e, con estensione più limitata, paleo endemismi, come le specie del genere *Rodriguezella*, il corallo rosso *Corallium rubrum* e la fanerogama *Posidonia oceanica* (Figura 5.1).

Questa elevata diversità biologica può essere legata ai caratteri geomorfologici e idrografici specifici del bacino, alla sua storia geologica ed alla sua posizione di interfaccia tra biomi temperati e tropicali che permette di ospitare specie affini ad entrambi i biomi (UNEP/MAP - BP/RAC, 2009).



**Figura 5.1: *Corallium Rubrum* (Sinistra)
Prateria di *Posidonia Oceanica* (Destra) (MATTM, 2002-2009)**

Flora e fauna del Mediterraneo sono diversamente distribuite tra i vari bacini: 87% delle forme di vita conosciuta in Mediterraneo si trovano nel bacino occidentale, 49% in Adriatico e 43% nel bacino orientale. Tuttavia, molte specie si ritrovano anche in due o in tutti i bacini (Boudouresque, 2009). Inoltre, le specie endemiche sono più numerose nel bacino occidentale.

Si stima che siano presenti circa 5,942 specie di invertebrati bentonici (622 spugne, 420 cnidari, circa 500 briozoi, 1,000 anellidi, 2,000 molluschi, 154 echinodermi, 6 echiuridi, 3 priapulidi, 33 sifunculidi, 15 brachiopodi, 1 pogonoforo, 4 phonoridi, 5 emicordati e circa 1,935 artropodi) (Zenetos et al., 2002, 2003). La distribuzione diversificata di questi taxa nel bacino del Mediterraneo rivela un gradiente che decresce da Ovest ad Est (Zenetos et al., 2003).

5.2.2 Habitat Potenzialmente Interessati

5.2.2.1 Sistemi di Mare Profondo – Deep Sea System

Il termine “mare profondo” si riferisce generalmente alle profondità marine nelle quali gli organismi fotosintetici risultano assenti. In accordo con alcuni autori il termine si applica ad aree che ricadono esternamente alla piattaforma continentale. Gli ecosistemi del mare profondo sono considerati come estremamente stabili quando paragonati agli ambienti costieri. La loro importante caratteristica è collegata alle temperature ed alla salinità che generalmente non cambiano molto (George et al., 1991). I mari profondi si estendono dalla fine della piattaforma continentale (generalmente acque con profondità superiori ai 200 m), fino alla profondità massima.

In Mediterraneo, come altrove, tali acque sono rimaste largamente inesplorate. I dati disponibili sono piuttosto scarsi, ma i lavori preliminari effettuati hanno tuttavia permesso di ottenere un inventario qualitativo di questi ecosistemi, nonostante la mancanza di dati biogeografici (Rais, 2008).

I lavori pubblicati da WWF e IUCN (WWF/IUCN, 2004) delineano a grandi linee gli ecosistemi profondi del Mediterraneo.

I Piani Batiale ed Abissale coprono rispettivamente circa il 60% ed il 10% della superficie del Mediterraneo, mentre la piattaforma continentale rappresenta circa il 30%. Diversamente

dall'Atlantico, le acque profonde del Mediterraneo sono caratterizzate dall'assenza di specie tipiche di profondità (specie batipelagiche quali le foraminifere *Xenophyophora*, le spugne *Hexactinellidae*, l'oloturia dell'ordine degli Elaspodida, etc.) (Zenetos et al., 2002; WWF-IUCN, 2004). Le forme di vita del mare profondo in Mediterraneo sono costituite essenzialmente da specie euribate. Gli altri gruppi faunistici sono debolmente rappresentati. La macrofauna bentonica di profondità risulta povera in termini di abbondanza, ricchezza di specie ed endemismo. Il confronto longitudinale mostra un gradiente di declino da Ovest ad Est, in particolar modo per il benthos di profondità.

La macrofauna è dominata da pesci e crostacei decapodi con differenze sia nella composizione specifica, sia in abbondanza tra il bacino occidentale e quello orientale. La macrofauna è tipicamente composta da specie di dimensioni minori rispetto a quelle Atlantiche. La meiofauna è meno abbondante nel bacino orientale. Nel mare profondo il tasso di endemismo per numerosi taxa (i.e. 48% per gli anfipodi) è chiaramente superiore rispetto all'endemismo medio in Mediterraneo. Negli habitat bentonici di alto mare, gli elementi estremamente vulnerabili alla pesca sono le facies di coralligeno, l'echinoderma crinoideo *Leptometra phalangiium*, gli cnidari *Funiculina quadrangularis* e *Isidella elongata*, facies di organismi sessili finora riscontrati sulla piattaforma continentale e sulla spaccatura della scarpata continentale del bacino occidentale, benché la localizzazione e l'estensione di tali habitat nell'intera regione sia nota unicamente in piccola parte.

5.2.2.2 Sistemi di Alto Mare - High Seas Systems

In Mediterraneo, l'"alto mare" rappresenta una larga parte del bacino, sostiene una grande selezione di vita marina e possiede tasche di produttività relativamente elevata (gyres, upwelling e fronti).

In genere, in Alto Mare si trova una fauna diversificata appartenente a vari gruppi zoologici. Ovviamente non tutte le specie descritte in Mediterraneo si ritrovano in aree di alto mare oltre le 12 miglia nautiche, che costituiscono gli attuali confini delle acque territoriali, tuttavia sono numerose le forme di vita che frequentano tale area. Questi sono principalmente predatori di alto mare, importanti da un punto di vista della conservazione, noti come specie ombrello. Tra questi sono inclusi i condroitti, i cetacei, le tartarughe marine e gli uccelli marini (Figura 5.2).

I sistemi pelagici del Mediterraneo includono caratteri distintivi quali upwelling, gyre e fronti. I fronti termali corrispondono ad aree di contatto tra due masse d'acque di diversa temperatura. Queste regioni sono spesso siti di mescolamento verticale che riportano in superficie i sali minerali che incoraggiano lo sviluppo planctonico e favoriscono l'installarsi di catene trofiche. Le zone di upwelling sono considerate tra gli ecosistemi più produttivi in ambiente marino.



Figura 5.2: *Prionace Glauca* (in Alto a Sinistra), *Tursiops Truncatus* (in Alto a Destra), *Caretta Caretta* (in Basso a Sinistra), *Calonectris Diomedea* (in Basso a Destra) (MATTM, 2002-2009)

Il fondale marino nelle aree di mare aperto presenta forme di vita uniche. I canyon rappresentano per numerose specie luoghi di riproduzione e nutrimento (pesci, cetacei quali *Grampus griseus* e *Physeter macrocephalus* - Figura 5.3) e sono una notevole riserva di endemismi.



**Figura 5.3: *Grampus griseus* (Sinistra)
Caratteristico Soffio del Capodoglio *Physeter Macrocephalus* (Destra)
(MATTM, 2002-2009)**

I coralli di acqua fredda sono habitat di grande valore ecologico e di elevata diversità, minacciati dalla pesca a strascico profonda e dagli effetti del riscaldamento globale (ICSEMS, 2004). I rilievi sottomarini costituiscono habitat singolari in ambiente marino. Rappresentano l'habitat essenziale per il ciclo di vita di diverse specie e contengono alti livelli di densità di macro e megafauna. Sono inoltre caratterizzati da alti livelli di endemismo (i.e. hydrozoa) e costituiscono zone di nutrimento per molte specie di vertebrati marini. Il Mar di Alboran (Spagna), il Mar delle Baleari (Spagna), il Golfo del Leone (Francia) e gli abissi del Mar Ionio sono di particolare interesse per questi habitat.

5.2.3 Biocenosi Bentoniche

5.2.3.1 Fauna Invertebrati

Le comunità bentoniche sono sia produttive sia diversificate nella composizione specifica nel Bacino Occidentale. Le aree rocciose intertidali e bentoniche, le praterie di Posidonia e gli habitat formati da macroalghe, le comunità di coralligeno ed i fondi molli sostengono un'ampia varietà di spugne, coralli ed anemoni, molluschi, crostacei ed echinodermi. Molte di queste specie sono classificate come minacciate; nella seguente tabella si riporta l'elenco delle specie di invertebrati di particolare interesse conservazionistico, presenti in Mediterraneo occidentale, individuate nel Protocollo della Convenzione di Barcellona sulle Aree Specialmente Protette (SPA) e sulla Biodiversità (si veda quanto riportato nel Quadro di Riferimento Programmatico dello SIA).

Tabella 5.2: Elenco degli Invertebrati di Interesse Conservazionistico presenti nel Bacino Occidentale del Mediterraneo

Porifera	Annex Protocol SPA and Biodiversity
<i>Axinella polypoides</i> Schmidt, 1862	II
<i>Spongia lamella</i> (Schulze, 1879)	III
<i>Spongia officinalis officinalis</i> Linnaeus, 1759	III
<i>Spongia zimocca</i> Schmidt, 1862	III
Cnidaria	
<i>Astroides calycularis</i> (Pallas, 1766)	II
<i>Savalia savaglia</i> Nardo, 1844	II
<i>Corallium rubrum</i> (Linnaeus, 1758)	III
Mollusca	
<i>Charonia lampas lampas</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Dendropoma petraeum</i> (Monterosato, 1884)	II
<i>Erosaria spurca</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Lithophaga lithophaga</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Luria lurida</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Mitra zonata</i> Marryat, 1818	II
<i>Patella ferruginea</i> Gmelin, 1791	II
<i>Patella nigra</i> (da Costa, 1771)	II
<i>Pholas dactylus</i> Linnaeus, 1758	II
<i>Pinna nobilis</i> Linnaeus, 1758	II
<i>Pinna rudis</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Schilderia achatidea</i> (Gray in G.B. Sowerby II, 1837)	II
<i>Tonna galea</i> (Linnaeus, 1758)	II
Crustacea	
<i>Homarus gammarus</i> (Linnaeus, 1758)	III
<i>Maja squinado</i> (Herbst, 1788)	III
<i>Palinurus elephas</i> (Fabricius, 1787)	III
<i>Scyllarides latus</i> (Latreille, 1803)	III
<i>Scyllarus arctus</i> (Linnaeus, 1758)	III
Echinodermata	
<i>Centrostephanus longispinus</i> (Philippi, 1845)	II
<i>Ophiaster ophidianus</i> (Lamarck, 1816)	II
<i>Paracentrotus lividus</i>	III

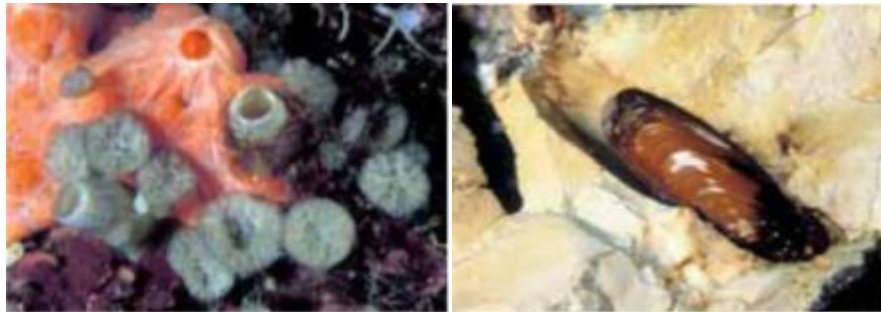
Note:

Annex II: lista delle specie minacciate e in pericolo;

Annex III: lista delle specie il cui sfruttamento è regolato.

Le informazioni fornite per la Spagna mediterranea da Malba e Duarte (2010) sono utili alla comprensione di gran parte della sottoregione. La fauna vivente su fondi molli è dominata da policheti ed echinodermi (Pérès e Picard, 1962). Nelle praterie di fanerogame, i policheti dominano in biomassa, mentre la comunità di invertebrati associata domina in ricchezza di specie (Luque e Templado 2004). Tuttavia tra i numerosi invertebrati che vivono all'interno delle praterie di fanerogame, va sicuramente menzionato il mollusco *Pinna nobilis*, tipicamente nelle praterie di *Posidonia oceanica* e talvolta anche in quelle di *Cyomodocea nodosa*. Tale mollusco è il più grande bivalve del Mediterraneo, con conchiglie che raggiungono una lunghezza superiore al metro. Un terzo di questa è sepolto nel sedimento, tra i rizomi delle fanerogame. La *P. nobilis* ha un'abbondanza che va dal singolo individuo fino a 10, per m², ed alcune possono vivere oltre i 35 anni di età (Garcia-March e Marquez-Aliaga, 2007). Anche i letti di Maërl³ ospitano una comunità di invertebrati altamente diversificata. Sulla costa di Alicante (Spagna), ad esempio, sono state censite circa 200 specie per la maggior parte appartenenti a crostacei, molluschi ed anellidi (Barbera et al., 2003).

Gli invertebrati che crescono sui substrati rocciosi o sui reef in formazione lungo la Spagna Mediterranea sono molti. Tra questi si trovano sia animali costruttori del coralligeno sia da biodistruttori. Presso la regione di Marsiglia (Francia), Hong (1980) ha identificato 124 specie di costruttori del coralligeno quali prevalentemente briozoi (62%) e serpulidi policheti (23%), mentre cnidari, molluschi, spugne e crostacei contano solo rispettivamente per il 4%, 4%, 4% e 1.6% delle specie. La spugna *Cliona viridis*, il bivalve *Lithophaga lithophaga* (Figura 5.4) e numerosi anellidi, tra gli altri, erodono le concrezioni calcaree. La composizione degli assemblamenti di animali nel coralligeno è diversificata e varia tra le associazioni vegetali, tra i siti e tra le aree geografiche.



**Figura 5.4: Papille Inalanti e Osculari di *Cliona viridis* (Sinistra)
Lithophaga lithophaga (Destra) (MATTM, 2002-2009)**

La comunità del coralligeno, nel suo insieme, non mostra una stagionalità pronunciata (Ballestreros, 2003). Tuttavia, le dinamiche di molte specie di animali bentonici del coralligeno (idrozoi, antozoi, etc.) variano stagionalmente (Ballestreros, 2003). Grandi spugne e cnidari dominano la comunità del piano circalitorale che si sviluppa dagli 80 m fino all'alta regione batiale (250-300 m) della costa mediterranea della Spagna (Templado et al., 2009). Sui letti detritici tra i 90 e 250 m di profondità, solitamente domina il bivalve *Neopycnodonte cochlea*. I fondali rocciosi tra i 200 ed i 400 m, così come i rilievi presenti nella regione batiale, possono essere colonizzati dalla comunità di *Dendrophyllia cornigera*,

³ sabbia organogena derivata dall'accumulo di alghe rosse calcaree, vive o morte, libere dal substrato (Jacquotte, 1962; Cabioch, 1969; Barbera et al., 2003)

all'interno della quale, inoltre, si possono trovare diverse specie di spugne, idrozoi e briozoi (Templado et al., 2009). I fondali rocciosi del piano batiale possono inoltre essere colonizzati dalle comunità degli otto coralli batiali e dalle comunità batiali di spugne (Templado et al., 2009). Il fondale marino roccioso della Spagna mediterranea, a profondità superiori ai 300 m può infine essere colonizzato da comunità relitto di coralli bianchi (Templado et al., 2009), per lo più dei coralli coloniali *Lophelia pertusa* e *Madrepora oculata*. Ad ogni modo la presenza di tali comunità di corallo bianco sui fondali del Mediterraneo è scarsamente documentata (ZibroWius, 2003).

Il numero di individui nelle popolazioni di *P. nobilis* si è drasticamente ridotto e, ad oggi, la sua abbondanza è bassa nella maggior parte delle praterie di *P. oceanica* del Mediterraneo spagnolo. Le popolazioni di *P. nobilis* in miglior stato di conservazione si trovano lungo le coste di Almería, Alicante e delle Isole Baleari. Sui fondi rocciosi e sul coralligeno, anche il mollusco *Lithophaga lithophaga* è considerato come specie a rischio (Boudouresque et al., 1991), benché se ne trovi in abbondanza (Ballestreros, 2003). La raccolta di queste specie e, per *P. nobilis* i cambiamenti nella linea di costa, sono identificati come le principali minacce. Secondo Boudouresque et al., (1991), anche il riccio *Centrostephanus longispinus* (Figura 5.5) è una specie a rischio. L'abbondanza di *Scyllarides latus* (magnosa) ha subito un brusco declino in varie regioni del Mediterraneo a causa delle forti pressioni dovute alla pesca di questa pregiata risorsa. In Spagna è frequente alle Baleari, dove le acque sono più calde.

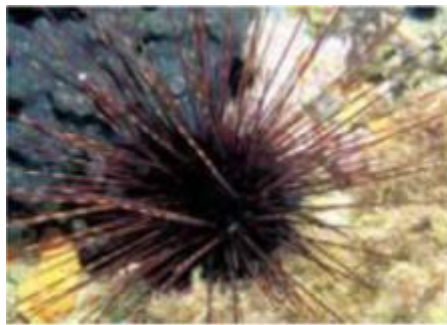


Figura 5.5: *Centrostephanus longispinus* (MATTM, 2002-2009)

Le colonie di sospensivori (spugne e gorgonie) presenti sopra i 40 m di profondità, hanno subito, nel Mediterraneo Nord-occidentale, eventi di mortalità di massa in seguito a ondate di caldo (Garrabou et al., 2009). Oltre allo stress legato alla temperatura, la scarsa abbondanza di cibo e le infezioni patogene in questi periodi hanno contribuito a tali eventi (Coma et al., 2009; Bally e Garrabou, 2007). Anche l'eccesso di sedimentazione è considerato una minaccia per i filtratori del coralligeno (Templado et al., 2009).

L'estensione e lo stato di conservazione delle comunità dei piani circalitorale e batiale sono poco conosciuti. La pesca a strascico rappresenta, tuttavia, la principale minaccia per queste comunità.

5.2.3.2 Flora Bentonica: Macroalghe e Angiosperme

La macroflora mediterranea è stimata in circa 1,000 specie, cinque delle quali sono fanerogame marine. È prevalentemente distribuita nelle acque poco profonde che costituiscono meno del 10% della superficie totale del bacino. Presso la linea di costa, al confine con il piano mediolitorale, si trovano facies di *Lithophyllum byssoides* (*L. lichenoides*) (Figura 5.6), nel piano infralitorale praterie di *Posidonia oceanica* e biocenosi con *Cystoseira*, e il coralligeno nel piano circalitorale (Zenetos et al., 2002; Boudouresque,

2004). Tra gli habitat costieri si possono inoltre citare le piattaforme a molluschi Vermetidi e la concrezione a *Neogoniolithon brassica-florida* (Boudouresque, 2004).



Figura 5.6: *Lithophyllum lichenoides* (MATTM, 2002-2009)

Le praterie di *Posidonia* sono considerate essere tra i più importanti ecosistemi del Mediterraneo; le praterie più estese nella sottoregione occidentale del bacino sono situate in Francia (nelle baie di Hyeres e Giens e al largo della costa orientale della Corsica), in Italia (soprattutto ad Ovest della Sardegna e in Sicilia) e in Tunisia, sebbene praterie meno estese si trovino sparse in tutta la regione. La *Posidonia* e le altre angiosperme formano habitat preziosi da un punto di vista dei servizi ecosistemici e pertanto aree localizzate sono state studiate a fondo nel corso degli anni e sono state mappate.

Le praterie di *Cymodocea nodosa* sono il secondo habitat di fanerogame più importante in Mediterraneo. Tale specie, nel sottobacino occidentale, si trova principalmente in Marocco ed Algeria.

Il rapporto del 2010 di Malba e Duarte ha fornito informazioni dettagliate riguardo il tratto spagnolo del Mediterraneo, indicando la presenza di 4 fanerogame marine colonizzanti i fondali sabbiosi di tale tratto di mare: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* e, occasionalmente, *Zostera marina*. In acque poco profonde, la *P. oceanica* può crescere anche su fondali rocciosi. A causa dell'elevata richiesta di luce (Duarte 1991; Gattuso et al., 2006), le fanerogame hanno una zonazione limitata al piano infralitorale in cui l'irradiazione raggiunge almeno l'11% dell'irraggiamento della superficie marina. *P. oceanica*, l'unica fanerogama endemica del Mediterraneo, si estende tra gli 0 ed i 45 m di profondità circa; la prateria più profonda è stata riscontrata nelle chiare acque del Parco Nazionale dell'Arcipelago di Cabrera (Spagna) (Marbà et al., 2002). *C. nodosa* si trova tra gli 0 ed i 35 m di profondità in aree o chiazze prive di *Posidonia*, ma in cui possono essere presenti specie di *Zostera* (Luque e Templado, 2004). La *Z. noltii* colonizza fondali poco profondi tra gli 0 ed i 5 m, mentre la *Z. marina* raggiunge i 18 m (Luque e Templado, 2004).

Posidonia oceanica è la fanerogama dominante e forma rigogliose praterie lungo le coste della Spagna mediterranea (Baleari incluse), fino a Cabo de Gata (Almeria), il limite della distribuzione geografica occidentale della specie nelle coste europee del Bacino. Tra Cabo de Gata e lo Stretto di Gibilterra, la *Posidonia* è presente solo in alcune località, formando chiazze isolate in acque poco profonde (Luque e Templado, 2004). La popolazione più occidentale in Spagna è stata riscontrata a Punta Chullera-Cala Sardina (Luque e Templado, 2004). Cabo de Gata rappresenta inoltre il limite geografico orientale della penetrazione di *Zostera marina* dall'Atlantico (Luque e Templado, 2004). *C. nodosa* e *Z. noltii* sono invece distribuite lungo tutta la Spagna mediterranea (Baleari incluse), da Cap de Creus fino allo Stretto di Gibilterra.

Altrettanto importanti per la biodiversità e per la produttività, sono le macroalghe. La maggior parte delle macroalghe autoctone bentoniche che crescono nel Mediterraneo colonizzano i substrati rocciosi. Tuttavia, la stolonifera *Caulerpa prolifera* (Figura 5.7), una rodofita calcarea, cresce su fondi molli. Le macroalghe possono vivere fino a profondità in cui l'irradianza è inferiore allo 0.02% dell'irraggiamento di superficie (Gattuso et al., 2006). Ciò ne permette la crescita nel bacino occidentale tra gli 0 ed 100 m di profondità (Barbera et al., 2003).



Figura 5.7: *Caulerpa Prolifera* (MATTM, 2002-2009)

Caulerpa prolifera vive tra gli 0 ed i 40 m di profondità, formando dense praterie, spesso su fondi fangosi con acque semi-stagnanti quali lagune costiere, baie semichiusure e porti.

Nel Mediterraneo occidentale i letti di maërl e i letti di *Peyssonnelia* si trovano nel piano circalitorale tra i 40 e gli 80-100 m di profondità (Barbera et al., 2003; Canals e Ballestreros, 1997). La diversità delle macroalghe nei letti di maërl è molto alta, come dimostrano le 168 specie riscontrate presso uno di questi nell'area di Alicante (Spagna, Barbera et al., 2003). Tuttavia le specie che rappresentano la maggior parte dell'abbondanza macroalgale sono *Lithothamnion corallioides*, *L. valens*, *Phymatolithon calcareum* e il genere *Peyssonnelia*. (Canals e Ballestreros, 1997).

Tra le macroalghe caratteristiche dei fondi rocciosi in Spagna (lato mediterraneo), si riscontrano anche specie strutturanti quali quelle appartenenti al genere *Cystoseira*, i grandi kelp e le alghe costruttrici del coralligeno (Templado et al., 2009). La maggior parte delle specie di *Cystoseira* crescono in Mediterraneo, dove formano dei "tappeti" molto prominenti nel piano infralitorale, benché le aree più dense si trovino nelle acque poco profonde del piano sublitorale, esposte ad un'elevato idrodinamismo.

Le comunità del coralligeno, costruzioni biogeniche di carbonato di calcio, formanti una biocenosi di organismi bentonici, sono il secondo più importante "hotspot" della biodiversità di specie in Mediterraneo dopo le praterie di fanerogame (Boudouresque, 2004). Tali comunità sono state documentate nel bacino occidentale e principalmente in Marocco, Algeria, Tunisia e nel Principato di Monaco. Gli habitat dei bordi di *Lithophyllum* sono comuni nel Nord e al centro del Bacino occidentale, mentre sono rari a Sud (Boudouresque, 2004).

Le concrezioni di coralligeno del Mediterraneo ospitano più di 300 specie di macroalghe, di cui tra il 33 ed il 48% sono endemiche (Ballestreros, 2003). Le alghe coralline sono i principali costruttori del coralligeno (Ballestreros, 2003) e contengono numerose rodofite come, tra gli altri, *Lithophyllum lichenoides*, *L. byssoides*, *L. frondosum*, *L. cabiochae*, *Mesophyllum alternans* (Figura 5.8), *Neogoniolithon brassica-florida* o *Neogoniolithon*

mamillosum (Templado et al., 2009). Formano delle comunità sciafile che crescono in condizioni di penombra tra lo 0.05% ed il 3% di irradianza in superficie (Ballestreros, 2003). Crescono quindi su pareti quasi verticali e in canali profondi tra i 20 ed i 60 m (Spagna mediterranea del Nord) e tra i 50 e i 100 m nelle acque chiare delle Baleari (Ballestreros, 2003).



Figura 5.8: *Mesophyllum Alternans* (MATTM, 2002-2009)

La netta riduzione delle specie macroalgali strutturanti nel Bacino Occidentale è stata riscontrata per alcune alghe brune dell'ordine Fucale. Cinque specie di *Cystoseira* e due specie di *Sargassum* che vivevano alla fine del 19° secolo lungo la costa di Albères (in Francia, NO del Mediterraneo), si sono estinte in quella regione (Thibaut et al., 2004). Anche la *Cystoseira mediterranea*, specie che verso la fine del 19° secolo formava una cintura continua lungo le rive della costa di Albères, oggi è limitata a pochi siti (Thibaut et al., 2005). Il pascolo da parte degli echinodermi, la competizione con i mitili, la distruzione degli habitat e l'inquinamento sono tutti fattori identificati come minacce per queste popolazioni di Fucales che vivono nelle acque costiere, mentre l'aumento della torbidità e, probabilmente, l'inquinamento e la pesca con le reti, sono le cause principali del declino di *Cystoseira* nelle acque profonde (Thibaut et al., 2005).

Anche i letti di maërl sono stati fortemente minacciati dalle attività umane. Recenti studi sull'intensità di pesca e sulle aree spazzate dagli attrezzi da pesca indicano come la maggior parte dei sistemi bentonici di sedimentazione sulla piattaforma continentale, in Europa, siano stati modificati dalle attività di pesca negli ultimi 100 anni (Barbera et al., 2003).

Tra le macroalghe che vivono nel coralligeno, Boudouresque et al., (1980), ne identificano 8 che possono essere considerate in pericolo: *Chondrymenia lobata*, *Halarachnion ligulatum*, *Halymenia trigona*, *Platoma cyclocolpa*, *Nemastoma dichotomum*, *Ptilophora mediterranea*, *Schizymenia dubyi* e *Laminaria rodriguezii*. A queste, Ballestreros (2003), aggiunge *Aeodes marginata*, *Sphaerococcus rhizophylloides*, *Schmitzia naepolitana*, *Ptilocladopsis horrida*, *Microcladia glandulosa*, *Rodriguezella bornetii*, *R. pinnata* e *Lomentaria subdichotoma*. L'inquinamento e l'aumentata sedimentazione sono le principali minacce. *L. rodriguezii* ad oggi è limitata al coralligeno da quando è praticamente sparita dai letti di maërl, il miglior habitat per il suo sviluppo, a causa delle attività di pesca a strascico (Ballestreros, 2003).

5.2.4 Descrizione delle Comunità Biologiche della Colonna d'Acqua – Specie, Variabilità Stagionale e Geografica

Come avviene per l'intero Mediterraneo, il bacino occidentale è caratterizzato da una ridotta biomassa di fitoplancton che è la causa dell'elevata trasparenza dell'acqua e della profonda penetrazione della luce nella colonna d'acqua. Le acque più ricche di tale sottobacino sono

localizzate sulla costa Nord. Al contrario, le acque più al largo sono generalmente oligotrofiche, ad eccezione dei casi di upwelling di acque ricche nutrienti dalle profondità.

A causa di questa oligotrofia, la biomassa fitoplanctonica indicata come clorofilla-a mostra solitamente valori bassi (meno di $0.2 \mu\text{g chl-a/l}$), su ampie aree, con un modesto incremento tardo invernale. Un'importante fioritura (fino a $3 \mu\text{g chl-a/l}$) durante tutto il tardo inverno ed inizio primavera, si osserva solo nell'area Nord-occidentale (Siokou-Frangou et al., 2009). Picchi relativamente alti di biomassa sono inoltre registrati presso i fronti ed i gyre ciclonici. Un massimo di clorofilla in profondità è un aspetto permanente nell'intero bacino (ad eccezione del mescolamento tardo invernale). Questo sprofonda progressivamente dal Mar di Alboran (30 m) verso Ovest. La produttività primaria rivela un trend simile di decrescita da Ovest verso Est ed un intervallo di valori compreso tra 59 e 150 g C/m^2 (misurazioni *in situ*). L'intero bacino è dominato da piccoli autotrofi, microeterotrofi e copepodi. Il fitoplancton e la popolazione microbica (autotrofi, eterotrofi e probabilmente diazotrofi), rivelano una notevole diversità e variabilità su scala temporale e spaziale.

Nella porzione spagnola del Mediterraneo occidentale, le comunità fitoplanctoniche delle aree costiere sono caratterizzate da una fioritura tardo invernale (Febbraio-Marzo), che innesca la riproduzione di numerose specie bentoniche, e da una fioritura tardo estiva/autunnale (Duarte 1996; Duarte et al., 1999). Tali fioriture sono dominate rispettivamente da diatomee (*Skeletonema*, *Chaetoceros*, etc.) e dinoflagellati (Figura 5.9). Tra le due fioriture è presente una fase oligotrofica caratterizzata da basse concentrazioni di clorofilla e nutrienti e le comunità fitoplanctoniche sono dominate da picoplancton, principalmente rappresentate da *Synechococcus*. Le concentrazioni di clorofilla a raggiungono valori massimi dell'ordine di $2-4 \mu\text{g chl-a/l}$, mentre i valori durante le fasi oligotrofiche sono tipicamente inferiori ai $0.5 \mu\text{g chl-a/l}$ (Duarte 1996; Duarte et al., 1999). Tali valori possono essere superati nelle aree eutrofiche quali porti e lagune e baie costiere eutrofizzate, con valori che superano i $10 \mu\text{g chl-a/l}$ nelle aree maggiormente eutrofizzate. Dinoflagellati tossici del genere *Alexandrium* e *Gymnodinium*, sono stati riscontrati in acque costiere eutrofizzate e lagune costiere lungo la costa mediterranea della Spagna.



Figura 5.9: Colonia di *Chaetoceros Curvisetus* (MATTM, 2002-2009)

Dati sulla produzione primaria pelagica nella Spagna mediterranea sono scarsi, con stime provenienti da una serie di 7 anni della Baia di Blanes (NE della Spagna), le quali indicano una produzione primaria lorda media di $2.56 \mu\text{mol C/l/g}$ (Duarte et al., 2004). Nella Baia di Palma (Mallorca, Isole Baleari) la produzione primaria lorda annua è stata stimata in circa $3.19 \mu\text{mol C/l/g}$ (Navarro et al., 2004). Il valore medio della produzione primaria lorda del Mediterraneo è stata stimata in circa $4.5 \mu\text{mol C/l/g}$ (Regaudie de Gioux et al., 2009).

Le comunità di zooplancton sono tipicamente dominate dai copepodi dei generi *Acartia*, *Ohitona*, *Penilia* e *Paracalanus*, con contributo importante dei doliolidi, organismi gelatinosi, in estate, in quanto tali organismi sono in grado di nutrirsi degli organismi microscopici che dominano la colonna d'acqua in tale periodo. Tali organismi esercitano una importante pressione di pascolamento sul fitoplancton. Il microzooplancton, dominato dai ciliati dei generi *Tontonia*, *Mesodinium*, *Halteria*, *Sormbidium* e *Strobilidium*, rappresenta ad ogni modo una componente importante della biomassa planctonica ed è responsabile, per una consistente frazione, delle perdite del plancton microscopico, sia autotrofo, sia eterotrofo. Il microzooplancton, a sua volta, viene predato dai copepodi (da Malba e Duarte, 2010).

Il Santuario Pelagos per la Protezione dei Mammiferi Marini in Mediterraneo, localizzato nel Mar Ligure, è un'altra regione molto studiata del Bacino Occidentale. Paragonata al resto del Mediterraneo, tale area marina è caratterizzata da elevatissimi livelli di produzione primaria offshore, causata dalle interazioni tra fattori oceanografici, climatici e fisiografici (Notarbartolo di Sciara et al., 2007). Elevati livelli di produzione primaria, con concentrazioni di clorofilla-a oltre i 10 g/m^3 (Jacques, 1989), supportano una cospicua biomassa di fauna zooplanctonica altamente diversificata, incluso il macrozooplancton gelatinoso e le sciamature del crostaceo eufasiaceo *Meganyctiphanes norvegica* (krill - Figura 5.10) (Sardou et al., 1996). Le concentrazioni di zooplancton, a loro volta, attirano nell'area vari predatori da livelli trofici superiori, inclusi cetacei che si nutrono di krill, di pesce e di molluschi cefalopodi (Forcada et al., 1995; 1996; Gordon et al., 2000).



Figura 5.10: *Meganyctiphanes norvegica* (MATTM, 2002-2009)

5.2.5 Risorse Demersali ed Alieutiche

5.2.5.1 Bacino Occidentale del Mediterraneo

5.2.5.1.1 Popolazione Ittica, Abbondanza e Distribuzione Spaziale

La comunità ittica del Mediterraneo è dominata da piccoli pelagici, tra i quali prevalgono sardine e acciughe in termini di biomassa e di catture (Coll et al., 2006). I detritivori sono ugualmente elementi di grande importanza, in particolar modo nella regione demersale. Gli sbarchi di pelagici sono calati dal 1994 con una decrescita della biomassa pelagica (Coll et al., 2006). Dalle analisi effettuate presso il fiume Ebro, si è notato come il forte impatto degli apporti fluviali e del mescolamento dovuto al vento abbiano influito sulla produttività dei piccoli pelagici (prevalentemente acciughe e sardine) (Lloret et al., 2004). Inoltre è stato riscontrato un forte declino del livello trofico medio del pescato mediterraneo (Pinnegar et al., 2003). Ad ogni modo tale declino sembra possa essere interamente attribuito all'aumento degli sbarchi di molluschi bivalvi dagli impianti di acquacoltura, e non dai

cambiamenti negli sbarchi da catture dovute alla pesca, i quali non hanno avuto grossi cambiamenti dal 1973 (Pinnegar et al., 2003).

Dal 1981 gli allevamenti di specie di alto livello trofico quali la spigola (*Dicentrarchus labrax*) e l'orata (*Sparus aurata*), sono divenuti sempre più importanti.

Nel Bacino Occidentale (1950-2003), è stata riscontrata una relazione positiva significativa tra gli sbarchi di sardinella e le anomalie legate alla temperatura (Sabatés et al., 2006). L'abbondanza di sardinella nelle due aree più calde e più a Sud era positivamente e significativamente correlata con la temperatura superficiale dell'acqua registrata durante l'avvio della maturazione delle gonadi l'anno precedente (Sabatés et al., 2006). Si è verificato un marcato incremento nell'abbondanza di larve durante l'ultima decade, larve che sono apparse anche nelle aree di studio più settentrionali, dove non se ne trovavano da circa 20 anni. Ciò indica il successo riproduttivo della sardinella nella parte più a Nord del Mediterraneo, dove la specie si è estesa, confermando di stabilirsi nell'area di riscaldamento dell'acqua marina (Sabatés et al., 2006).

Il gambero rosso (*Aristeus antennatus*) è una delle più importanti risorse della pesca a strascico del tratto spagnolo del Mediterraneo. Viene catturato sulla scarpata, tra i 400 e gli 800 m di profondità e, nonostante catture relativamente piccole, contribuisce in maniera importante (oltre il 30%) al guadagno totale della pesca. Le catture sono aumentate molto tra il 1948 ed il 1997, ma hanno subito un declino negli ultimi 5 anni, con un declino anche nella taglia media (Carbonelle et al., 1999), mostrando le evidenze di un sovrasfruttamento della specie.

Il sovrasfruttamento non è solo una conseguenza della pressione della pesca commerciale, ma anche della pressione crescente della pesca ricreativa (scarsamente regolamentata). Uno studio sull'Isola di Maiorca ha mostrato come il 5.14% della popolazione è coinvolta nella pesca ricreativa, con un notevole impatto sulla fauna costiera (Morales-Nin et al., 2005). Le catture annue di questo tipo di pesca rappresentano il 31% della produzione al livello trofico 4, fatto preoccupante riguardo lo sfruttamento sostenibile della pesca ricreativa (Morales-Nin et al., 2005).

5.2.5.1.2 Aree di Nursery e di Deposizione

Le aree di nursery sono zone in cui si concentrano le forme giovanili (reclute) delle specie ittiche. L'importanza di queste zone per la conservazione e la tutela delle risorse alieutiche, risiede nel fatto che tali aree costituiscono dei serbatoi di risorse giovani e di riproduttori dalle quali, successivamente, le nuove generazioni si irradiano nelle aree limitrofe. Tale fenomeno viene definito "*Spill-Out*" ed è alla base della preservazione e del mantenimento degli stock ittici mondiali.

La conoscenza di tali aree riveste dunque uno strumento basilare per perseguire le finalità di:

- tutela degli stock delle principali risorse alieutiche demersali di importanza commerciale, attraverso una corretta gestione delle diverse attività di pesca in funzione del principio di pesca sostenibile e responsabile;
- monitoraggio delle attività di pesca finalizzati all'acquisizione degli elementi gestionali utili per la valorizzazione, tutela e ottimizzazione delle attività di prelievo.

Le nursery di nasello sono principalmente localizzate nelle vaste distese della piattaforma continentale o lungo le coste, sparse, nel Sud della Sicilia, in Adriatico centrale (rift di Jabuka) e nel Mar di Tracia, mentre le aree di deposizione sembrano essere nei canyon e nei rift tra due scarpate continentali, il più evidente dei quali si trova nel Golfo del Leone.

Le principali aree di deposizione del tonno rosso sono localizzate a Sud delle Baleari, nel Mar di Alborán e nello Stretto di Sicilia, mentre quelle del pesce spada si riscontrano in tutto il Mediterraneo e quelle del tonno alalunga coincidono parzialmente con le aree di deposizione del tonno rosso in Mediterraneo.

5.2.5.2 Area di Interesse (GSA 11)

5.2.5.2.1 Indici di Biomassa e Densità delle Principali Specie Bersaglio della Pesca

In Sardegna (GSA 11, Figura 5.11), i teleostei (pesci ossei) costituiscono la categoria più rappresentata in peso nelle catture a strascico; seguono i selaci (squali), i cefalopodi ed infine i crostacei, rappresentati per lo più da specie di piccole dimensioni che poco contribuiscono al peso totale per la categoria (Figura 5.12).

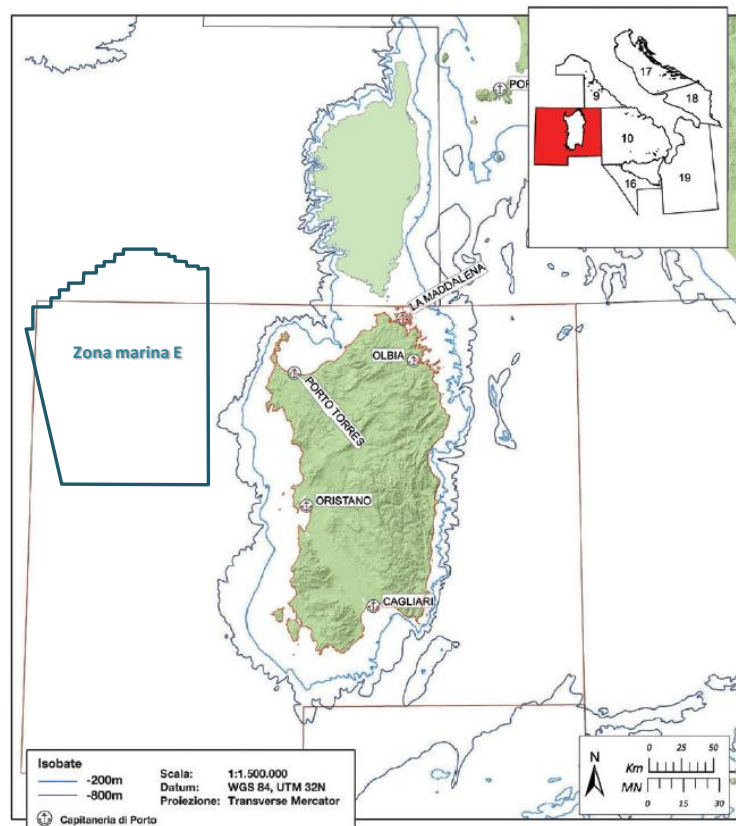


Figura 5.11: Delimitazione Geografica della GSA 11 (Mipaaf, 2011) e Zona Marina E

Gli indici di biomassa dei teleostei hanno mostrato un decremento dal 1994 fino al 2002, seguito da una graduale ripresa nei valori degli indici ponderali fino al raggiungimento del valore massimo registrato nel 2010 (893.7 kg/km^2). I cefalopodi hanno registrato un incremento ponderale nelle catture nel periodo compreso tra il 1996 ed il 2001, a cui ha fatto seguito una diminuzione nei valori fino al minimo del 2007 (21.7 kg/km^2). Gli indici di biomassa dei Selaci si sono mantenuti, tra il 1994 e il 2008, intorno a un valore medio pari a $86.0 \pm 29.8 \text{ kg/km}^2$. Negli ultimi due anni si è registrato un incremento significativo nelle catture (2009: 126.3 kg/km^2 ; 2010: 227.5 kg/km^2). Tale incremento è stato registrato anche per la categoria dei crostacei (2009: 18.3 kg/km^2 ; 2010: 34.5 kg/km^2 , contro un valore medio del periodo 1994-2008 pari a $11.3 \pm 4.2 \text{ kg/km}^2$).

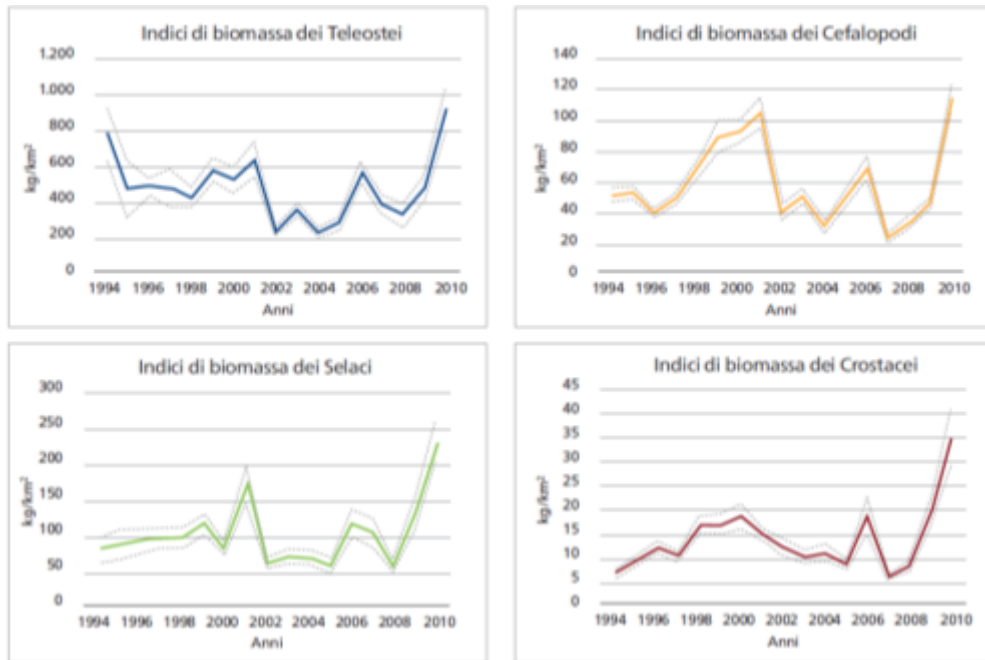


Figura 5.12: GSA11 – Indici di Biomassa (kg/km²) e relativi Limiti di Confidenza delle Principali Categorie Faunistiche (Dati: MEDITS 1994-2010) (Mipaaf, 2011)

Tra le specie in esame, il nasello è di gran lunga quello maggiormente rappresentato nelle catture sia dal punto di vista ponderale che numerico: gli indici di abbondanza medi sono risultati pari a 1,998 individui/km² e 61.9 kg/km² (Figura 5.13). In Sardegna gli indici di biomassa di questa specie mostrano un incremento statisticamente significativo (test di Spearman), mentre gli indici di densità non hanno mostrato nessun andamento significativo.

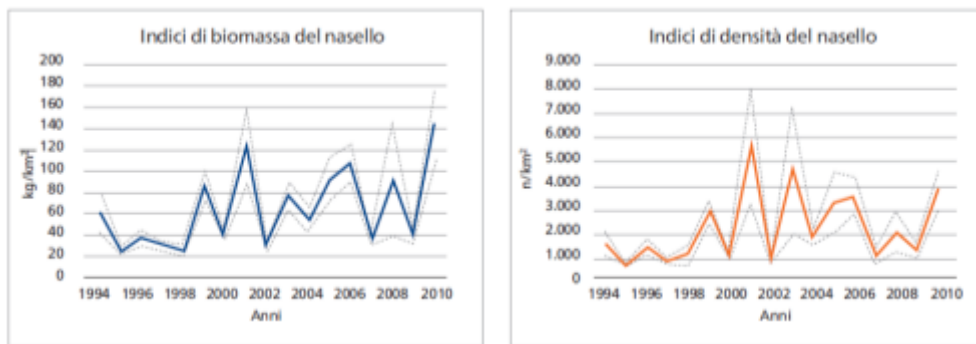


Figura 5.13: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità del Nasello (Mipaaf, 2011)

La triglia di fango, che, tra le specie bersaglio, segue il nasello in ordine di importanza numerica e ponderale, mostra l'assenza di un andamento temporale, sia per gli indici di biomassa, sia per quelli di densità. L'ultimo anno di indagine ha tuttavia fatto registrare un incremento per entrambi i valori (Figura 5.14).

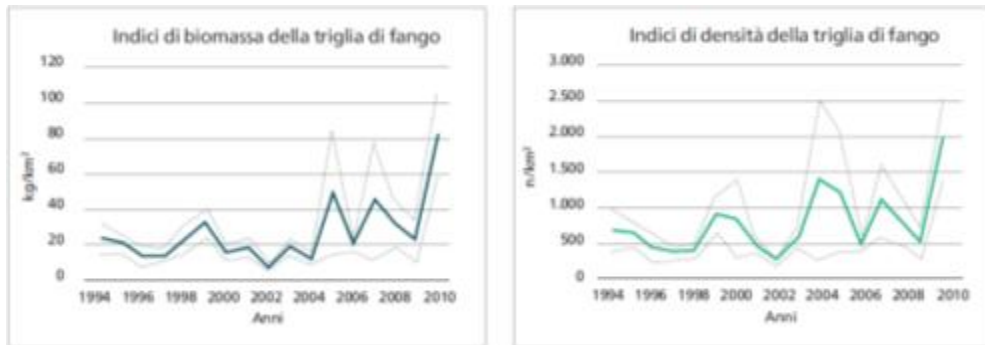


Figura 5.14: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità della Triglia di Fango (Mipaaf, 2011)

Gli indici di abbondanza dello scampo non hanno evidenziato alcun trend statisticamente significativo (Figura 5.15). È presente tuttavia un lieve e graduale incremento dei valori a partire dal 2001; a questo trend fa eccezione il 2009 in cui è stata registrata una brusca diminuzione in entrambi gli indici.

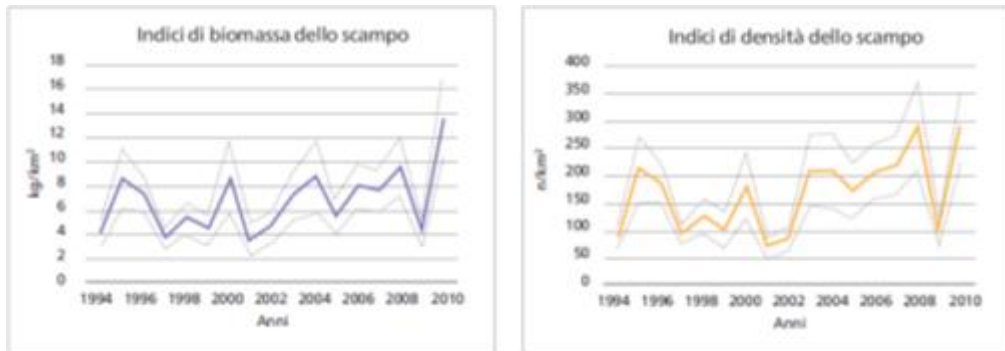


Figura 5.15: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità dello Scampo (Mipaaf, 2011)

Il gambero rosso presenta un andamento variabile con i valori massimi nel periodo centrale della serie storica (2000-2002). Una leggera ripresa dei valori viene registrata nell'ultimo anno (2010) (Figura 5.16).

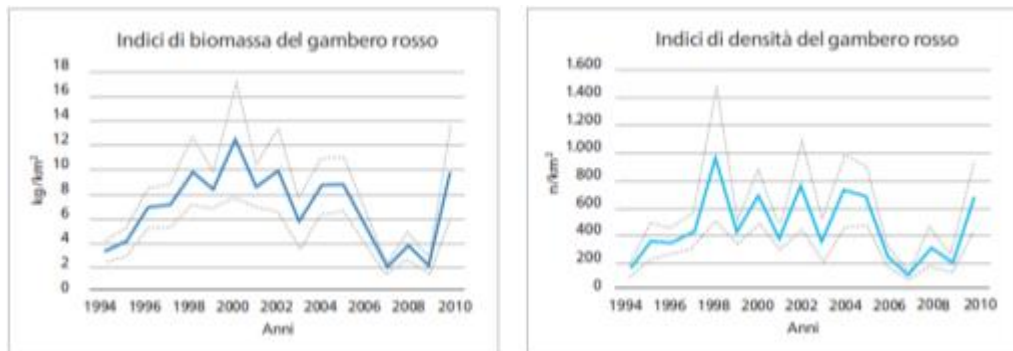


Figura 5.16: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità del Gambero Rosso (Mipaaf, 2011)

Anche il moscardino presenta una certa variabilità nei valori degli indici di biomassa e densità; non è emerso alcun trend statisticamente significativo (Figura 5.17).

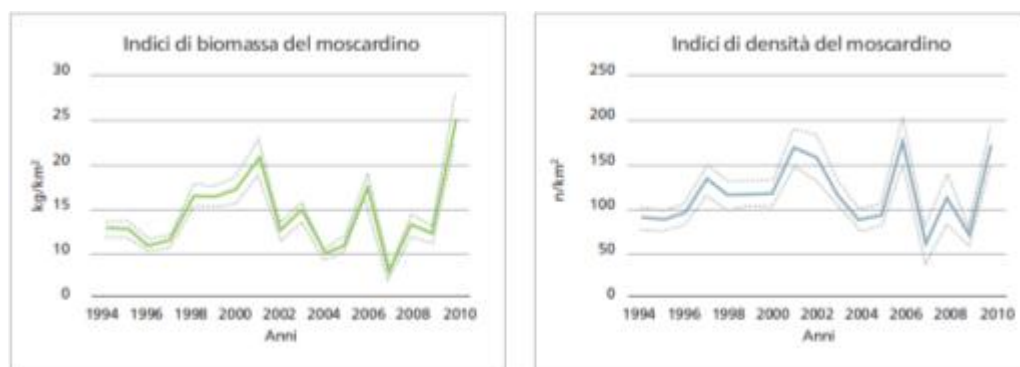


Figura 5.17: GSA11 – Indici di Biomassa e di Densità del Moscardino (Mipaaf, 2011)

Di seguito, in Tabella 5.3, si riportano i periodi di riproduzione delle varie specie di interesse della GSA 11, stimati dalla combinazione dei dati ottenuti dalle campagne sperimentali GRUND⁴ e MEDITS⁵ e quelli delle catture commerciali di tutti i segmenti di flotta combinati.

Tabella 5.3: Periodi di Picco Riproduttivo per le Specie nella GSA 11

Specie	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<i>M. merluccius</i> (nasello)	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X
<i>M. barbatus</i> (triglia di fango)					X	X	X					
<i>N. norvegicus</i> (scampo)					X	X	X					
<i>E. cirrhosa</i> (moscardino)				X	X	X	X	X				

⁴ GRUND: Il Programma Gruppo Nazionale Demersali GRUND (Programma Nazionale di Valutazione delle Risorse ai sensi della L.N. 41/1982 dell'ex Ministero della Marina Mercantile e successivamente Ministero per le Politiche Agricole e Forestali) è un programma finanziato dal Ministero per le Politiche Agricole e Forestali che dal 1985 è coordinato tra diversi istituti di ricerca italiani (CNR, Università, ARPA, ecc.). Si tratta di un progetto di ricerca volto alla raccolta di informazioni sulle catture, sullo sforzo di pesca e più in generale sulla biologia delle risorse ittiche mediterranee pescate con la pesca a strascico (risorse cosiddette "demersali"). Il progetto GRUND definisce le tecniche standard di campionamento mediante campagne di pesca sperimentale a strascico e le tecniche di analisi statistica dei dati adottate da ogni gruppo di studio (Unità Operativa) presente sul territorio nazionale.

⁵ MEDITS: Il Mediterranean International Trawl Survey (MEDITS), è un programma finanziato al 50% dalla UE ed al 50% da istituzioni nazionali. Alla ricerca aderiscono (dal 1994) Spagna, Francia, Italia, Grecia e (dal 1996) Albania, Croazia e Slovenia. Le campagne di pesca sperimentale previste dal Progetto MEDITS mirano a produrre le informazioni di base sulle specie bentoniche e demersali in termini di distribuzione della popolazione e di struttura demografica con riferimento all'intera area mediterranea (le ricerche vengono condotte sulle porzioni superiori delle scarpate continentali e lungo le piattaforme continentali dai 10 agli 800 m di profondità). Il progetto definisce le metodologie standard di campionamento e di analisi dei dati in modo tale da rendere omogenee le informazioni e rendendo possibile un'analisi globale dello stato delle risorse ittiche.

Specie	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
<i>A. foliacea</i> (gambero rosso)						X	X	X				

Nel caso del nasello (*Merluccius merluccius*), il reperimento di esemplari con gonade matura è risultato esiguo. Dai pochi dati a disposizione è emerso che la specie, pur esibendo un periodo riproduttivo esteso a tutto l'anno, presenta un picco di attività sessuale nel periodo Gennaio-Marzo. Il periodo riproduttivo della triglia di fango (*Mullus barbatus*) e dello scampo (*Nephrops norvegicus*) si concentra nel periodo tardo-primaverile estivo; quello del moscardino (*Eledone cirrhosa*) è incentrato in primavera-estate. Gli esemplari maturi di gambero rosso (*Aristaeomorpha foliacea*) si riproducono prevalentemente nei mesi estivi con un picco nel mese di Luglio.

Per quanto riguarda il livello di sfruttamento e lo stato delle risorse demersali nella GSA 11, sono state effettuate delle valutazioni mediante modelli di stock assessment, di cui nel seguito si riportano i risultati:

- il nasello ha mostrato una mortalità da pesca ed un tasso di sfruttamento nel periodo di indagine (1994-2009) che indicano una situazione di *overfishing*, che si mantiene, comunque, stabile negli anni. Tale situazione potrebbe essere imputabile al fatto che in generale, in Sardegna, le catture provengono quasi esclusivamente dalla pesca a strascico, che insiste maggiormente sulla porzione “giovane” della popolazione, senza intaccare lo stock dei grossi riproduttori che garantiscono un costante reclutamento negli anni;
- i dati sulla triglia di fango indicano un progressivo miglioramento dello sfruttamento di tale risorsa. Tale condizione sembra sottolineare gli effetti benefici dovuti alla modificazione della flottiglia e quindi al cambiamento delle abitudini di pesca della flotta sarda. Alcune piccole imbarcazioni a strascico sono stati infatti attrezzate per la pesca con attrezzi fissi con una conseguente maggiore salvaguardia e controllo delle zone costiere. Di contro, l'ammmodernamento dei pescherecci di medio e grosso tonnellaggio in barche più sicure per la pesca d'altura ha aumentato la pressione di pesca in aree più distanti di solito meno sfruttate;
- lo stock di gambero rosso della GSA 11 risulta sovrasfruttato e tale condizione sembra accentuata negli ultimi anni. La causa potrebbe essere dovuta al notevole incremento nello sforzo di pesca osservato in Sardegna dal 1991 (Sabatini et al., 2002).

5.2.5.2.2 Aree di Nursery

Per quanto riguarda la GSA 11, la distribuzione geografica delle aree di nursery del nasello è stata oggetto di studio tramite metodi geostatistici (*indicator kriging* e *bayesian kriging*), sui dati raccolti durante campagne di pesca sperimentali. Analisi recenti (progetto *Nursery*, Società Italiana di Biologia Marina - SIBM, Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali - MiPAAF), hanno confermato la presenza di importanti zone di concentrazione delle reclute nella regione occidentale della GSA. In particolare le reclute di nasello sono presenti in tutta l'area, principalmente tra 100 e 300 m di profondità, con maggiore persistenza al largo di Buggerru (Sardegna Sud-occidentale) (Figura 5.18); alte concentrazioni di giovanili sono state rinvenute anche nella costa Nord-occidentale (tra Alghero e Bosa, circa 50 km ad Est dell'Area marina E) ed un'area caratterizzata da persistenza di nursery è stata evidenziata tra Bosa ed Oristano (circa 46 km a Sud-Est della Zona marina E). In media le reclute di nasello dei survey autunnali erano individui più piccoli di 12.6 cm (± 0.1).

Le reclute di triglia di fango sono risultate sempre abbondanti lungo la fascia costiera della costa occidentale dell'isola, con maggiori concentrazioni a Sud dell'isola di S. Antioco e nel Golfo di Cagliari.

I giovanili del moscardino sono risultati particolarmente abbondanti lungo le coste occidentali e meridionali dell'isola; un'area di nursery è stata individuata al largo di Buggerru, in prossimità dell'area di reclutamento identificata per il nasello.

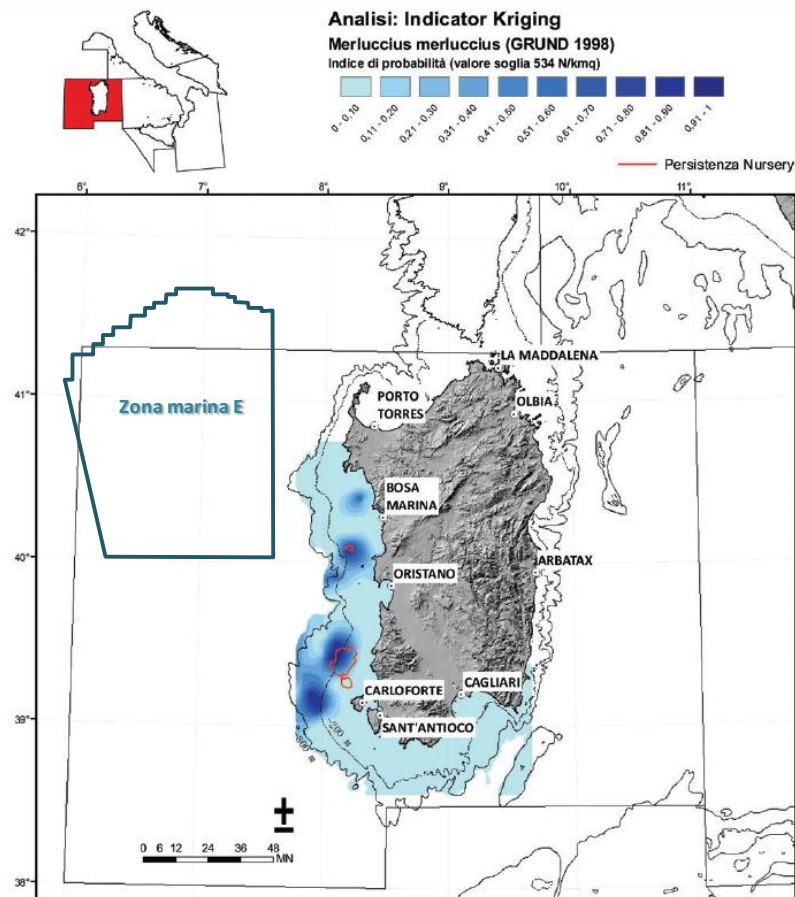


Figura 5.18: Aree Nursery del Nasello nella GSA 11

5.2.6 Mammiferi Marini

5.2.6.1 Inquadramento Generale

I Mammiferi marini presenti nel Mar Mediterraneo appartengono sostanzialmente a due gruppi: l'ordine dei Carnivori, sottordine dei Pinnipedi, e quello dei Cetacei.

Unico rappresentante del primo gruppo è la Foca monaca (*Monachus monachus*), specie endemica di questo mare.

Un tempo regolarmente presente nelle acque del Mediterraneo, la specie, minacciata di estinzione, ha subito un brusco declino nella popolazione, oggi limitata a poche centinaia di esemplari, isolati in aree localizzate del suddetto bacino.

In particolare, dalla Francia (Provenza) è sparita completamente già negli anni '30, mentre in Corsica è rimasta fino a metà degli anni '70 (ultimo avvistamento nel 1976)

(<http://www.uicn.fr/>). Per quanto riguarda le coste spagnole del Mediterraneo, gli ultimi avvistamenti risalgono agli anni '60.

Fino alla metà del secolo scorso la specie era regolarmente presente lungo le coste continentali italiane, della Sicilia, della Sardegna e delle isole minori (<http://www.iucn.it/>). Successivamente si è assistito ad una graduale riduzione nella distribuzione geografica della specie, ridotta ad alcuni tratti meno antropizzati delle coste rocciose della Sardegna, della Sicilia, e di alcune isole minori. Le ultime notizie di attività riproduttive risalgono all'inizio degli anni 80 lungo le coste centrorientali ed occidentali della Sardegna, un fattore che, assieme alla complessiva riduzione degli avvistamenti, ha portato a considerare la scomparsa della specie intesa come una popolazione stabilmente residente (Ardizzone et al. 1992). In quest'ottica, gli avvistamenti di esemplari singoli registrati dagli anni 90 in poi è stata spesso attribuita ad esemplari solitari ed erranti di origine incerta (Aguilar 1999). Dal 1998 ad oggi, gli avvistamenti, filtrati secondo una specifica procedura di validazione, sono stati registrati lungo le coste della Puglia fino alla Calabria Ionica, della Sicilia, della Sardegna, delle Isole Pontine, dell'Arcipelago Toscano (Giglio) e della costa Ligure. Le ripetute segnalazioni su più anni nelle isole minori della Sicilia occidentale (Isole Egadi e Pantelleria) e nella Sardegna settentrionale suggeriscono che la frequentazione di queste località non sia del tutto casuale ma che possa rappresentare una frequentazione più o meno regolare di ampi areali comprendenti le suddette località (Mo et al. 2007, Mo 2011).

I cetacei possono essere suddivisi in due sottordini:

- Mysticeti;
- Odontoceti.

Delle 78 specie conosciute, 19 sono state osservate nel Mediterraneo, ma solo 8 possono essere considerate regolari. Fra queste, una specie appartiene alla famiglia dei Balenotteridi, la Balenottera comune, una a quella dei Fiseteridi, il Capodoglio, una specie a quella degli Zifidi e le rimanenti alla famiglia dei Delfinidi. Tali specie sono protette dall'Accordo per la Conservazione dei Cetacei del Mar Nero, del Mediterraneo e dell'Area Atlantica Contigua (ACCOBAMS) firmato a Monaco nel 1996 e ratificato dall'Italia con Legge No. 27 del 10 Febbraio 2005.

La densità e la ricchezza di specie sembra essere maggiore nella porzione occidentale del bacino, rispetto a quella orientale. Una possibile spiegazione è dovuta sia alla presenza di specie che compiono migrazioni tra il Mediterraneo e l'Oceano Atlantico attraverso lo stretto di Gibilterra, sia per la maggiore oligotrofia delle acque orientali.

Dal punto di vista delle preferenze di habitat, le 8 specie considerate regolari in Mediterraneo possono essere suddivise in tre gruppi principali (Notarbartolo di Sciarra, 2004):

- pelagiche, che prediligono acque con profondità medie superiori ai 2,000 m (Balenottera comune, Zifio, Globicefalo, Stenella striata);
- di scarpata profonda, a profondità medie tra i 1,000 e i 1,500 m (Capodoglio, Grampo);
- neritiche o costiere (Delfino comune e Tursiope).

5.2.6.2 Area di Interesse

Il Bacino Occidentale sostiene il più ricco insieme di mammiferi marini, tartarughe marine e uccelli marini dell'intero Mediterraneo. In parte ciò è dovuto alla vicinanza con l'Atlantico, con conseguenti incursioni di specie fin nel Bacino occidentale, ma è anche dovuto alle caratteristiche della regione stessa, la quale presenta fronti stagionali e sistemi di upwelling che forniscono i nutrienti necessari a sostenere un'estesa catena trofica. Il Santuario dei

Cetacei Pelagos racchiude habitat adatti sia alla riproduzione, sia alla nutrizione dell'intero insieme di cetacei regolari del Mediterraneo (Notarbartolo di Sciara, 1994; Beaubrun, 1995). Le due specie più abbondanti in tale area sono le balenottere e le stenelle, le quali rappresentano oltre l'80% di tutti gli avvistamenti di cetacei avvenuti durante le crociere estive condotte nell'area tra il 1986 e il 1989 (Notarbartolo di Sciara, 1994). Una stima effettuata a metà degli anni '90 contava circa 3,500 balenottere nel Bacino Occidentale, la maggior parte delle quali concentrate nel Bacino Corsico-Liguro-Provenzale in estate, per nutrirsi di krill (Forcada et al., 1996), benché le balene si possano osservare nell'area anche durante tutto l'anno (Notarbartolo di Sciara et al., 2003). Le stenelle rappresentano la specie di cetaceo più abbondante delle acque del Mediterraneo (Aguilar, 2000); all'interno del Santuario se ne stimano tra i 20,000 ed i 30,000 esemplari (Forcada et al., 1995), e costituiscono il 60% degli avvistamenti dei cetacei tra il 1986 e il 1989 (Notarbartolo di Sciara, 1994).

La balenottera *Balaenoptera physalus* è molto presente in Mediterraneo, concentrandosi nelle aree di upwelling quali il Golfo del Leone ed il Mar Ligure. Non esistono stime precise sulla taglia della popolazione di questa specie, ma si crede possano essere presenti tra i 1,000 ed i 3,000 individui. La principale minaccia in Mediterraneo è la collisione con le navi in aree di intenso traffico. La megattera (*Megaptera novaengliae*) è rara ed i pochi esemplari che si osservano provengono probabilmente dalle popolazioni Atlantiche.

Il capodoglio (*Physeter macrocephalus*) è abbastanza frequente nel tratto spagnolo di Mediterraneo, ed in modo particolare nelle acque più produttive, benché possa colonizzare qualsiasi massa d'acqua in cui sia disponibile del cibo. Lo sfruttamento commerciale ha avuto un forte impatto sullo stock globale di questa specie. Numerosi individui sono stati catturati per errore dalle reti da pesca, ma non si conosce quanto questo abbia influito sulla mortalità della specie a livello di popolazione.

La stenella (*Stenella coeruleoalba*) è il mammifero marino più abbondante nelle acque spagnole. È una specie pelagica che vive in acque con temperatura che varia tra i 18 e i 25°C, benché in Mediterraneo si trovi in abbondanza sulla piattaforma continentale a profondità maggiori di 100-200 m o a circa 10 mn dalla linea di costa. Si pensa che la popolazione di questa specie si sia espansa nel Bacino Occidentale durante l'ultimo decennio, ma non è stato possibile quantificare questo trend.

Il tursiope (*Tursiops truncatus*) frequenta la piattaforma continentale intorno alla Corsica, al Nord della Sardegna, dell'Arcipelago Toscano e della Francia (Nuti et al., 2004; Ripoll et al., 2004). La popolazione delle acque del mediterraneo spagnolo, ha subito un forte declino nell'ultimo decennio probabilmente a causa della pesca accidentale, dell'inquinamento e del degrado degli ecosistemi costieri. La popolazione delle Isole Baleari, con 400-800 individui, è tra le più abbondanti.

Per quanto riguarda l'unico altro mammifero marino del Mediterraneo, la foca monaca (*Monachus monachus*), questa è stata totalmente estirpata dal Santuario dei Cetacei a metà del 20° secolo (Notarbartolo di Sciara e Demma, 1997), ma teoricamente potrebbe ricolonizzare le coste se si riducessero le minacce ed i disturbi causati dalle attività antropiche a queste timida specie, come suggerito anche da Mo et al. (2007 e 2011), secondo cui le ripetute segnalazioni su più anni nella Sardegna settentrionale stiano ad indicare che la frequentazione non sia del tutto casuale.

Al fine di fornire un inquadramento di maggior dettaglio relativo all'area di interesse, nel seguito vengono analizzati i dati sugli spiaggiamenti registrati lungo la costa occidentale della Sardegna, tratti dalla Banca Dati Spiaggiamenti del Centro di Coordinamento per la

raccolta dei dati sugli spiaggiamenti di mammiferi marini (CIBRA - Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali, Università degli Studi di Pavia, 2014).

Lungo tale tratto di costa tra il 1987 e il 2013 sono avvenuti 170 spiaggiamenti, di cui 26 in Provincia di Sassari e 67 in Provincia di Oristano (le due più prossime alla Zona marina E).

Le specie maggiormente soggette a spiaggiamento sulla costa sarda occidentale delle Province di Sassari ed Oristano sono rappresentate dalla Stenella (*Stenella coeruleoalba*) e dal Tursiope (*Tursiops truncatus*), per i quali risultano rispettivamente 33 e 16 spiaggiamenti.

Si segnalano inoltre:

- 8 spiaggiamenti di delfino comune (*Delphinus delphis*);
- 7 spiaggiamenti di grampo (*Grampus griseus*);
- 6 spiaggiamenti di capodoglio (*Physeter macrocephalus*);
- 5 spiaggiamenti di balenottera comune (*Balaenoptera physalus*);
- 3 spiaggiamenti di globicefalo (*Globicephala melas*).

Sono segnalati infine 15 spiaggiamenti di specie non determinate.

5.2.6.2.1 *Stenella striata*

La *Stenella striata* (*Stenella Coeruleoalba*) è un cetaceo odontoceto appartenente alla famiglia dei delfinidi. Prevalentemente teutofago, vive tipicamente negli ambienti pelagici delle acque temperate e tropicali di tutti gli oceani del mondo e può raggiungere la lunghezza di circa 2.5 m ed il peso di circa 160 kg.

La presenza di tale specie nel Mar di Sardegna e comunque nell'area di interesse è confermata dai dati sugli spiaggiamenti sopra riportati (il numero di spiaggiamenti sulla costa occidentale sarda ammonta a circa 33 individui tra le Province di Sassari e Oristano).

Si riporta di seguito la scheda della specie (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010).

Tabella 5.4: Stenella Striata

Specie:	<i>Stenella coreuleoalba</i>
Descrizione, ecologia, habitat	La <i>stenella striata</i> è un delfino di piccola mole che non supera i 2 metri di lunghezza ed i 100 kg di peso. Predilige le acque produttive profonde al di là della piattaforma continentale (Notarbartolo di Sciara et al., 1993; Forcada et al., 1994; Frantzis et al., 2003).
Distribuzione	Rappresenta sicuramente la specie più diffusa in Mediterraneo, sia nel bacino occidentale, sia in quello orientale. Particolarmente abbondante nelle acque del mar Ligure dove è presente in gruppi di dimensioni anche piuttosto grandi.
Riproduzione	Si riproduce sia in estate che in inverno e la gestazione dura circa 18 mesi.
Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)	4kHz-65kHz

In Mediterraneo sono state osservate anche delle migrazioni nictemerali con avvicinamento dei delfini alla costa nelle ore serali per cacciare e allontanamento in mare aperto nella mattinata (Gannier, 1999).



Stenella

Figura 5.19: Distribuzione della Stenella (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010)

5.2.6.2.2 *Tursiope*

Il Tursiope (*Tursiops truncatus*) è un cetaceo odontoceto di lunghezza media pari a circa 3 m, prevalentemente ittiofago, che dimostra tuttavia un'elevata capacità di adattamento ai diversi habitat. Tipicamente vive in ambienti costieri, soprattutto in acque basse, limacciose, calme di lagune, canali, estuari, ma anche lungo le coste rocciose. Le popolazioni di Tursiope più studiate si sono rivelate generalmente residenti fisse di particolari località.

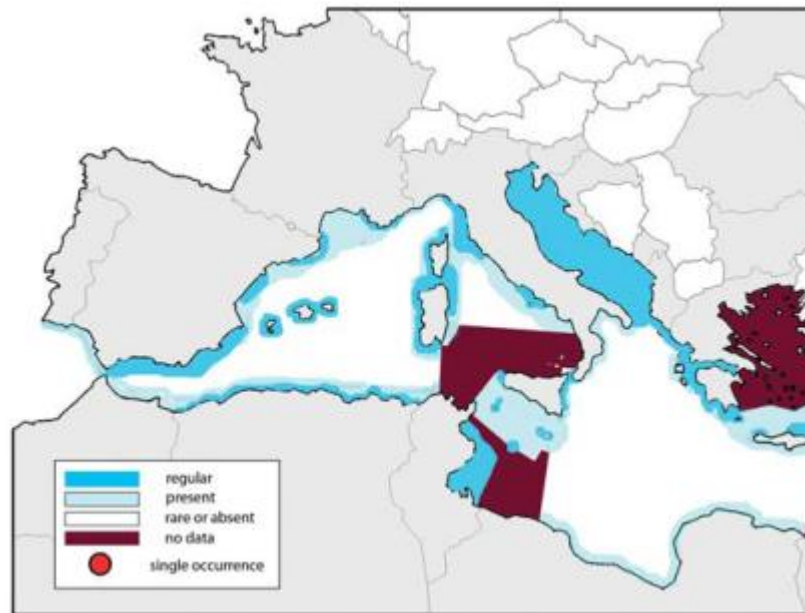
La presenza di tale specie è confermata lungo le coste della Sardegna, e in particolare le coste occidentali della Province di Sassari ed Oristano, dai dati sugli spiaggiamenti sopra citati che indicano 16 individui spiaggiati negli ultimi 26 anni. Come indicato anche nella successiva Figura 5.20, tuttavia, in mare aperto tale specie risulta rara o assente.

Si riporta di seguito la scheda della specie (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010).

Tabella 5.5: Tursiope

Specie:	<i>Tursiops truncatus</i>
Descrizione, ecologia, habitat	<p>Il tursiope è un delfino di taglia medio-grande, in cui l'adulto raggiunge i 2,5-3,5 m di lunghezza per un peso di 270-350 kg. Le popolazioni mediterranee, ed in particolare quella adriatica, raggiungono le dimensioni maggiori al mondo.</p> <p>Esistono due ecotipi di tursiopi, quelli costieri, residenti, che formano gruppi di circa 7 individui, e quelli pelagici, che formano generalmente gruppi di maggiori dimensioni (anche 35 individui) e possono compiere migrazioni notevoli.</p> <p>Mentre i maschi adulti si muovono in coppia, le femmine costituiscono unità familiari di 5-10 individui. Il tursiope è prevalentemente ittiofago, ma si ciba anche di cefalopodi e macroinvertebrati bentonici.</p>
Distribuzione	<p>Una zona molto importante per l'aggregazione della specie è situata nel tratto superficiale del Canyon di Cuma a nord dell'isola di Ischia e nelle limitrofe isole Pontine. Regolarmente presente in Adriatico. Nonostante rappresenti la specie più studiata e moltissimi siano gli avvistamenti</p>

Specie:	<i>Tursiops truncatus</i>
	effettuati lungo le coste dei nostri mari, molto poco si conosce riguardo abbondanza, distribuzione e movimenti del tursiope. Mancano survey a livello di bacino, mentre le uniche informazioni affidabili derivano da studi effettuati su scala locale. La sola area in cui è possibile determinare con certezza un trend nella presenza di tursiopi (grazie alla presenza di dati storici) è l'Adriatico settentrionale, dove si è rilevata una diminuzione del 50% di individui negli ultimi 50 anni.
Riproduzione	Gli accoppiamenti e le nascite sono distribuiti durante tutto l'anno, con un picco di nascite in estate (Urian et al., 1996). La gestazione dura 12 mesi e lo svezzamento circa 18 mesi.
Segnali acustici prevalenti (range di frequenza)	4kHz-130kHz



Tursiope

Figura 5.20: Distribuzione del Tursiope (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010)

5.2.6.2.3 *Altre Specie*

Si riportano infine le valutazioni di Notarbartolo Di Sciara e Birkun (2010) relative alle altre specie di cetacei presenti in Mediterraneo con riferimento all'area di interesse, situata al largo della costa Nord-occidentale della Sardegna:

- pelagiche:
 - Balenottera comune, *Balaenoptera physalus*: “presente” e nella parte più settentrionale dell'area di interesse anche “regolare”, soprattutto in estate. L'alta percentuale di biomassa nel Santuario dei cetacei durante il periodo estivo richiama, stagionalmente, presso tale area gli esemplari di balenottera comune, i quali migrano poi altrove negli altri periodi dell'anno (coste meridionali della Spagna e costa nordafricana in inverno – Castellote et al., 2009). Le frequenti osservazioni estive di neonati lasciano presumere che la stagione riproduttiva non sia esclusivamente legata al periodo invernale come avviene nelle popolazioni atlantiche,

- Zifio, *Ziphius cavirostris*: “presente”. La specie predilige habitat pelagici caratterizzati da canyon e rilievi sottomarini come le aree di scarpata continentale del Mar Ligure occidentale. Sono state individuate popolazioni residenti tra Imperia e Finale Ligure ed un’importante presenza tra le coste Nord-orientali della Sardegna e quelle di Lazio e Toscana,
- Globicefalo, *Globicephala melas*: “presente”. Specie pelagica che predilige le acque profonde del bacino occidentale del Mediterraneo. Risulta “regolare” nel Mar di Alboran e tra il Golfo del Leone e il Mar delle Baleari,
- di scarpata profonda:
 - Capodoglio, *Physeter macrocephalus*: “regolare”. Il capodoglio è presente nel Mar Mediterraneo soprattutto nell’area di scarpata continentale dove il fondale precipita bruscamente verso grandi profondità. La specie è regolarmente presente lungo la costa occidentale della Corsica e della Sardegna. La stagione riproduttiva si prolunga da metà inverno a metà estate, mentre la gestazione può superare i 14 mesi con la nascita dei piccoli in primavera-estate,
 - Grampo, *Grampus griseus*: “presente” e, più verso la costa “regolare”. La specie predilige acque profonde, in zone dove la scarpata continentale è più ripida (Cañadas et al., 2002). La specie non compie migrazioni e nel bacino corso-liguro-provenzale la sua presenza è stata registrata durante tutto l’anno. Si stima che la gestazione duri 13-14 mesi e che la maggior parte dei parti avvenga nel periodo estivo (Mizue e Yoshida, 1962);
- costiere: Delfino comune, *Delphinus delphis*: “presente”. Il delfino comune vive sia in acque pelagiche che costiere e, a volte, viene avvistato in associazione alla stenella striata o al tursiopo. Oggi si può incontrare più facilmente nei pressi di Gibilterra, nel mar di Alboran, lungo le coste africane e vicino alla Grecia, mentre nel Mar Ligure è diventato raro.

5.2.7 Rettili Marini

5.2.7.1 Inquadramento Generale

La specie più comune di Tartaruga marina nel Mar Mediterraneo è la *Caretta caretta*, sostanzialmente onnivora e tipica delle regioni temperate. Occasionalmente si riscontra la presenza anche di altre specie, quali la Tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*), planctofaga e di provenienza oceanica o, ancora più raramente, la Tartaruga verde (*Chelonia mydas*), erbivora, normalmente limitata all’estremo settore orientale del Mediterraneo dove si riproduce.

La Tartaruga Comune (*Caretta caretta*), è inclusa nella Lista rossa dell’IUCN, nella Lista Rossa dei vertebrati italiani considerati come specie “in pericolo in modo critico”, negli Allegati II e IV della Direttiva Habitat 92/43/CEE come specie “prioritaria”, nell’Appendice I della Convenzione CITES, nell’Appendice I della Convenzione di Bonn, e nell’Allegato II della Convenzione di Berna.

La specie è carnivora generalista, sebbene possa mangiare anche alghe. Si nutre prevalentemente di invertebrati bentonici, quali molluschi, crostacei, gasteropodi ed echinodermi, e di pesci. Nelle acque profonde l’alimentazione è costituita da meduse e salpe; in quelle poco profonde da pesci, granchi, molluschi, ricci di mare, ecc., e in misura modesta da piante.

Le rotte seguite, gli ambienti frequentati ed il comportamento generale durante le migrazioni sono poco conosciuti per le popolazioni che vivono nel Mediterraneo. La specie non sembra comunque avere rotte migratorie preferenziali. La distribuzione geografica è principalmente determinata dalla localizzazione dei siti riproduttivi in relazione alle correnti, alla temperatura e alla disponibilità di cibo.

Un'indicazione di massima delle rotte migratorie, dei siti di nidificazione e delle aree pelagiche e demersali di frequentazione, è comunque riportata in Figura 5.21 (Bentivegna, 2002; Broderick et al., 2007; Camiñas, 2004; Maffucci et al., 2006; Lucchetti & Sala, 2009).

La vita della *Caretta caretta*, come indicato anche in figura, è caratterizzata da 3 principali fasi ecologiche:

- la fase pelagica, durante la quale le tartarughe si nutrono di prede pelagiche;
- la fase demersale, durante la quale le tartarughe nuotano sul fondo per nutrirsi di specie bentoniche;
- la fase neritica intermedia, durante la quale le tartarughe si spostano dagli habitat di foraggiamento oceanico-pelagico a quello neritico-bentonico.

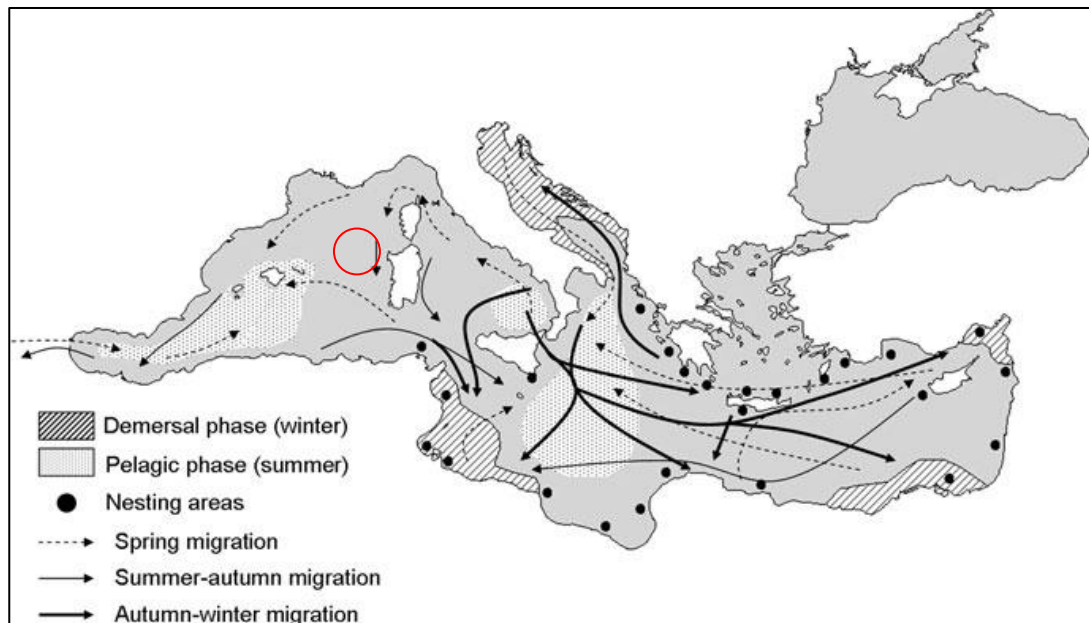


Figura 5.21: Rotte di Spostamento in Mediterraneo di *Caretta caretta* (Lucchetti & Sala, 2009)

5.2.7.2 Area di Interesse

La *Caretta caretta* è la tartaruga marina più comune nel Bacino Occidentale del Mediterraneo. In Spagna la sua popolazione mostra una maggiore stabilità in termini di accoppiamenti annuali rispetto a quella Atlantica, ma è fortemente minacciata sia sulle spiagge (turismo e inquinamento), sia in mare aperto (pesca, inquinamento, traffico marittimo). Nel 1992 in Spagna si credeva estinta (Blanco e González, 1992), ma in seguito alcuni individui sono stati riscontrati presso il delta del Fiume Ebro.

Anche il Santuario Marino Pelagos dei Cetacei, e le acque intorno, ospitano un significativo numero di individui di *Caretta caretta*, così come, occasionalmente, di tartarughe liuto (*Dermochelis coriacea*) (UNEP, 2012).

In prossimità dell'area interessata dalle attività in progetto (evidenziata in Figura 5.21), lungo la costa occidentale della Sardegna, è segnalata una rotta migratoria estivo-autunnale.

Per quanto riguarda i siti di nidificazione della specie, alcuni siti puntuali sono stati riscontrati nel Sud della Sardegna. Si ritiene tuttavia che la nidificazione in tali aree sia da considerarsi un evento raro, poiché queste zone geografiche rappresentano il margine estremo Nord-occidentale dell'attuale areale riproduttivo mediterraneo della specie (ISPRA, 2012a).

Le principali minacce per questa specie nel Mediterraneo Occidentale, e in particolare per le coste occidentali italiane, sono rappresentate dai palangari derivanti, per i quali si stima un totale annuo di catture pari a 5,572 esemplari e le collisioni con natanti (circa il 4% delle cause di spiaggiamento a livello nazionale) (Casale, 2011; ISPRA, 2012a).

5.2.8 Avifauna

5.2.8.1 Inquadramento Generale

Il Bacino Occidentale rappresenta un'area di importanza critica anche per gli uccelli marini. Nella lista di conservazione delle specie di interesse per il Mediterraneo, numerose specie riportate nel Protocollo della Convenzione di Barcellona sulle Aree Specialmente Protette (SPA) e sulla Biodiversità, sono residenti o stazionano in questa regione (Tabella 5.6).

Tabella 5.6: Specie di Uccelli Marini e Status nel Protocollo sulle Aree Specialmente Protette (SPA) e sulla Biodiversità

Species	Annex Protocol SPA and Biodiversity
<i>Ceryle r. rudis</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Charadrius alexandrinus</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Charadrius leschenaultii columbinus</i> (Lesson, 1826)	II
<i>Larus genei</i> (Breme, 1839)	II
<i>Larus melanocephalus</i> (Temminck, 1820)	II
<i>Puffinus mauretanicus</i> (Lowe, PR, 1921)	II
<i>Sterna caspia</i> (Pallas, 1770)	II
<i>Sterna nilotica</i> (Gmelin, JF, 1789)	II
<i>Calonectris diomedea</i> (Scopoli, 1769)	II
<i>Falco eleonora</i> (Géné, 1834)	II
<i>Hydrobates pelagicus</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Larus audouinii</i> (Payraudeau, 1826)	II
<i>Numenius tenuirostris</i> (Viellot, 1817)	II
<i>Pandion haliaetus</i> (Linnaeus, 1758)	II
<i>Pelecanus onocrotalus</i> Linnaeus, 1758	II
<i>Phalacrocorax aristotelis</i> (Linnaeus, 1761)	II
<i>Phoenicopiterus ruber (roseus)</i> Linnaeus, 1758	II
<i>Puffinus puffinus yelkouan</i> (Brünnich, 1764)	II
<i>Sterna albifrons</i> Pallas, 1764	II
<i>Sterna bengalensis</i> Lesson, 1831	II
<i>Sterna sandvicensis</i> Latham, 1878	II

Note:

Annex II: lista delle specie minacciate e in pericolo

Sono state identificate 5 macroaree del Bacino Occidentale come prioritarie per la conservazione delle specie di uccelli marini (UNEP, 2012.):

- Mar di Alboran;
- acque intorno alle Baleari;
- costa catalana e area al largo della stessa;
- Golfo del Leone;
- gran parte del Mar Ligure (Santuario dei Cetacei).

5.2.8.2 Area di Interesse

Per quanto riguarda l'area di studio, non sono disponibili dati puntuali, tuttavia si evidenzia come le specie tipicamente pelagiche appartengano essenzialmente agli ordini dei Procellariiformi, Pelecaniformi e Caradriformi.

Una campagna di censimenti avviata nei mari italiani nel 2008 dalla LIPU, finalizzata all'identificazione di potenziali IBA marine, ha tenuto conto di una serie di conteggi da imbarcazione – transetti – avvenuti tra Marzo e Novembre 2008 ed ha permesso di elaborare le mappe riportate nel seguito, che mostrano la presenza della berta maggiore, della berta minore e del marangone dal ciuffo, lungo il tratto di costa occidentale della Sardegna, antistante l'area interessata dalle attività in progetto (Figura 5.22) (LIPU, 2009).

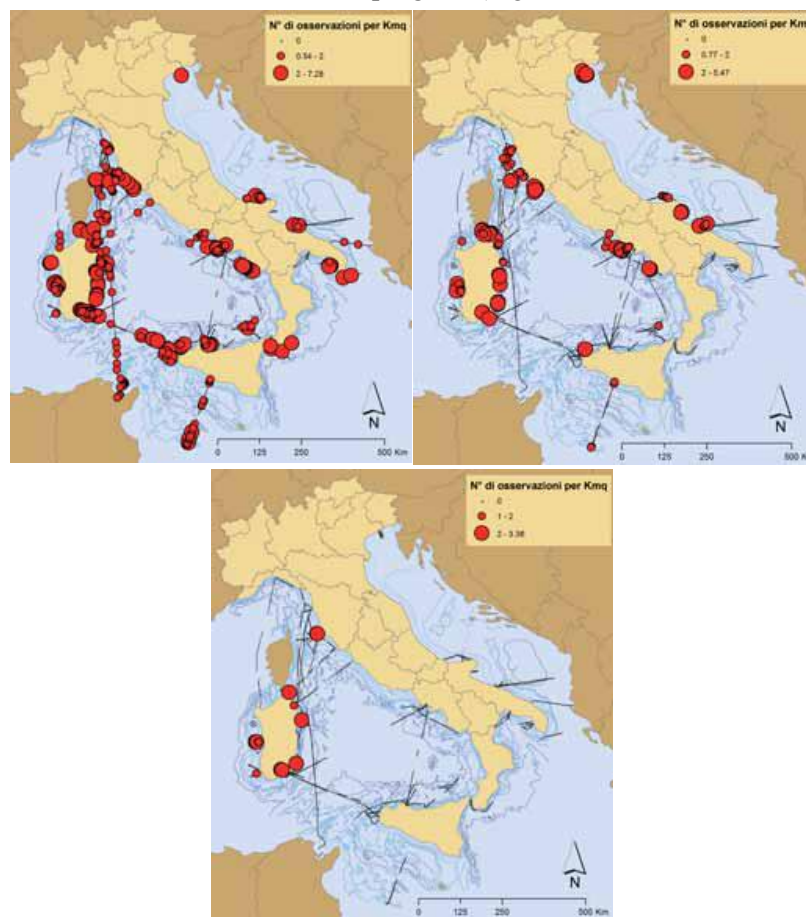
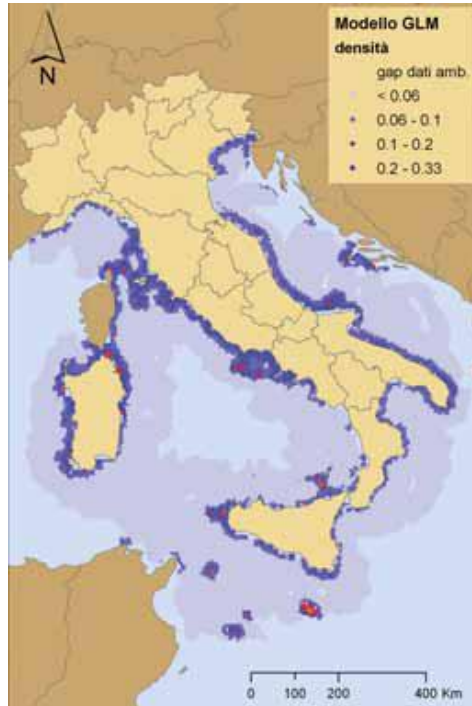


Figura 5.22: Densità di Berta Maggiore (a Sinistra), di Berta Minore (a Destra) e del Marangone dal Ciuffo (in Basso) (LIPU, 2009)

L'areale di distribuzione che è stato stimato per la berta minore, tuttavia, mostra come questa si allontani dalla costa sarda per diverse decine di chilometri (Figura 5.23) e possa quindi essere presente nei pressi dell'area di interesse (situata circa 45 km ad Ovest della Sardegna).



**Figura 5.23: Distribuzione della Berta Minore relativa ai Medi Marzo-Novembre
Ottenua da Modello Statistico (LIPU, 2009)**

Inoltre, di seguito vengono mostrate le aree di foraggiamento di alcune delle principali specie dell'avifauna (Figura 5.24). Da tale figura emerge come il Gabbiano corso abbia un areale che si estende per diverse decine di chilometri al largo della costa sarda, andando quasi a raggiungere la Zona marina E.

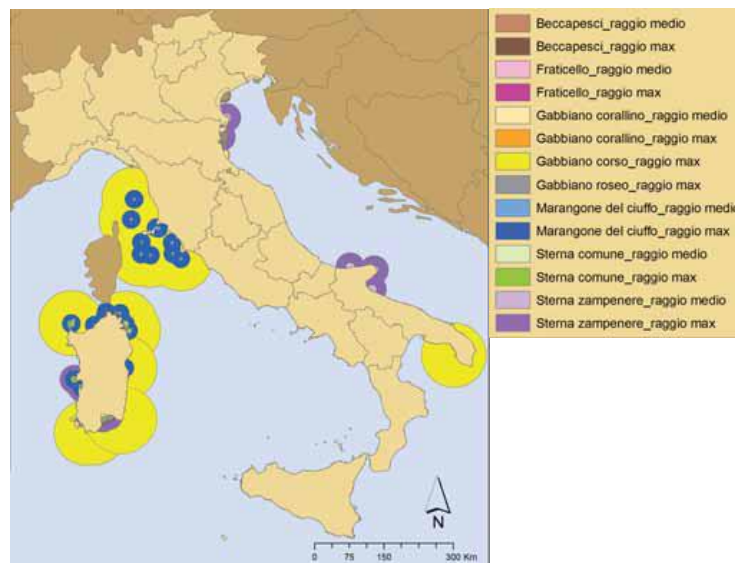


Figura 5.24: Aree di Foraggiamento Tracciate per Tutto l'Italia (LIPU, 2009)

L'area di interesse non sembra tuttavia attraversata dalle principali rotte migratorie in quanto situata in un tratto di mare aperto, distante dalle coste.

Gli uccelli migratori, infatti, sono soliti concentrarsi in gran numero in punti ben precisi del territorio dove il superamento di ostacoli naturali, come ad esempio estesi bracci di mare, viene facilitato da situazioni geografiche favorevoli (Gargano, Conero, etc.).



Figura 5.25: Rotte Migratorie Avifauna (Rapaci) nel Mediterraneo
(Sito web: www.parcodelconero.com)

Come è evidenziato nella precedente figura, relativa alle rotte migratorie dei rapaci, sono tre le principali rotte seguite dagli uccelli in primavera: una a oriente (il Bosforo, dopo aver sorvolato Israele), una a occidente (dal Marocco per Gibilterra, poi Orgambideska nei Pirenei) e la terza al centro del Mediterraneo.

Nella successiva tabella si riportano inoltre le specie migratrici di interesse riscontrate nei pressi dell'area di intervento (costa occidentale dell'alta Provincia di Sassari) ed il periodo dell'anno in cui sono state inanellate o recuperate, secondo quanto indicato dallo strumento "Migration Mapping Tool" della European Union for Bird Ringing (EURING) (Sito web: www.euring.org).

Tabella 5.7: Specie di Interesse Riscrostrate nei pressi dell'Area di Intervento

Specie	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Mignattino (<i>Chlidonias niger</i>)				✓					✓	✓		
Marzaiola (<i>Anas querquedula</i>)		✓								✓	✓	✓
Pavoncella (<i>Vanellus vanellus</i>)	✓	✓										✓
Combattente (<i>Calidris pugnax</i>)					✓							

5.2.9 Aree Naturali Protette, Siti Natura 2000, IBA

Come evidenziato al Capitolo 5 e nella Figura 5.1 allegata al Quadro di Riferimento Programmatico, le attività in progetto non interessano alcuna area naturale protetta (aree EUAP, Siti Natura 2000 o IBA). Nella tabella seguente, si riporta un elenco complessivo di tali aree e le relative distanze dall'area di intervento.

Tabella 5.8: Elenco delle Aree Protette Marine e Terrestri più Vicine all'Area Oggetto d'Intervento

Codice	Aree Naturali Protette (EUAP)	Distanza
1174	Santuario per i Mammiferi Marini	Circa 35 km
0554	Area Naturale Marina Protetta Capo Caccia - Isola Piana	Circa 45 km
1052	Parco Naturale Regionale di Porto Conte	Circa 46 km
0552	Area Marina Protetta Isola dell'Asinara	Circa 50 km
0951	Area Marina Protetta Penisola del Sinis – Isola Mal di Ventre	Circa 55 km
Codice	Rete Natura 2000 – Siti di Importanza Comunitaria (SIC)	Distanza
ITB010042	SIC Capo Caccia (con le Isole Foradada e Piana) e Punta del Giglio	circa 43 km
ITB010043	SIC Coste e Isolette a Nord Ovest della Sardegna	circa 47 km
ITB011155	SIC Lago di Baratz - Porto Ferro	circa 48 km
ITB010002	SIC Stagno di Pilo e di Casaraccio	circa 50 km
ITB010082	SIC Isola dell'Asinara	circa 50 km
ITB030080	SIC Isola di Mal di Ventre e Catalano	circa 55 km
ITB020041	SIC Entroterra e zona costiera tra Bosa, Capo Marargiu e Porto Tangone	circa 63 km
ITB030038	SIC Stagno di Putzu Idu (Salina Manna e Pauli Marigosa)	circa 66 km
ITB030035	SIC Stagno di Sale 'E Porcus	circa 70 km
ITB032228	SIC Is Arenas	circa 72 km
ITB030034	SIC Stagno di Mistras di Oristano	circa 74 km
ITB030036	SIC Stagno di Cabras	circa 75 km
ITB030032	SIC Stagno di Corru S'Ittiri	circa 80 km
ITB032219	SIC Sassu - Cirras	circa 85 km
ITB030016	SIC Stagno di S'Ena Arrubia e territori limitrofi	circa 85 km
ITB030037	SIC Stagno di Santa Giusta	circa 86 km
ITB030033	SIC Stagno di Pauli Maiori di Oristano	circa 90 km
Codice	Rete Natura 2000 – Zone di Protezione Speciale (ZPS)	Distanza
ITB013044	ZPS Capo Caccia	circa 45 km
ITB013012	ZPS Stagno di Pilo, Casaraccio e Saline di Stintino	circa 50 km
ITB010001	ZPS Isola Asinara	circa 50 km
ITB030039	ZPS Isola Mal di Ventre	circa 60 km
ITB023037	ZPS Costa e Entroterra di Bosa, Suni e Montresta	circa 65 km
ITB034007	ZPS Stagno di Sale 'È Porcus	circa 70 km
ITB033036	ZPS Costa di Cuglieri	circa 73 km
ITB034006	ZPS Stagno di Mistras	circa 74 km
ITB034008	ZPS Stagno di Cabras	circa 75 km

ITB034004	ZPS Corru S'lttiri, stagno di San Giovanni e Marceddi	circa 84 km
ITB034001	ZPS Stagno di S'Ena Arrubia	circa 86 km
ITB034005	ZPS Stagno di Pauli Maiori	circa 90 km
Codice	Important Bird Areas (IBA)	Distanza
175	Capo Caccia e Porto Conte	circa 43 km
171	Isola dell'Asinara, Isola Piana e penisola di Stintino	circa 46 km
172	Stagni di Casaraccio, Saline di Stintino e Stagni di Pilo	circa 50 km
218	Sinis e Stagni di Oristano	circa 54 km
176	Costa tra Bosa ed Alghero	circa 60 km
180	Costa di Cuglieri	circa 70 km

Come evidenziato dalla precedente tabella, tutte le Aree Protette Marine e Terrestri incluse nell'Elenco Ufficiale delle Aree Protette (EUAP) sono ubicate ad una distanza minima di circa 35 km dalla Zona Marina E. L'Area Marina Protetta di Interesse Internazionale "Santuario per i Mammiferi Marini" risulta tuttavia inclusa all'interno di un'area più vasta di speciale protezione in Mediterraneo (ASPIM, si veda al riguardo il Quadro di Riferimento Programmatico), i cui confini risultano prossimi al vertice Nord-Est della Zona Marina E.

Si evidenzia che l'area di intervento risulta essere a 15 miglia nautiche (circa 28 km) dal confine dell'Area Marina Protetta di Interesse Internazionale "Santuario per i Mammiferi Marini".

Nel seguito si riporta una breve descrizione di tale area protetta.

Santuario per i Mammiferi Marini

Il Santuario Pelagos, istituito in Italia dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio con il nome di "Santuario per i Mammiferi Marini" è un'area marina protetta compresa nel territorio francese, monegasco e italiano, classificata come Area Specialmente Protetta di Interesse Mediterraneo (ASPIM).

In territorio italiano, il Santuario per i Mammiferi Marini è stato istituito nel 1991 come area naturale marina protetta di interesse internazionale, e occupa una superficie a mare di 2,557,258 ha (circa 25,573 km²) nelle regioni Liguria, Sardegna e Toscana.

L'area marina protetta internazionale fu invece istituita, con il contributo scientifico dell'Istituto Tethys, nel 1999 (Accordo Internazionale di Roma del 25 Novembre 1999) grazie alla collaborazione dei tre paesi nella quale il santuario è compreso: Francia (Costa Azzurra e Corsica), Principato di Monaco e Italia (Liguria, Toscana e Nord della Sardegna).

Essa si estende nel bacino corso-ligure-provenzale da Punta Escampobariou (vicino alla città francese di Tolone) a Capo Falcone e capo Ferro (Sardegna), fino al Chiarone (confine tra Toscana e Lazio) e occupa una superficie marina complessiva di circa 87,500 km².

Una serie di studi ha rilevato che in questa zona del mar Mediterraneo vi è una massiccia concentrazione di cetacei, grazie soprattutto alla ricchezza di cibo. I mammiferi marini sono rappresentati da dodici specie: la balenottera comune (*Balaenoptera physalus*) il secondo animale più grande al mondo (secondo solo alla balenottera azzurra), il capodoglio (*Physeter macrocephalus*), il delfino comune (*Delphinus delphis*), il tursiope (*Tursiops truncatus*), la stenella striata (*Stenella coeruleoalba*), il globicefalo (*Globicephala melas*), il grampo

(*Grampus griseus*), lo zifio (*Ziphius cavirostris*). Più rari, la balenottera minore (*Balaenoptera acutorostrata*), lo steno (*Steno bredanensis*), l'orca (*Orcinus orca*) e la pseudorca (*Pseudorca crassidens*).

Nel 1992 venne effettuato un censimento sulla superficie di quello che sarebbe divenuto il Santuario dei cetacei da parte dell'Istituto Tethys, da Greenpeace e dall'Università di Barcellona, che consentì la stima numerica delle stenelle (32,800 esemplari) e delle balenottere comuni (830 esemplari) presenti nella zona nel periodo estivo.

Recenti studi (Lauriano et al., 2010; Lauriano & Panigada, 2010; Panigada et al., 2011;) hanno tuttavia riportato stime in forte calo per quanto riguarda il numero di balenottere nel Santuario, rispetto ai dati sopra riportati, mentre per quanto riguarda le stenelle la stima è risultata superiore.

5.3 ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto descritto e caratterizzato, si riassumono gli elementi sensibili della componente e si individuano i recettori potenzialmente impattati dalle attività in progetto.

In generale, per la componente in esame, gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sono costituiti da:

- aree naturali protette marine e terrestri, Rete Natura 2000 e IBA;
- habitat di interesse naturalistico;
- presenza di specie di interesse faunistico;
- presenza di aree di *nursery*.

Con riferimento alle specie di interesse faunistico, si è ritenuto di escludere dai potenziali recettori la Foca monaca, in mancanza di dati oggettivi che ne attestino l'effettiva presenza nell'area vasta di interesse. Si evidenzia inoltre che tale specie frequenta ambienti prevalentemente costieri (acque poco profonde) e riparati (coste rocciose, grotte).

Nella seguente tabella è riportata, in sintesi, il grado di interferenza delle attività a progetto con gli elementi di sensibilità relativi alla componente e la localizzazione dei potenziali recettori individuati rispetto all'area di intervento.

Tabella 5.9: Vegetazione, Flora, Fauna ed Ecosistemi – Elementi di Sensibilità e Potenziali Recettori

Descrizione	Relazione con gli Interventi a Progetto	
	Potenziale Interazione Diretta	Distanza minima
Habitat potenzialmente idoneo alla presenza di cetacei (prossimità al Santuario dei Cetacei)	X	
Habitat potenzialmente idoneo alla presenza estivo-autunnale della Tartaruga <i>Caretta caretta</i>	X	
Persistenza di nursery del nasello		Circa 46 km

5.4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE

5.4.1 Effetti su Organismi, Ecosistemi e Habitat connessi alle Emissioni di Inquinanti in Atmosfera

Come riportato al precedente Paragrafo 3.4.1, si prevede l'emissione di modesti quantitativi di inquinanti gassosi in atmosfera durante la realizzazione del progetto in esame; pertanto,

anche in virtù della distanza dalla costa dei mezzi navali, è possibile stimare l'assenza di ricadute significative di inquinanti in corrispondenza dei potenziali recettori naturali presenti. In considerazione, inoltre, della durata delle attività (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 giorni per l'indagine 3D, intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni), delle caratteristiche emissive dei mezzi impiegati e della loro mobilità all'interno dell'area di indagine, si ritiene che l'impatto associato alle emissioni atmosferiche sugli organismi, ecosistemi e habitat possa essere considerato **di lieve entità, temporaneo e reversibile**.

5.4.2 Effetti su Ecosistema Marino Connessi agli Scarichi Idrici

Come riportato nel precedente Paragrafo 3.4.3, relativo alla stima dell'impatto degli scarichi dei mezzi navali sull'ambiente idrico marino, si prevede lo scarico di:

- acque di raffreddamento di motori ed impianti di bordo;
- acque di zavorra;
- reflui di tipo civile (scarichi w.c., lavandini, docce);
- acque oleose (sentina e meteoriche).

In considerazione di quanto riportato nello stesso Paragrafo 3.4.3, si ritiene che l'impatto associato all'alterazione della qualità delle acque marine connesso agli scarichi idrici da mezzi navali sugli ecosistemi marini possa essere considerato **di lieve entità, temporaneo e reversibile**.

5.4.3 Effetti sulla Fauna Marina Connessi alla Produzione di Emissioni Sonore Sottomarine

Si rimanda al Capitolo 6 dedicato alla componente Rumore ed in particolare ai Paragrafi 6.4.1 (per l'impatto sui cetacei) e 6.4.3 (per l'impatto sui rettili marini e le specie demersali e alieutiche).

5.4.4 Disturbi alla Fauna Marina dovuti all'Occupazione dello Specchio Acqueo

5.4.4.1 Stima dell'Impatto

Le attività previste dal progetto comporteranno l'impiego dei seguenti mezzi:

- indagine 2D:
 - Nave Sismica,
 - un mezzo navale di supporto, che stazionerà in prossimità dell'area di acquisizione;
- indagine 3D:
 - Nave Sismica,
 - un mezzo navale di supporto, che stazionerà in prossimità dell'area di acquisizione,
 - un mezzo navale che effettuerà rifornimenti periodici dal porto di riferimento.

La Nave Sismica, inoltre, trainerà a poppa uno o più cavi di registrazione (*streamer*) a seconda del tipo di indagine (2D o 3D), di lunghezza pari a 12 km (2D) e 8-10 km (3D). Sulla base dei dati riportati nel Quadro di Riferimento Progettuale, l'area operativa si estenderà complessivamente su una superficie di circa 20,000 km², all'interno della nuova Zona Marina E. In particolare l'area di intervento è costituita da un poligono coincidente con la Zona Marina E fatta eccezione per il tratto a nord-est in cui essa è stata limitata, mantenendosi ad una distanza di 15 miglia nautiche dal confine del Santuario dei Cetacei.

Al fine di garantire la copertura dei dati, saranno interessati alcuni km dai confini dell'area, fatta eccezione per il lato Nord-orientale della stessa, ubicato in prossimità del Santuario dei Cetacei, per il quale non saranno svolte attività di prospezione oltre il limite delle 12 miglia nautiche dal confine del Santuario dei Cetacei.

L'area di manovra della Nave Sismica con air gan spenti, potrà interessare una fascia di circa 15 km dai confini dell'area di intervento.

La presenza in mare dei mezzi navali e delle apparecchiature di indagine potrebbe determinare il rischio di collisione con specie quali rettili e mammiferi marini (cetacei). In generale, tale rischio è da ritenersi ancora maggiore in presenza di cetacei di grosse dimensioni. A tal proposito, come già indicato nel Capitolo 9 del Quadro di Riferimento Progettuale, la presenza dei *Marine Mammals Observers* (MMO), introdotta come misura di mitigazione prevista dalle linee guida ACCOBAMS (si veda anche il successivo Paragrafo 5.4.4.2), servirà a garantire che nessun cetaceo entri nell'area di intervento e, nel caso vi entri, a sospendere le attività fino al suo allontanamento.

Inoltre, con riferimento alle attrezzature trainate dalla Nave Sismica, esiste il rischio che alcune specie, e in particolare le tartarughe marine, vi restino incagliate (si veda la figura seguente).

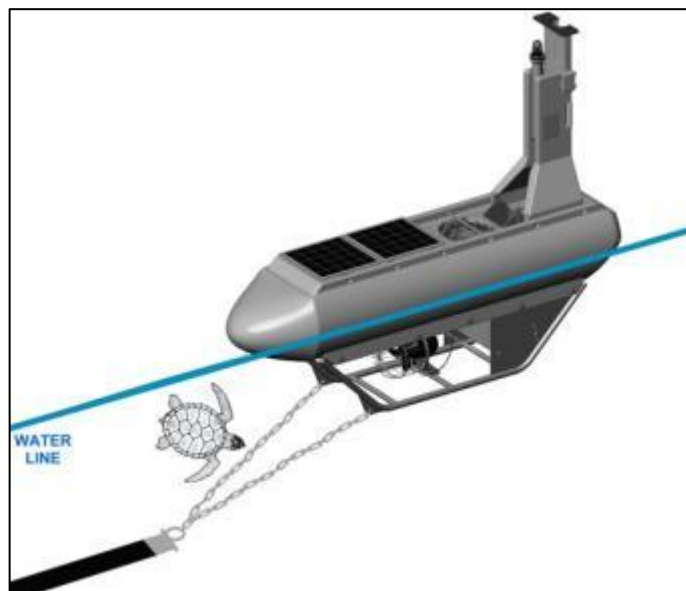


Figura 5.26: Schema di Immersione in Risposta allo Spavento per l'Avvicinamento di una Boa di Coda (Ketos Ecology, 2009)

Non tutte le tipologie di boe di coda tendono ad intrappolare tartarughe marine, tuttavia ne esistono alcune più soggette a tale tipo di evento incidentale. In particolare gli incidenti più frequentemente rilevati sono quelli riportati nella figura seguente.

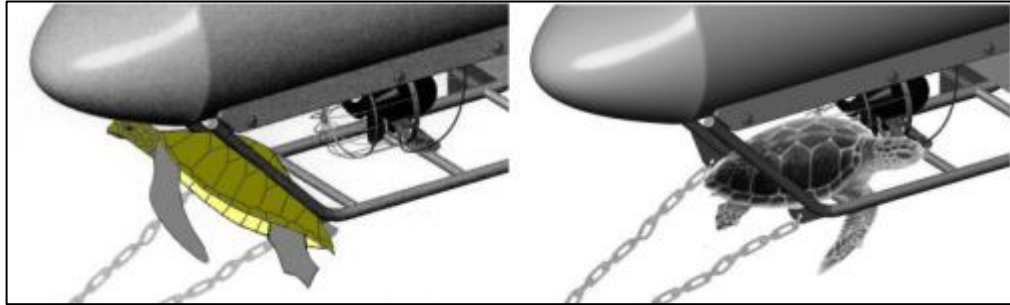


Figura 5.27: Schema di Intrappolamento (Ketos Ecology, 2009)

Al fine di evitare eventi di questo genere è prevista l'adozione delle misure di mitigazione introdotte nel Capitolo 9 del Quadro di Riferimento Progettuale e sinteticamente descritte nel seguente Paragrafo 5.4.4.2.

Sulla base delle considerazioni appena riportate, delle misure di mitigazione che si intende adottare, del limitato numero di mezzi e della durata dell'intervento (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 per l'indagine 3D, intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni), il potenziale impatto causato dalla presenza di mezzi navali può essere considerato **di lieve entità, temporaneo e reversibile**.

5.4.4.2 Misure di Mitigazione

Al fine di limitare l'impatto dovuto all'occupazione dello specchio acqueo da parte dei mezzi navali e dalle apparecchiature, è prevista l'adozione delle seguenti misure di mitigazione a tutela dei mammiferi marini:

- presenza di Marine Mammals Observers (MMO) ossia di osservatori qualificati, esperti nel riconoscimento di cetacei e appartenenti ad Enti accreditati (tra cui anche ISPRA); le tecniche di avvistamento saranno sia di tipo visuale, con l'ausilio del binocolo, che di tipo acustico, mediante l'uso di idrofoni;
- definizione di una zona di esclusione, ossia di una porzione di specchio acqueo all'interno della quale, in caso di avvistamento di cetacei, è prevista la sospensione delle attività.

Per quanto concerne i rettili marini è prevista invece l'adozione di sistemi "Turtle guards", come mostrato nella figura seguente, al fine di ridurre il più possibile gli eventuali intrappolamenti.

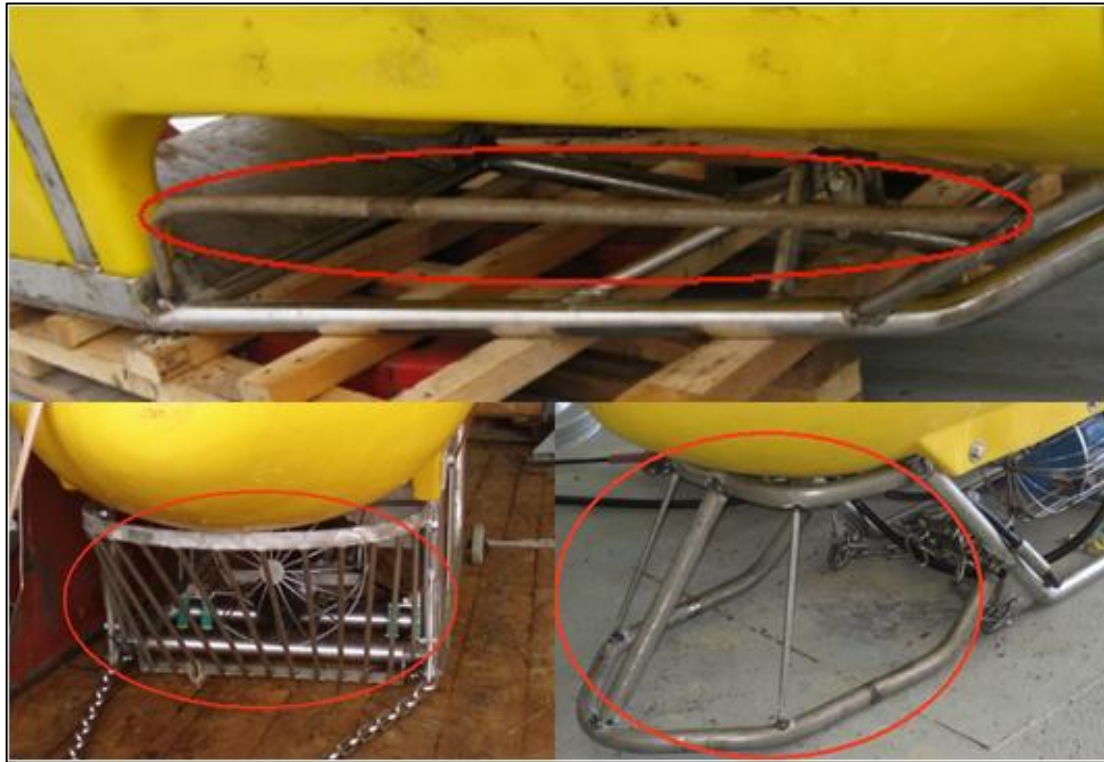


Figura 5.28: Esempi di “Turtle Guards” (Sito web: www.ketosecology.co.uk)

5.4.5 Disturbi agli Organismi Marini e all’Avifauna dovuti all’Illuminazione Notturna

L’inquinamento luminoso può essere considerato come un’alterazione della quantità naturale di luce presente nell’ambiente notturno provocata dall’immissione di luce artificiale dagli impianti di illuminazione.

L’illuminazione notturna può produrre un disturbo nei confronti degli organismi marini nell’intorno dell’area delle operazioni e, in particolare, nella parte più superficiale della colonna d’acqua. Uno dei principali effetti dell’illuminazione notturna è un leggero incremento dell’attività fotosintetica del fitoplancton negli strati d’acqua più superficiali, con conseguente aumento della capacità di autodepurazione delle acque. Inoltre, la presenza di luce potrebbe modificare i bioritmi di alcuni organismi zooplanctonici presenti nelle zone normalmente buie. Nel lungo periodo, la perturbazione potrebbe diventare un fattore di stress per gli organismi e causare un decremento della produzione biologica del plancton.

Anche l’avifauna può essere influenzata dall’illuminazione notturna, sia nei comportamenti, a causa della modificazione del fotoperiodo, che nelle migrazioni per le specie che effettuano spostamenti ciclici. Le migrazioni degli uccelli si svolgono, infatti, secondo precise vie aeree che potrebbero subire delle “deviazioni” proprio per effetto di intense fonti luminose.

L’attività di energizzazione e registrazione avrà luogo giorno e notte per tutto il periodo necessario alle attività in progetto. Le unità navali (Nave Sismica e mezzi di supporto) saranno pertanto dotate di idonea illuminazione artificiale, ai fini di consentire lo svolgimento delle operazioni di bordo e per garantire la sicurezza della navigazione stessa.

In particolare, nel caso si rendesse necessario intervenire con illuminazione delle aree esterne per attività lavorative, questa sarà ridotta alle sole aree di interesse, pur nel rispetto delle

norme di sicurezza e in conformità con quanto indicato dalla normativa vigente, evitando così ogni disturbo, in particolare modo legato alla fauna notturna.

In virtù della distanza minima dalla costa (circa 45 km) e della durata delle attività (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 giorni per l'indagine 3D, intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni) e della natura mobile dell'intervento, gli effetti prodotti sulla flora e fauna marina e sull'avifauna possono essere considerati di **lieve entità, temporanei e reversibili**.

6 RUMORE

L'analisi preliminare delle possibili interazioni tra le diverse fasi di progetto e la componente in esame ha determinato l'individuazione degli aspetti progettuali (fattori causali di impatto) in grado di incidere in maniera significativa sulla componente esaminata.

La caratterizzazione della componente ha permesso di conoscerne lo stato attuale e di individuare gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sulla base dei quali è stata effettuata la valutazione degli impatti generati dal progetto e sono state individuate, ove ritenuto opportuno, le rispettive misure di mitigazione.

Il presente capitolo è strutturato come segue:

- nel Paragrafo 6.1 sono riassunte le interazioni tra le singole fasi del progetto e la componente Rumore;
- il Paragrafo 6.2 è riportata, a livello generale e di dettaglio per l'area di interesse, la descrizione dello stato attuale della componente, con particolare riferimento a:
 - sorgenti antropogeniche del rumore in mare,
 - effetti del rumore antropogenico sui mammiferi marini e sugli altri organismi;
- nel Paragrafo 6.3 sono descritti gli elementi di sensibilità della componente;
- nel Paragrafo 6.4 è riportata la stima degli impatti e sono individuate le eventuali misure di mitigazione.

6.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE

Le interazioni tra il progetto e la componente Rumore possono essere ricondotte principalmente a:

- emissioni sonore generate dai mezzi navali (Nave Sismica e mezzi di supporto);
- emissioni sonore in ambiente marino generate dagli *air gun* durante la fase di energizzazione.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni con l'ambiente riportate nel Quadro di Riferimento Progettuale, la valutazione qualitativa delle potenziali incidenze delle azioni di progetto sulla componente in esame è riassunta nella seguente tabella.

Tabella 6.1: Rumore – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente

Fattori Causali di Impatto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Valutazione
ARRIVO IN SITO / ABBANDONO AREA INDAGATA		
Emissioni sonore in ambiente aereo dovute ai mezzi navali	X	
Emissioni sonore in ambiente marino dovute ai mezzi navali		X
STENDIMENTO / RECUPERO APPARECCHIATURE		
Emissioni sonore in ambiente aereo dovute ai mezzi navali	X	
Emissioni sonore in ambiente marino dovute ai mezzi navali		X
ESECUZIONE RILIEVO GEOFISICO		
Emissioni sonore in ambiente aereo	X	

Fattori Causali di Impatto	Potenziale Incidenza	
	Non Significativa	Oggetto di Valutazione
dovute ai mezzi navali		
Emissioni sonore in ambiente marino dovute ai mezzi navali		X
Emissioni sonore in ambiente marino dovute al funzionamento del sistema di energizzazione (<i>air gun</i>)		X

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è considerata, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa.

In particolare, sono state ritenute come non significative le emissioni sonore in ambiente aereo dovute ai mezzi navali, in quanto:

- l'intensità del rumore aereo generato sarà tale da non arrecare disturbi al personale di bordo e verranno rispettati tutti i requisiti normativi in materia di salute e sicurezza dei lavoratori;
- con riferimento ai potenziali recettori terrestri, l'intervento sarà effettuato in mare aperto ad una distanza minima dalla costa di circa 45 km.

Nei paragrafi successivi si riporta la caratterizzazione della componente (Paragrafo 6.2), evidenziandone gli eventuali elementi di sensibilità e identificando i recettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto (Paragrafo 6.3). La valutazione degli impatti ambientali, unitamente alla misure mitigative che si prevede di adottare, è riportata al Paragrafo 6.4.

6.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE

6.2.1 Aspetti Generali sulla Propagazione del Suono in Mare

Il suono in ambiente marino si propaga ad una velocità pari a circa 1,500 m/s, circa 4 volte superiore alla velocità di propagazione del suono in atmosfera (circa 340 m/s). La velocità del suono in mare è funzione della densità dell'acqua e, quindi, della sua temperatura, salinità e pressione (profondità) (Bradley e Stern, 2008).

Il livello sonoro, o Livello di Pressione Sonora (SPL dall'inglese "Sound Pressure Level") è espresso in decibel (dB) che costituiscono una misura relativa di pressione sonora riferita al limite inferiore di udibilità (corrispondente in aria a 0 dB). I livelli sottomarini in dB sono riferiti al valore di 1 μ Pa. L'ampiezza e l'energia del livello SPL possono essere descritte con diverse grandezze (UNEP-CBD, 2012):

- Peak (o "0 to Peak"): massimo incremento in pressione rispetto al valore ambiente, utilizzato per rumori che presentano un picco caratteristico (es: rumori impulsivi con forma asimmetrica);
- Peak-to-Peak: differenza tra i massimi di pressione negativa e positiva dell'onda sonora, generalmente utilizzata per descrivere suoni brevi e con elevata intensità;
- RMS ("Root Mean Square"): calcolato come radice della media quadratica della pressione delle onde. Tale valore dipende dalla durata dell'analisi e può comportare una sottostima dei rischi di trauma acustico (i valori di un segnale continuo espressi in RMS o picco differiscono per 10-12 dB);

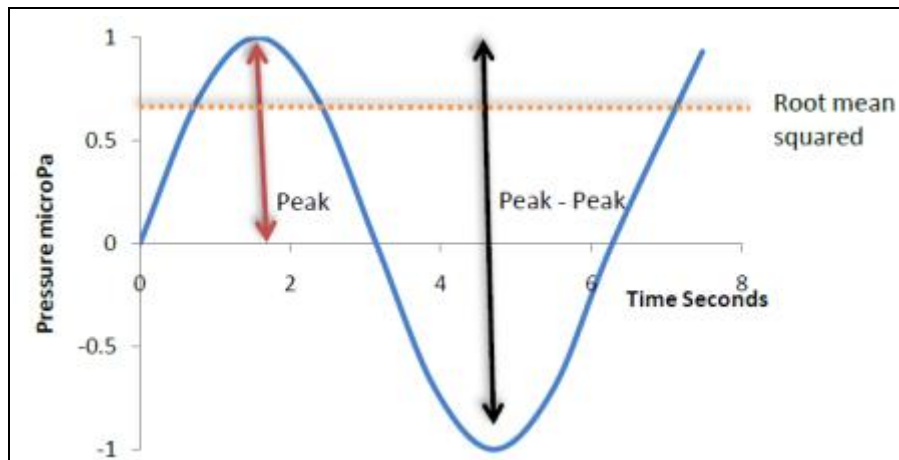


Figura 6.1: Rappresentazione Grandezze Peak, Peak-to-Peak e RMS per Onda Sinusoidale in Diagramma Pressione (μPa) Tempo (s) (DEEC-UK, 2011)

- **Spettro Sonoro:** fornisce informazioni sul contenuto in frequenza del suono. La larghezza di banda (“Bandwidth”) descrive il range di frequenza del suono; una larghezza di banda normalizzata a 1 Hz costituisce pratica comune nell’analisi matematica del suono, mentre la larghezza in 1/3 di ottava è impiegata nell’analisi fisica;
- **Sound Exposure Level (SEL):** è una misura dell’energia del suono che dipende da ampiezza e durata. Si impiega generalmente nell’analisi predittiva dell’effetto fisiologico del rumore. Il relativo valore viene espresso in Pa^2s o in dB riferito ad un livello di energia acustica di riferimento;
- **Transmission Loss (TL):** riguarda la perdita di potenza acustica al crescere della distanza dalla sorgente sonora. In condizioni ideali (assenza di riflessione e ostacoli) la pressione sonora diminuisce con l’inverso della distanza ($1/r$, dove r rappresenta la distanza dalla sorgente). In condizioni reali l’effetto della stratificazione dell’acqua marina e la topografia del fondale possono comportare situazioni complesse;
- **Source Level (SL):** descrive il livello di pressione sonora riferito alla distanza nominale di 1 m dalla sorgente.

Il decadimento del suono in mare è strettamente correlato alla morfologia del fondale e alle caratteristiche chimico fisiche della massa d’acqua, nonché, come ovvio, dalle caratteristiche della sorgente. In generale, in mare, mentre i rumori ad alta frequenza hanno una capacità di propagazione molto bassa (un rumore emesso ad una frequenza di 100,000 Hz, perde 36 dB di intensità per km), quelli a bassa frequenza (inferiore a 1,000 Hz) mantengono valori di intensità molto elevati ed hanno una bassa decrescita con la distanza (Roussel, 2002).

Per fornire una valutazione dell’interferenza del rumore in mare e dell’impatto sui mammiferi marini e sulla fauna marina in generale, è necessario innanzitutto identificare il livello di rumore prodotto dalle singole sorgenti e la variazione del suono con la distanza.

Nel caso di una sorgente in mare, la propagazione sonora e l’attenuazione del rumore sono condizionate da molti fattori, tra i quali le variazioni o le condizioni di disomogeneità della temperatura, della salinità dell’acqua e della profondità.

Il suono proveniente da una sorgente può propagarsi attraverso l’acqua sia direttamente, sia attraverso rimbalzi multipli tra la superficie ed il fondale, sia lateralmente attraverso le rocce del fondale per riemergere nell’acqua ad una certa distanza dalla sorgente. Rifrazione ed

assorbimento favoriscono inoltre la deformazione delle onde sonore, determinando una variazione estremamente complessa della forma d'onda durante la propagazione.

Le valutazioni riportate nei successivi paragrafi sono state effettuate sulla base della letteratura scientifica disponibile in materia.

6.2.2 Sorgenti di Rumore in Mare

L'ambiente marino è caratterizzato da un rumore di fondo generato da processi naturali di natura fisica come il movimento dell'acqua, il vento e le onde, le attività vulcaniche e i terremoti, o di natura biologica come i sistemi di comunicazione dei mammiferi marini e dei pesci.

Oltre al rumore naturale, il mare è interessato da sorgenti di rumore antropogeniche quali ad esempio (Simmonds M. et al., 2004):

- traffico marittimo: al quale si associa il rumore causato dalla navigazione delle imbarcazioni. La maggior parte delle imbarcazioni ha un range di basse frequenze, meno di 1kHz;
- rilevamenti sismici: durante le prospezioni sismiche il suono ad alta intensità e bassa frequenza è diretto attraverso la crosta terrestre e riflesso dai diversi strati geologici, ogni sorgente sismica lavora ad intensità e frequenze diverse;
- industria del gas e del petrolio: i rumori generati da queste attività sono sia dovuti all'aumento del traffico marittimo, sia al rilevamento sismico (vedi punti precedenti) ma anche all'installazione delle strutture di perforazione e produzione e a tutte le attività connesse;
- ricerca in ambito marino;
- attività militari: i mezzi militari usualmente utilizzano i sonar. Questi sistemi emettono suoni ad impulsi brevi e sono progettati per focalizzare la maggior quantità possibile di energia in cono ristretti.

Per quanto riguarda il **traffico marittimo**, il rumore subacqueo prodotto dalle navi è principalmente dovuto alla cavitazione delle eliche, alle vibrazioni dei motori e delle strutture connesse e allo spostamento dell'acqua causato dal movimento dello scafo.

In particolare, la cavitazione delle eliche è quel fenomeno che genera maggior rumore e dipende dalla velocità di rotazione delle pale. All'aumentare della velocità, crescono i fenomeni turbolenti in prossimità delle eliche, si formano micro bolle d'aria ed aumenta l'emissione sonora ad essi connessa.

Il rumore irradiato dalle grosse navi rientra nel range dei 190-220 dB re 1 μ Pa-m, mentre per pescherecci e rimorchiatori si segnala un range di 150-170 dB re 1 μ Pa-m (ISPRA, non datato).

Facendo riferimento ai **rilievi sismici**, le fonti di rumore sottomarino possono avere caratteristiche diverse a seconda del tipo di sorgente. La maggior parte dei rilievi sismici oggi utilizzano come sorgente sonora gli *air gun* (colpi sparati ad intervalli di circa 6-20 secondi) trainati a poppa da una Nave Sismica ad una velocità di circa 4-6 nodi e mantenuti ad una profondità compresa tra i 4 ed i 10 m (McCauley, 1994; Gulland and Walker, 1998) e caratterizzati da una durata variabile (da qualche giorno a qualche mese).

Gli *air gun* sono dispositivi pneumatici in grado di produrre un segnale acustico tramite il rapido rilascio nella colonna d'acqua di un volume di aria compressa. La rapida espansione ed il collasso della bolla d'aria, crea un suono impulsivo.

Generalmente i singoli *air gun* producono livelli di sorgente (SL) a banda larga compresi tra i 215 ed i 230 dB re 1 μ Pa-m, con le energie più elevate, ricadenti in un range di 10-330 Hz (McCauley, 1994; Greene *et al.*, 1995). La forma d'onda di questo segnale somiglia ad una sinusoide smorzata e dipende dall'energia contenuta nell'aria compressa prima del rilascio (Turnpenny and Nedwell, 1994). Benché la maggior parte dell'energia sia prodotta a frequenze più basse, una notevole energia, al di sopra del livello del rumore ambientale può essere prodotta a frequenze fino a 22 kHz (Gordon and Moscrop, 1996).

I livelli di sorgente "Peak to Peak" a banda larga di 230-255 dB re 1 μ Pa-m che puntano verso il basso sono riportati, per un insieme di *air gun*, con picchi di frequenza che coprono il range 10-100 Hz (McCauley, 1994; Greene *et al.*, 1995), dato in linea con i valori riportati da ISPRA (ISPRA, non datato).

Nelle seguenti tabelle sono riportati i livelli di rumore tipici associati all'attività di rilievo sismico per sorgenti di tipo continuo (Tabella 6.2) e impulsivo (Tabella 6.3).

Tabella 6.2: Emissioni Sonore per Attività di Rilievo Sismico – Sorgenti di Tipo Continuo (Estratto da Simmonds M. et al., 2004)

TRANSIENT NOISE SOURCES	SOURCE LEVELS, dB re 1 μ Pa-m							HIGHEST LEVEL	
	Broad-band	1/3 rd octave band centre frequencies [kHz]						1/3 rd octave band	
	(0.045-7.07 kHz)	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	Freq. [kHz]	Level [dB]
VESSELS UNDERWAY									
Tug & Barge	171	143	157	157	161	156	157	630	162
5-m Zodiac	156	128	124	148	132	132	138	6,300	152
Supply Ship (Kigoriak)	181	162	174	170	166	164	159	100	174
Large tanker	186	174	177	176	172	169	166	100 & 125	177

Tabella 6.3: Emissioni Sonore per Attività di Rilievo Sismico – Sorgenti di Tipo Impulsivo (Estratto da Simmonds M. et al., 2004)

TRANSIENT NOISE SOURCES	SOURCE LEVELS, dB re 1 μ Pa-m							HIGHEST LEVEL	
	Broad-band	1/3 rd octave band centre frequencies [kHz]						1/3 rd octave band	
	(0.045-7.07 kHz)	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	Freq. [kHz]	Level [dB]
SEISMIC SURVEYS									
Airgun or Airgun array	216	210	209	199	184	191	178	50	210
Vibroseis on ice	210	203	198	194	188	177	168	125	204

Si riportano, inoltre, ulteriori valori di rumore antropogenico indicati nella pubblicazione dell'UNEP-CBD (Convention on Biological Diversity) "*Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats*" (UNEP-CBD, 2012).

Tabella 6.4: Emissioni Sonore da Sorgenti Antropogeniche di Rumore in Mare (UNEP-CBD, 2012)

Sound Source	Source Level (dB re 1 µPa-m)	Bandwidth (Hz)	Major amplitude (Hz)	Duration (ms)	Directionality
Ship shock trials (10000 lb explosive)	304	0.5 - 50	-	2,000	Omni
TNT	272 – 287 Peak	2 – 1,000	6 - 21	~ 1 - 10	Omni
Airgun array	260 – 262 Peak to Peak	10 – 100,000	10 - 120	30 - 60	Vertically focused
Military sonar mid-frequency	223 – 235 Peak	2,800 – 8,200	3,500	500 – 2,000	Horizontally focused
Pile driving	228 Peak/ 243 – 257 Peak to Peak	20 - >20,000	100 - 500	50	Omni
Military sonar low-frequency	235 Peak	100 - 500	-	600 – 1,000	Horizontally focused
Echosounders	235 Peak	Variable	Variable 1,500 – 36,000	5 - 10	Vertically focused
ADDs / AHDs	132 – 200 Peak	5,000 – 30,000	5,000 – 30,000	Variable 15 – 500	Omni
Large vessels	180 – 190 rms	6 - > 30,000	> 200	CW	Omni
Small boats and ships	160 – 180 rms	20 - > 1,000	> 1,000	CW	Omni
Dredging	168 – 186 rms	30 - > 20,000	100 - 500	CW	Omni
Drilling	145 – 190 rms	10 – 10,000	< 100	CW	Omni
Acoustic telemetry SIMRAD HTL 300	190	25,000 – 26,500	-	CW	90 x 360°
Wind turbine	142 rms	16 – 20,000	30 - 200	CW	Omni
Tidal and wave energy	165 – 175 rms	10 – 50,000	-	CW	Omni
Note: Omni: Omnidirectional CW: Continuous Wave ADD Acoustic Deterrent Device; AHD Acoustic Harassment Device: si tratta di sistemi impiegati per allontanare volontariamente (tramite azione di disturbo acustico) specie indesiderate					

6.2.3 Effetti del Rumore Antropogenico sui Mammiferi Marini

6.2.3.1 Considerazioni Generali

I mammiferi marini e in particolare i cetacei sono animali straordinariamente adattati alle proprietà fisiche del suono in mare. Essi, vivendo in un mezzo che trasmette poco la luce ma in cui il suono si propaga bene e velocemente, anche a grandi distanze, hanno sviluppato un'elevata capacità nel produrre emissioni sonore non solo per comunicare ma anche per investigare l'ambiente, individuare le prede ed evitare gli ostacoli.

Tuttavia, l'ambiente marino, caratterizzato da un rumore di fondo al quale i cetacei sono naturalmente abituati, può essere soggetto a modifiche delle proprie condizioni naturali a causa del rumore antropogenico, ossia dal rumore generato da attività antropiche svolte in mare o in prossimità delle aree costiere. Tali perturbazioni di natura antropica indotte nell'ambiente marino possono determinare una serie di effetti sui Cetacei.

In generale, un suono a basso livello che può essere udibile dagli animali può non produrre alcun effetto visibile, ma all'aumentare del livello, il suono può causare disturbo e indurre l'allontanamento o altre modifiche del comportamento del soggetto colpito. In più, se gli animali, per qualunque ragione, non possono evitare la fonte di rumore, possono essere esposti a condizioni acustiche tali da produrre effetti negativi che possono andare dal disagio e stress fino al danno acustico vero e proprio con perdita di sensibilità uditiva, temporanea o permanente (CIBRA, 2010).

A conferma di quanto detto, alcuni studi hanno evidenziato che, a seconda del sottordine di appartenenza (Misticeti o Odontoceti), i Cetacei utilizzano il suono in maniera differente per le diverse funzioni biologiche e reagiscono al rumore antropogenico con risposte comportamentali che variano in base all'intensità e alla frequenza dei suoni percepiti (Simmonds et al., 2004). Le funzioni per le quali i Cetacei utilizzano il suono, sono:

- ecolocalizzazione;
- navigazione;
- comunicazione;
- caccia;
- vocalizzazione.

In generale, maggiori sono le dimensioni dell'animale, minori sono le frequenze utilizzate. Ad esempio, i misticeti producono i segnali dominanti al di sotto di 1 kHz, mentre gli odontoceti di piccole dimensioni, come la Stenella ed il Delfino comune, utilizzano segnali anche superiori ai 80 kHz. Gli odontoceti di medie dimensioni, come il Tursiope, emettono suoni con frequenze comprese tra 40 ed 80 kHz (Roussel, 2002).

6.2.3.2 Effetti del Rumore Antropogenico sui Mammiferi Marini

Poiché la produzione del suono nei mammiferi marini è parte integrante dell'etologia delle specie, l'interferenza con queste funzioni comunicative è considerata particolarmente negativa.

Il rumore antropogenico, che può essere acuto e impulsivo (per esempio causato da un test sonar, un'esplorazione geofisica o un battipalo) oppure diffuso e continuo (ad esempio dovuto al traffico navale o alla somma di un grande numero di fonti in continuo movimento) può avere diversi tipi d'impatti sui cetacei (Roussel, 2002). Tali impatti possono essere:

- fisici:
 - non uditivi (danni al tessuto del corpo, danni dovuti alla creazione di bolle),
 - uditivi (grandi danni agli apparati uditivi, temporaneo o permanente spostamento della soglia di udibilità).

Il rapido cambiamento di pressione causato da un rumore intenso può causare un danno fisiologico. I danni possono classificarsi in letali e sub-letali. Gli effetti letali sono quelli che danno come risultato l'immediata morte o la seria debilitazione dell'animale. Gli effetti sub-letali si hanno quando l'intensità sonora eccede la tolleranza dell'orecchio e il danno uditivo causato può portare indirettamente alla morte dell'animale a causa dell'incapacità di cacciare, orientarsi ed evitare ostacoli.

Questo danno non dipende dalla durata dell'evento quanto dalla sua intensità.

Con riferimento all'udito, l'effetto fondamentale di un trauma acustico è la diminuzione della capacità uditiva che si manifesta come innalzamento della soglia di sensibilità, che corrisponde ad una perdita di sensibilità uditiva. Le perdite di capacità uditive sono

generalmente classificate come innalzamento temporaneo (TTS – Temporary threshold Shift) o permanente (PTS – Permanent Threshold Shift) del livello di soglia. Poiché l'intensità e la durata dell'esposizione possono agire sinergicamente per aumentare il danno all'udito, le esposizioni lunghe o ripetute a livelli che per brevi durate provocano TTS possono anche produrre una perdita uditiva permanente (PTS). Questo significa che sia il livello che la durata di esposizione possono condurre al danno acustico (CIBRA, 2010). L'esposizione al rumore può avere un effetto anche se al di sotto dei livelli che provocano perdita di sensibilità uditiva.

Le soglie uditive dei mysticeti non sono ancora state misurate direttamente, non potendo essere studiati in cattività a causa delle loro dimensioni. Comunque la soglia di risposta a bande limitate di suoni ha provveduto ad informazioni limitate circa le loro capacità.

Da alcune ricerche che sono state fatte sugli odontoceti, è risultato che la perdita di udito indotta dal rumore è possibile se gli individui vengono esposti a rumori che possono sentire bene. Comunque, i rumori necessari per produrre una perdita temporanea di sensibilità (TTS) sono relativamente alti;

- percettivi:
 - mascheramento nella comunicazione all'interno della specie,
 - mascheramento nella comunicazione tra le specie,
 - interferenza con la capacità di interpretare acusticamente l'ambiente.

Il mascheramento è l'incremento della soglia uditiva di un suono dovuto alla presenza di un altro suono. I mammiferi marini usano il suono per cacciare, per navigare e per altre importanti funzioni. Perciò il mascheramento o la distorsione di questi suoni biologicamente importanti può avere un grande impatto sull'efficienza di comunicazione e su alcune attività fisiologiche dei cetacei.

Il mascheramento può avvenire se gli animali sono esposti ad un costante rumore a banda larga come potrebbe essere quello di una nave.

Un rumore può causare mascheramento di un segnale di riferimento, se giace entro una banda critica vicina alla frequenza del segnale o è d'intensità superiore. La larghezza di banda critica cresce per le basse frequenze cosicché i segnali a bassa frequenza sono più efficacemente schermati che quelli ad alta frequenza. Tale fenomeno ha comunque un effetto temporaneo di durata pari a quella dell'evento che ha generato il fenomeno.

In alcuni cetacei è stato osservato un comportamento anti-mascheramento per esempio le balene grigie modificano i loro segnali per ottimizzare la trasmissione e la ricezione;

- comportamentali:
 - brusca interruzione del normale comportamento (comportamento sensibilmente diverso per un certo periodo di tempo),
 - modifica del comportamento (il comportamento rimane uguale ma meno efficiente),
 - cambiamento della zona (breve o lungo termine).

Il disturbo che possono causare stimoli esterni può portare a cambiamenti sia fisiologici che biologici (risposta comportamentale). Tale risposta non è sempre ben individuabile visto che non è ben chiaro, ad esempio, se all'avvicinamento di una nave ciò che infastidisce maggiormente l'animale sia il rumore provocato dalla nave o la sua presenza.

Paura e cambiamenti nel comportamento vocale sono stati osservati sia nei mysticeti che negli odontoceti a distanze dalla sorgente del suono anche di decine e centinaia di chilometri.

La risposta comportamentale della balena grigia è quella meglio studiata. Le risposte osservate sono state molto varie: aumento del tempo d'immersione, nessuna variazione di respirazione e una diminuzione della velocità di crociera in funzione della taglia della nave.

La risposta comportamentale della balenottera all'avvicinamento di una nave è stata: interruzione del nutrimento, aumento della velocità di crociera.

Anche le orche, all'avvicinarsi di una nave, aumentano la velocità e si dirigono in mare aperto.

Anche questo disturbo è legato alla durata dell'evento;

- cronici:
 - diminuzione della probabilità di sopravvivenza dell'individuo,
 - aumento della vulnerabilità alle malattie,
 - ipersensibilità agli stress,
 - abitudine al rumore (causa il non allontanamento dell'animale dalla fonte del rumore che continua così a danneggiarlo);
- effetti indiretti:
 - ridotta disponibilità di prede,
 - aumento della vulnerabilità alla cattura e ad altri rischi, come la collisione con equipaggiamenti per la pesca.

Nel seguito, si riporta una tabella sintetica delle tipologie di effetti sopra descritti (Jasny et al., 2005 in ISPRA, 2012b).

**Tabella 6.5: Potenziale Impatto del Rumore in Ambiente Marino
(Jasny et al., 2005 in ISPRA, 2012b)**

IMPATTO	TIPOLOGIA DI DANNO	
Fisiologico	Non Uditivo	Danni ai tessuti corporei (emorragie interne, rottura del tessuto polmonare) Embolia (e altri sintomi legati alla malattia da decompressione)
	Uditivo	Danni al sistema uditivo (rottura della finestra ovale o rotonda alla soglia dell'orecchio interno che può risultare letale; rottura del timpano) Effetti vestibolari (vertigini, disorientamento, perdita dell'equilibrio) Diminuzione permanente della capacità uditiva (PTS – innalzamento permanente del livello di soglia) Diminuzione temporanea della capacità uditiva (TTS – innalzamento temporaneo del livello di soglia)
	Legato allo stress	Vitalità compromessa degli individui Soppressione del sistema immunitario e maggiore vulnerabilità a malattie Diminuzione del tasso riproduttivo
Comportamentale	Spiaggiamento Interruzione di comportamenti abituali (alimentazione, riproduzione, etc.) Perdita di efficienza nell'accoppiamento (richiami meno efficienti) e nell'alimentazione (immersioni meno produttive) Antagonismo nei confronti di altri animali Allontanamento dall'area (a breve o lungo termine)	
Percettivo	Mascheramento dei segnali acustici necessari alla comunicazione con gli altri membri della stessa specie Mascheramento di altri suoni biologicamente importanti, come quelli emessi dai predatori Interferenza con la capacità di ecolocalizzazione	

IMPATTO	TIPOLOGIA DI DANNO
Cronico	Impatti cumulativi e sinergici Ipersensibilità al rumore Assuefazione al rumore (gli animali rimangono nelle vicinanze di livelli di suono dannosi)
Effetti Indiretti	Degradazione della qualità e della disponibilità di habitat Disponibilità ridotta di prede

6.2.3.3 Livelli Soglia di Esposizione

Southall et al. (2007) hanno pubblicato uno studio volto a valutare i livelli di esposizione al rumore al di sopra dei quali sono attesi effetti negativi sui vari gruppi di mammiferi marini. Nell'ambito dello studio sono state considerate le seguenti categorie di effetti:

- danni;
- disturbi comportamentali.

I livelli di soglia proposti sono stati ulteriormente classificati in base alle capacità funzionali di udito dei diversi gruppi di mammiferi marini e alle diverse categorie di suoni di origine antropica tipici delle attività offshore.

In particolare, per quanto concerne le categorie di suono di natura antropica, la ricerca ha identificato le seguenti tipologie:

- impulso singolo (esplosioni singole; boom sonici; impulsi singoli di *air gun*, *water gun*, *pile strike* o *sparker*; suono singolo di alcuni sonars ed ecoscandagli);
- impulso multiplo (esplosioni in serie; impulsi in serie sequenziali di *air gun*, *water gun*, *pile strikes* o *sparker*; alcuni tipi di sonar attivi; alcuni segnali emessi dagli ecoscandagli);
- non impulsivo (transiti di navi/elicotteri; perforazioni; varie operazioni industriali; determinati sistemi sonar; dissuasori acustici; sorgenti per la tomografia acustica; alcuni segnali emessi dagli ecoscandagli).

In merito alle capacità uditive funzionali dei mammiferi marini, invece, sono state definite le seguenti categorie:

- cetacei sensibili alle basse frequenze (misticeti);
- cetacei sensibili alle medie frequenze (odontoceti);
- cetacei sensibili alle alte frequenze (odontoceti);
- pinnipedi in acqua;
- pinnipedi in aria.

Con riferimento ai soli cetacei, nella tabella seguente sono riportati, per ciascuna categoria sopra citata, le bande uditive stimate e i generi rappresentati per ciascun gruppo. In tabella sono evidenziate le specie la cui presenza, sulla base dell'analisi condotta al Paragrafo 5.2.6.2, risulta più probabile nell'area d'intervento (Stenella, Capodoglio, Balenottera, Grampo, Tursiope e Delfino comune).

Tabella 6.6: Capacità Uditive Funzionali dei Cetacei (Southall et al., 2007)

Gruppo Uditivo Funzionale	Ampiezza di Banda Stimata	Generi rappresentati (Numero di specie/ sottospecie)
Cetacei sensibili alle basse frequenze (Mlf)	7 Hz - 22 kHz	<i>Balaena</i> , <i>Caperea</i> , <i>Eschrichtius</i> , <i>Megaptera</i> , <i>Balaenoptera</i> (13 specie/sottospecie)

Gruppo Uditivo Funzionale	Ampiezza di Banda Stimata	Generi rappresentati (Numero di specie/ sottospecie)
Cetacei sensibili alle medie frequenze (Mmf)	150 Hz - 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 specie/sottospecie)
Cetacei sensibili alle alte frequenze (Mhf)	200 Hz - 180 kHz	<i>Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 specie/sottospecie)

In base a quanto definito dagli studi condotti da Southall et al. (2007), il criterio minimo di esposizione per il danno è il livello per il quale si stima che una singola esposizione possa provocare una perdita uditiva permanente o Permanent Threshold Shift (PTS).

Nelle seguenti tabelle sono riportati i livelli di rumore che inducono reazioni comportamentali (Southall et al., 2007) ed i livelli di soglia proposti per categorie di cetacei esposti a eventi di rumore discreti (esposizione sia singole che multiple in un periodo di 24 h). Si precisa che tali valori sono stati oggetto di integrazione nell'ambito del rapporto tecnico redatto da ISPRA, nel Maggio 2012, intitolato "Valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani". Tale documento è stato elaborato in seguito ad una specifica richiesta della Commissione Tecnica di Valutazione Ambientale (CTVA) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) con lo scopo di costituire uno strumento di riferimento per la pianificazione, il modus operandi e la valutazione del rischio associato, in particolare, alle prospezioni geofisiche, con l'obiettivo di minimizzare l'impatto acustico causato da tali attività sull'ambiente marino.

I valori soglia indicati in Tabella 6.7 sono espressi come Livello di Pressione Sonora (SPL), intensità di pressione misurata al ricevitore (RL - Received Level) o Livello di Esposizione Sonora (SEL) e sono suddivisi per i diversi tipi di suono che originano le prime significative risposte comportamentali nei diversi gruppi di cetacei (Southall et al., 2007; ISPRA, 2012b).

Tabella 6.7: Valori Soglia per Cetacei – Tipologia di Rumore in Grado di Causare le Prime Risposte Significative (Southall et al., 2007; ISPRA, 2012b)

Valori soglia per Impulsi singoli (tipo battipali):
Sound exposure levels SEL: 183 dB re: 1 $\mu\text{Pa}^2\text{-s}$
Valori soglia per Impulsi multipli (tipo survey geosismici):
Cetacei bassa frequenza: 120 dB re: 1 μPa RL (RMS/pulse duration)
Cetacei media frequenza: 90-180 dB re: 1 μPa RL (RMS/pulse duration)
Cetacei alta frequenza: non applicabile
Valori soglia per rumori non impulsivi (tipo perforazione, navi etc):
Cetacei bassa frequenza: 100-110 dB re: 1 μPa RMS SPL
Cetacei media frequenza: 110-120 dB re: 1 μPa RMS SPL
Cetacei alta frequenza: 140-150 dB re: 1 μPa RMS SPL

Note: da ISPRA, 2012b (modificato da Southall et al. (2007) pagine 456-460)

In Tabella 6.8 si riportano i valori soglia elaborati per la perdita permanente (PTS) e temporanea (TTS) di sensibilità uditiva (Southall et al., 2007; ISPRA, 2012b) e sono evidenziati i valori di interesse.

Tabella 6.8: Valori Soglia per Cetacei – Tipologia di Rumore in Grado di Causare Perdita Permanente (PTS) e Temporanea (TTS) di Sensibilità Uditiva (Southall et al., 2007; ISPRA, 2012b)

		TIPOLOGIA DI SUONO		
		Impulso Singolo	Impulso Multiplo	Non Impulsivo
PTS	CETACEI SENSIBILI ALLE BASSE FREQUENZE			
	SPL	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
	SEL	198 dB re: 1 μ Pa ² -s	198 dB re: 1 μ Pa ² -s	215 dB re: 1 μ Pa ² -s
	CETACEI SENSIBILI ALLE MEDIE FREQUENZE			
	SPL	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
	SEL	198 dB re: 1 μ Pa ² -s	198 dB re: 1 μ Pa ² -s	215 dB re: 1 μ Pa ² -s
	CETACEI SENSIBILI ALLE ALTE FREQUENZE			
	SPL	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
	SEL	198 dB re: 1 μ Pa ² -s	198 dB re: 1 μ Pa ² -s	215 dB re: 1 μ Pa ² -s
TTS	CETACEI SENSIBILI ALLE BASSE FREQUENZE			
	SPL	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (Flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
	SEL	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	195 dB re: 1 μ Pa ² -s
	CETACEI SENSIBILI ALLE MEDIE FREQUENZE			
	SPL	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
	SEL	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	195 dB re: 1 μ Pa ² -s
	CETACEI SENSIBILI ALLE ALTE FREQUENZE			
	SPL	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
	SEL	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	195 dB re: 1 μ Pa ² -s

Note: In corsivo i valori proposti da ISPRA (2012) ad integrazione dei valori di Southall et al. (2007) con il chiarimento "dato variabile in funzione della categoria di cetacei, della tipologia di sorgente e della risposta comportamentale degli individui osservati".

Come si può vedere in tabella, per quanto concerne i cetacei sensibili alle basse e medie frequenze (quali Balenottera comune, Tursiope, Stenella, Grampo, Delfino comune e Capodoglio che, come evidenziato nel precedente Paragrafo 5.2.6, sono le specie maggiormente presenti nell'area di interesse) e considerando una tipologia di suono ad impulso multiplo associata ad un'attività di survey geosismico quale quella in esame, sono previsti i seguenti livelli di danno permanente all'udito:

- Livello di Pressione Sonora: 230 dB re: 1 μ Pa;
- Livello di Esposizione Sonora: 198 dB re: 1 μ Pa²-s.

Per quanto concerne il danno temporaneo all'udito, sono previsti i seguenti livelli:

- Livello di Pressione Sonora: 224 dB re: 1 μ Pa;
- Livello di Esposizione Sonora: 183 dB re: 1 μ Pa²-s.

Al rumore di tipo continuo generato dai mezzi navali previsti per l'esecuzione delle indagini sono invece associati i seguenti livelli di danno permanente all'udito:

- Livello di Pressione Sonora: 230 dB re: 1 μ Pa;
- Livello di Esposizione Sonora: 215 dB re: 1 μ Pa²-s.

Per quanto concerne il danno temporaneo all'udito, sono infine previsti i seguenti livelli:

- Livello di Pressione Sonora: 224 dB re: 1 μ Pa;
- Livello di Esposizione Sonora: 195 dB re: 1 μ Pa²-s.

Si evidenzia tuttavia che, come già descritto in precedenza, le reazioni all'esposizione acustica a livello comportamentale sono generalmente più variabili, dipendenti dal contesto e meno prevedibili rispetto agli effetti sull'udito o sulla fisiologia. Questo perché la stessa sorgente acustica può avere effetti diversi a seconda del contesto e delle variabili ambientali,

delle caratteristiche fisiologiche, sensoriali e psicologiche degli organismi esposti. Si evidenzia che le variabili possono differire molto fra gli individui di una specie e anche negli individui stessi in relazione a vari fattori (es. sesso, età, precedente storia di esposizione, stagione e attività). Tuttavia, in determinate condizioni, sembra vi sia qualche relazione tra il Livello Ricevuto (RL - Received Level), ossia il livello misurato al ricevitore (cetaceo), e la risposta comportamentale.

Con riferimento al suono di tipo multiplo e non impulsivo, la gravità della risposta comportamentale all'esposizione è stata classificata come segue:

- 0-3: in caso di risposta minore e/o breve;
- 4-6: nel caso in cui la potenziale incidenza sui meccanismi di predazione, riproduzione o sopravvivenza sia maggiore;
- 7-9: nel caso in cui ci sia un'influenza sulle funzioni vitali.

Con particolare riferimento ai cetacei sensibili alle basse ed alle medie frequenze ed alla tipologia di suono ad impulso multiplo, si evidenzia che le osservazioni effettuate (in sito ed in laboratorio) non portano ad una conclusione definitiva riguardo alla relazione tra Livello Ricevuto (RL) e risposta comportamentale.

Nei cetacei sensibili alle basse frequenze, soggetti a suoni a impulso multiplo, disturbi comportamentali possono verificarsi in alcune specie (balene della Groenlandia) per valori di RL pari a 120 dB re: 1 μ Pa, e in altre per valori di RL intorno ai 160 dB re: 1 μ Pa.

Allo stesso modo, in alcuni casi, impulsi multipli a livelli di esposizione relativamente bassi (80-90 dB re: 1 μ Pa) hanno portato a silenziare temporaneamente il comportamento vocale di una specie sensibile alle medie frequenze (Capodoglio). In altri casi, con stimoli leggermente differenti con livelli di esposizione tra i 120 ed i 180 dB re: 1 μ Pa non sono state suscitate risposte osservabili su una percentuale significativa di individui, sia di campo, sia di laboratorio. Le ragioni probabili di questa variabilità di risposta sono da ricercare nei diversi contesti e nelle differenze che esistono tra le specie.

Per quanto concerne in particolare le attività di indagine sismica, gli studi citati evidenziano:

- per quanto riguarda i cetacei sensibili alle basse frequenze, per livelli di esposizione compresi tra 140-180 dB (SPL) risposte comportamentali variabili associate a punteggi che vanno da 0 a 6;
- per quanto riguarda i cetacei sensibili alle medie frequenze, per livelli di esposizione compresi tra 100 e 150 dB (SPL) risposte comportamentali variabili, associate a punteggi di 0 e di 6.

6.2.4 Effetti del Rumore Antropogenico su altri Organismi Marini

Nel presente paragrafo vengono forniti alcuni elementi relativi ai possibili impatti dei rumori sottomarini su altre specie marine. In particolare, si è fatto riferimento alle indagini richiamate nel documento “*Scientific Synthesis on the Impact of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and habitats*”, Convenzione sulla Diversità Biologica, UNEP-CBD (2012).

Altri organismi marini sensibili ai rumori sottomarini sono costituiti da:

- rettili marini;
- pesci;
- invertebrati marini.

Le tartarughe marine, in particolare, sono sensibili ai suoni a bassa frequenza nel range 100-1,000 Hz (massima sensibilità tra 200 e 400 Hz). Nel caso di questi organismi gli studi disponibili riguardano l'esposizione a sorgenti di tipo *air gun* nel breve periodo. La maggior parte di tali studi ha mostrato una forte risposta iniziale di tipo allontanamento dall'area (*avoidance*) per livelli maggiori o uguali a 175 dB RMS re 1 μ Pa, mentre esemplari in ambienti confinati hanno mostrato minore risposta alle successive sollecitazioni che potrebbe essere causata da una riduzione della sensibilità (TTS).

L'esposizione nel lungo periodo ad alti livelli di rumore antropogenico a basse frequenze in aree costiere che ne costituiscono l'habitat potrebbe avere effetti sul comportamento e l'ecologia di questi animali.

Per livelli di rumore più bassi, le tartarughe che rimangono in aree interessate da interventi potrebbero mostrare comportamenti anomali che ne riducono la capacità di alimentazione. In ogni caso non si registrano studi sugli effetti a lungo termine di tali comportamenti anomali (UNEP-CBD, 2012).

Anche le ricerche sugli effetti sulla fauna ittica, in particolare allo stato naturale, non risultano affatto sviluppate se confrontate a quelle sui mammiferi marini. In generale i pesci marini sono sensibili allo stesso range di rumore che causano effetti sui cetacei, sebbene i meccanismi di percezione del rumore siano sostanzialmente diversi. L'impatto di suoni di elevata intensità in brevi periodi è stato studiato in termini di traumi fisici risultanti e modifiche comportamentali. Nel caso dei pesci, inoltre, è importante considerare gli effetti del rumore sulle uova e sulle larve.

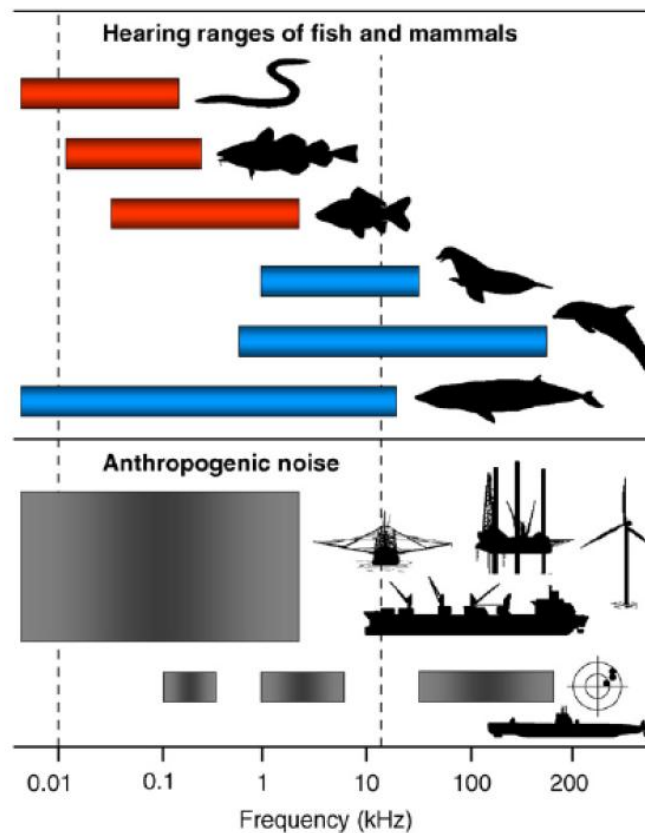


Figura 6.2: Frequenze del Rumore Antropogenico e Sensibilità di Pesci e Mammiferi (UNEP-CBD, 2012, da Slakkeborn, 2010)

Nel complesso, le risposte alle sollecitazioni causate da rumore sottomarino nei pesci possono consistere in (UNEP-CBD, 2012):

- danni ed effetti fisici;
- disturbi comportamentali;
- mascheramento.

I disturbi di tipo fisico possono essere legati alla diminuzione della sensibilità acustica (orecchio interno e linea laterale), ai danni alla vescica natatoria e a embolie per effetto dell'esposizione a rumori di elevata intensità. Disturbi temporanei all'udito sono stati rilevati ad esempio a seguito dell'esposizione prolungata a rumori registrati di traghetti o piccole imbarcazioni; la perdita in sensibilità sembra correlata all'intensità dei rumori in relazione alla soglia di sensibilità a tale frequenza. A frequenze cui i pesci presentano maggiore sensibilità risulta maggiore il disturbo causato da rumori costanti di tipo bianco, su banda larga.

Nel caso di esposizione a *air gun* si registrano danni acustici di tipo permanente. In particolare, uno studio di campo in cui sono stati usati pesci in gabbia esposti ad *air gun*, ha mostrato come alcune cellule ciliate sensoriali dell'orecchio interno siano state gravemente danneggiate e non abbiano mostrato segni di recupero dopo 58 giorni.

Il danno alle cellule ciliate registrato in questi studi rappresenta tuttavia solo una manifestazione visiva di ciò che potrebbe essere stato un effetto molto maggiore.

Il danno all'organo della linea laterale nei pesci si è manifestato anche in casi in cui gli individui si trovavano in prossimità di una sorgente sonora intensa: ciò ha portato al disaccoppiamento delle cupole dai neuromasti.

Alcuni studi sulle uova e sulle larve di pesci marini hanno riscontrato una riduzione nella vitalità delle uova, un aumento della mortalità embrionale o una diminuzione nella crescita larvale quando esposti a livelli sonori di 120 dB re 1 μ Pa. Anche le larve di rombo hanno subito danni alle cellule cerebrali ed ai neuromasti della linea laterale. Si pensa che i neuromasti abbiano un ruolo rilevante nelle reazioni di fuga in molte specie di larve e quindi nell'evitare i predatori. Lesioni ed aumento della mortalità sono stati rilevati per esposizione ad *air gun* a distanza inferiore a 5 m dalla sorgente. Le lesioni più frequenti e gravi si verificano entro 1.5 m ed i pesci, nelle loro fasi giovanili, sono maggiormente vulnerabili. I giovani e gli avannotti hanno meno resistenza inerziale al moto di passaggio di un'onda sonora, e quindi sono potenzialmente più a rischio di danni ai tessuti non uditivi rispetto ai pesci adulti.

Nel caso dei disturbi comportamentali occorre evidenziare che le risposte dei pesci marini possono risultare estremamente varie, fino a non comportare impatto sull'effettivo comportamento di individui o popolazioni. In alcune specie è stato osservato allontanamento in caso di esposizione ad indagini sismiche, fino a 25 miglia nautiche dalla sorgente (massima distanza esaminata). In altre è stato osservato un cambiamento nella profondità di nuoto e del comportamento di aggregazione. Altre ancora invece (pesci di barriera in ambiente temperato), hanno mostrato di rimanere nelle vicinanze del loro territorio, con solo lievi risposte comportamentali osservate.

Infine, l'esposizione a rumori può causare interferenza con le comunicazioni di tipo acustico, impiegate da alcune specie di pesci, o con la percezione di prede e predatori nell'ambito marino.

Per gli altri invertebrati marini i pochi studi disponibili riguardo l'impiego di *air gun* non permettono di trarre conclusioni chiare.

Elevati livelli di rumore di fondo tendono ad alterare l'ambiente acustico degli invertebrati marini. Rumore antropogenico a basse frequenze può mascherare la comunicazione dei crostacei, ad esempio. Il mascheramento di importanti segnali acustici usati dagli invertebrati durante l'orientamento larvale e l'insediamento può, altresì, essere un fattore in aree costiere e può portare a comportamenti disadattativi che riducono il successo di reclutamento. Cambiamenti fisiologici più sottili possono presentarsi in ambienti rumorosi (maggiore stress): il gambero grigio ad esempio, esposto a rumore di fondo crescente per circa 3 mesi, ha mostrato una riduzione significativa della crescita e del tasso riproduttivo. I gamberi si sono dimostrati anche più aggressivi con una maggiore mortalità e riduzione nel nutrimento. Tali sintomi, nei vertebrati, sono invece spesso associati allo stress.

6.3 ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto descritto e caratterizzato, si riassumono gli elementi sensibili della componente e si individuano i recettori potenzialmente impattati dalle attività in progetto.

In generale, per la componente in esame, gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sono costituiti da:

- presenza di mammiferi marini e rettili marini (presenza di aree di riproduzione, nutrizione, rotte migratorie, etc.);
- aree di deposizione e *nursery* per le risorse ittiche demersali e pelagiche.

Nella seguente tabella è riportata, in sintesi, il grado di interferenza delle attività a progetto con gli elementi di sensibilità relativi alla componente e la localizzazione dei potenziali recettori individuati rispetto all'area di intervento.

Tabella 6.9: Rumore – Elementi di Sensibilità e Potenziali Recettori

Descrizione	Relazione con gli Interventi a Progetto	
	Potenziale Interazione Diretta	Distanza minima
Habitat potenzialmente idoneo alla presenza di cetacei	X	
Habitat potenzialmente idoneo alla presenza estivo-autunnale della Tartaruga <i>Caretta caretta</i>	X	
Persistenza di nursery del nasello		Circa 46 km

6.4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE

6.4.1 Impatto del Rumore Antropogenico sui Cetacei (Sorgenti di Tipo Impulsivo)

Come già descritto nel Quadro di Riferimento Progettuale le caratteristiche di rumorosità stimate per le sorgenti di energizzazione previste nel corso delle operazioni in progetto sono riassunte nella seguente tabella:

Tabella 6.10: Caratteristiche di Rumorosità delle Sorgenti di Energizzazione

	INDAGINE 2D	INDAGINE 3D
Tipologia Nave Sismica	Akademik Shatskiy	Polarcus Naila
No. Air-Gun	36	36
Volume totale	4,140 in ³ (70 l)	4,700 in ³ (75 l)
Pressione operativa	2,000 psi	2,000 psi
Profondità operativa	6-8 m	6-12 m
Livello di Pressione Sonora (peak to peak)	~259 dB re: 1 µPa @ 1 m	~263 dB re: 1 µPa @ 1 m
Livello di Pressione Sonora (0 to peak)	253 dB re: 1 µPa @ 1 m	~257 dB re: 1 µPa @ 1 m

	INDAGINE 2D	INDAGINE 3D
Livello di Pressione Sonora (rms)	230 dB re: 1 μ Pa @ 1 m	-

Dal confronto tra i valori di emissione sopra riportati ed i valori di soglia (RL) proposti da Southall et al. (2007) e ISPRA (2012), riportati in Tabella 6.7, si possono ipotizzare fenomeni di risposta comportamentale da parte di eventuali cetacei in funzione della loro distanza dalla sorgente, con particolare riferimento al caso di sorgente ad impulso multiplo:

- per i cetacei sensibili alle basse frequenze (Balenottera comune), tale valore è pari a 120 dB re: 1 μ Pa;
- per i cetacei sensibili alle medie frequenze (Stenella, Capodoglio, Grampo, Delfino comune e Tursiope), tale valore è pari a massimo 180 dB re: 1 μ Pa.

Inoltre, sulla base dei valori di letteratura riportati in Tabella 6.8, si potrebbero manifestare danni uditivi (temporanei-TTS o permanenti-PTS) in caso di valori di SPL superiori al valore soglia di 224 dB re 1 μ Pa per quanto concerne il TTS e 230 dB re 1 μ Pa per il PTS.

Si evidenzia comunque che, a seconda delle caratteristiche della sorgente sonora che sarà utilizzata (frequenza, intensità e direzionalità), della configurazione degli *air gun* impiegati, delle caratteristiche del fondale (il quale influisce sulla riflessione, dispersione e rifrazione del suono), della profondità (i.e. la propagazione del suono a profondità superiori ai 1.000 m è dominata dalla rifrazione nella colonna d'acqua) e delle caratteristiche fisiche dell'acqua nel periodo interessato dalle attività (la stratificazione della colonna d'acqua in considerazione delle variazioni di temperatura, salinità, etc., può influenzare la velocità di propagazione del suono), tramite idoneo modello matematico verrà valutata la distanza alla quale si possono raggiungere livelli sonori tali da generare le prime risposte comportamentali (120 dB re: 1 μ Pa per la Balenottera e 90-180 dB re: 1 μ Pa per i cetacei sensibili alle medie frequenze) da parte di eventuali cetacei transistanti nell'area. Sulla base di tale valutazione sarà definita una "Exclusion Zone", ossia un'area di sicurezza intorno alla sorgente emissiva, sottoposta a continuo monitoraggio dove prevedere l'immediata riduzione dell'intensità della sorgente o la cessazione delle attività in caso di avvistamento di mammiferi marini.

Bisogna tuttavia considerare che le attività in progetto avranno una durata limitata (circa 80 giorni di energizzazione complessiva durante le indagini 2D, con interruzioni e rientro in porto ogni 35 giorni circa e 120 giorni circa di energizzazione durante le indagini 3D) e saranno svolte in periodi temporali differenti (le indagini 3D saranno eseguite circa 2 anni dopo le indagini 2D).

In virtù di quanto sopra e delle ulteriori misure di mitigazione che saranno adottate nel corso delle attività a progetto (si veda il successivo Paragrafo 6.4.4) l'impatto può essere considerato di **media entità, temporaneo e reversibile**, anche nel caso in cui, come ipotizzato conservativamente al Paragrafo 3.4.1.2, le indagini 3D si dovessero concentrare nelle aree più prossime al Santuario dei Mammiferi Marini, poste ad una distanza minima di 15 miglia nautiche dal confine (si veda la precedente **Error! Reference source not found.**).

6.4.2 Impatto del Rumore Antropogenico sui Cetacei (Sorgenti di Tipo Continuo)

Le attività previste dal progetto determineranno emissioni di rumore sottomarino generate dai propulsori dei mezzi navali di previsto impiego (Nave Sismica e mezzi di supporto). In tal caso, il rumore sarà di tipo continuo e non impulsivo come per gli *air gun*.

Per il livello di emissione della sorgente, nel caso delle tipologie di imbarcazione di previsto impiego, possono essere assunti i valori caratteristici riportati in Tabella 6.2 e in

Tabella 6.4 (Simmonds et Al, 2004; UNEP-CBD, 2012), che non raggiungono i 190 dB re 1 μ Pa@1m. Tali valori risultano inferiori alle soglie di danno (TTS e PTS) per sorgenti non impulsive proposti da Southall et al. (2007) e riportati in Tabella 6.8, mentre potrebbero aversi risposte di tipo comportamentale. Nel complesso, in considerazione del limitato impiego di mezzi navali e della durata delle attività (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 giorni per l'indagine 3D, intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni), l'impatto di tale fonte di rumore può ritenersi di **lieve entità, temporaneo e reversibile**.

6.4.3 Impatto del Rumore Antropogenico sui Rettili Marini e sulle Risorse Demersali e Alieutiche

Gli effetti del rumore connessi alle attività maggiormente impattanti (utilizzo *air gun*) in mare aperto possono essere considerati come meno rilevanti rispetto a situazioni di confinamento (baie, estuari) in cui gli esemplari sono impossibilitati alla fuga. In mare aperto è di fatto prevedibile, in primo luogo, un fenomeno di allontanamento da parte dei rettili marini e delle risorse demersali e alieutiche eventualmente presenti già a partire dal rumore prodotto dai mezzi di supporto che raggiungeranno l'area di intervento e vi stazioneranno.

In particolare, occorre evidenziare che per quanto riguarda i rettili marini, i tratti costieri della Sardegna antistanti all'area di interesse, distanti non meno di 45 km, non risultano siti abituali di deposizione di uova, e che le attività previste si svolgeranno al di fuori del periodo estivo, periodo di riproduzione della *Caretta caretta* e di migrazione verso Sud, proprio lungo le coste occidentali della Sardegna.

In considerazione di quanto sopra, della distanza dalle aree *nursery* (circa 46 km dall'area di persistenza di nursery del nasello) e delle misure di mitigazione riportate nel successivo Paragrafo 6.4.4 (in particolare *soft-start* per garantire la possibilità di allontanamento delle specie dalle aree di indagine), l'impatto sulla componente è ritenuto di **lieve entità, temporaneo e reversibile**.

6.4.4 Misure di Mitigazione

Al fine di tutelare la fauna marina verranno adottate nell'ambito del presente progetto le misure di prevenzione e mitigazione introdotte dalle Linee Guida redatte da ISPRA, ACCOBAMS e JNCC e descritte nel Capitolo 9 del Quadro di Riferimento Progettuale dello SIA.

Nel seguito sono elencate le principali misure:

- presenza a bordo di MMO (Marine Mammals Observers);
- adozione della tecnica del *soft start*;
- definizione di una "Zona di Esclusione";
- interruzione dell'energizzazione ad ogni fine linea di acquisizione;
- azioni specifiche in caso di avvistamento e/o presenza di cetacei all'interno della zona di ricerca;
- minimizzazione della propagazione delle onde acustiche;
- esecuzione delle operazioni di prospezione al di fuori dei periodi di riproduzione dei cetacei, nonché di altre specie marine (rettili marini e specie demersali e pelagiche).

Al termine del programma di ricerca sarà infine compilato un report, che sarà trasmesso al MATTM e all'ISPRA, nel quale saranno riportati:

- data e localizzazione del *survey*;
- tipologia e specifiche degli *air gun*;
- numero e tipo di imbarcazioni impiegate;
- registrazione di utilizzo dell'*air gun*, inclusi il numero di *soft start*.

Relativamente alle osservazioni dei mammiferi avvenute prima e durante la prospezione, saranno indicati:

- modalità di avvistamento;
- specie e numero di individui;
- coordinate e ora;
- condizioni meteo climatiche;
- considerazioni degli osservatori a bordo.

7 ASPETTI SOCIO-ECONOMICI

L'analisi preliminare delle possibili interazioni tra le diverse fasi di progetto e la componente in esame ha determinato l'individuazione degli aspetti progettuali (fattori causali di impatto) in grado di incidere in maniera significativa sulla componente esaminata.

La caratterizzazione della componente ha permesso di studiare lo stato attuale e di individuare gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sulla base dei quali è stata effettuata la valutazione degli impatti generati dal progetto e sono state individuate, ove ritenuto opportuno, le rispettive misure di mitigazione.

Il presente capitolo è strutturato come segue:

- il Paragrafo 7.1 riassume le interazioni tra le singole fasi del progetto e la componente Aspetti Socio-Economici;
- il Paragrafo 7.2 riporta, a livello generale e di dettaglio per l'area di interesse, la descrizione dello stato attuale della componente, con particolare riferimento a:
 - pesca,
 - attività portuali e traffici marittimi;
- il Paragrafo 7.3 descrive gli elementi di sensibilità della componente;
- il Paragrafo 7.4 riporta la stima degli impatti e sono individuate le eventuali misure di mitigazione.

7.1 INTERAZIONI TRA IL PROGETTO E LA COMPONENTE

Le interazioni tra il progetto e la componente Aspetti Socio-Economici possono essere ricondotte principalmente a:

- limitazioni d'uso dello specchio acqueo;
- interferenze con le attività di pesca;
- incremento del traffico marittimo e delle attività portuali;
- richiesta di manodopera.

Sulla base dei dati progettuali e delle interazioni del progetto con l'ambiente riportate nel Quadro di Riferimento Progettuale del presente SIA, la valutazione qualitativa della significatività degli aspetti progettuali in grado di determinare un impatto sulla componente in esame (fattori causali di impatto) viene riassunta nella seguente tabella.

Tabella 7.1: Aspetti Socio-Economici – Incidenza Potenziale dei Fattori Causali di Impatto sulla Componente

Fattori Causali di Impatto	Non Significativa	Oggetto di Valutazione
	Potenziale Incidenza	
ARRIVO IN SITO / ABBANDONO AREA INDAGATA		
Occupazione di specchio acqueo		X
Incremento traffico mezzi navali/attività portuali		X
Impiego di risorse (manodopera)	X	
STENDIMENTO / RECUPERO APPARECCHIATURE		
Occupazione di specchio acqueo		X
Incremento traffico mezzi navali/attività portuali		X
Impiego di risorse (manodopera)	X	

Fattori Causali di Impatto	Non Significativa	Oggetto di Valutazione
	Potenziale Incidenza	
ESECUZIONE RILIEVO GEOFISICO		
Occupazione di specchio acqueo		X
Incremento traffico mezzi navali/attività portuali		X
Impiego di risorse (manodopera)	X	

Si è ritenuto di escludere da ulteriori valutazioni le azioni di progetto per le quali la potenziale incidenza sulla componente è stata ritenuta, fin dalla fase di valutazione preliminare, non significativa.

In particolare si è ritenuto di escludere dalle successive valutazioni l'aspetto legato alla richiesta di manodopera per lo svolgimento delle attività a progetto, per le quali sono previste:

- circa 42 unità nel corso dell'indagine 2D;
- circa 64 unità nel corso dell'indagine 3D;

data l'entità esigua della richiesta e la durata delle attività (circa 80 giorni per l'indagine 2D e circa 120 giorni per l'indagine 3D).

Nei paragrafi successivi si riporta la caratterizzazione della componente (Paragrafo 7.2), evidenziandone gli eventuali elementi di sensibilità e identificando i recettori potenzialmente impattati dalle attività a progetto (Paragrafo 7.3). La valutazione degli impatti ambientali, unitamente alle misure mitigative che si prevede di adottare, è riportata al Paragrafo 7.4.

7.2 DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE

7.2.1 Pesca

7.2.1.1 Inquadramento Generale

In molte aree costiere del Mediterraneo, incluse le lagune costiere e gli estuari, la pesca costituisce il più vasto utilizzo delle risorse.

Nelle acque costiere l'abbondanza di risorse biologiche sfruttate (pesci, crotacei, etc.) subisce importanti fluttuazioni con la profondità. Ma la piattaforma continentale, a causa della sua elevata produttività, rimane tra gli habitat preferiti dalle specie di interesse commerciale. La pesca in Mediterraneo è fondamentalmente costiera e la produzione alieutica è compresa tra 1,500,000 e 1,700,000 t/anno, l'85% dei quali è prodotto tra Italia, Turchia, Grecia, Spagna, Tunisia e Algeria (UNEP/MAP – BP/RAC, 2009).

Le principale specie sfruttate in tali aree sono:

- piccoli pelagici:
 - sardina (*Sardina pilchardus*),
 - acciuga (*Engraulis encrasicolus*);
- demersali:
 - nasello (*Merluccius merluccius*),
 - triglia (*Mullus spp.*),
 - merlango (*Micromesistius poutasou*),
 - rana pescatrice (*Lophius spp.*),

- pagello (*Pagellus spp.*),
- polpo (*Octopus spp.*),
- calamaro (*Loligo spp.*),
- gambero viola (*Aristeus antennatus*);
- grandi pelagici:
 - tonno rosso (*Thunnus thynnus*),
 - pesce spada (*Xiphias gladius*).

Queste specie rappresentano circa il 70-80% del totale degli sbarchi del Mediterraneo. Tuttavia vi sono anche altre specie di invertebrati che vengono sfruttate quali il corallo rosso (*Corallium rubrum*), diverse specie di spugna (*Spongia spp.*, *Hypospongia spp.*), letti naturali di bivalvi (*Lithophaga lithophaga*, *Acanthocardia spp.*, *Callista chione*, etc.).

La pesca sfrutta inoltre i mari profondi e in sostanza i crostacei decapodi sono il principale bersaglio. Tra questi in particolare si evidenziano il gambero rosa (*Parapenaeus longirostris*) e lo scampo (*Nephrops norvegicus*), ai quali sono associate altre specie come il nasello, il merlango, il grongo (*Conger conger*), la musdea bianca (*Phycis blennoides*) e, in misura inferiore, *Lophius spp.* ed il totano (*Todarodes sagittatus*). La pesca più profonda (scendendo fino a circa 400-800 m) ha come bersaglio il gambero rosso (*Aristaeomorpha foliacea*) ed il gambero viola (*Aristeus antennatus*) (IUCN-WWF, 2004). Anche nelle aree di mare profondo appaiono i segni del sovrasfruttamento della risorsa, con evidenze nello stock dei gamberi. Il gambero rosso ha avuto una forte riduzione nelle catture in numerose regioni (Golfo del Leone: Campillo, 1994; Mare Catalano: Bas et al., 2003; Mar Tirreno: Fiorentino et al., 1998) e si pensa sia sovrasfruttato nei mari italiani (Matarrese et al., 1997; D'Onghia et al., 1998).

Le specie bersaglio della pesca offshore sono in genere quelle i cui stock stanno tra il mare aperto e le aree costiere. Queste sono pesci ossei, elasmobranchi, crostacei, cefalopodi e grandi migratori pelagici quali tonni e pesci spada (PNR-UNEP/MAP – SPA/RAC, 2003). Nelle aree pelagiche mediterranee di alto mare, le popolazioni di grandi squali (ad esempio *Mustelus mustelus*, *Schylliorhinus stellaris* e *Squalus blainvillei*) si sono rapidamente ridotte. Queste specie sono minacciate di estinzione a causa della pesca eccessiva, il degrado degli habitat ed il lento rinnovo della popolazione.

La pesca demersale praticata in alto mare in Mediterraneo può essere sintetizzata come segue: pesca a strascico, palamito e reti. La pesca in alto mare viene generalmente effettuata sulla piattaforma continentale e su alcune scarpate, fino a profondità superiori agli 800 m circa. La pesca a strascico è una pratica molto dannosa che è stata vietata nel 2005 in Mediterraneo ai fondali con profondità superiori ai 1,000 m, in modo da proteggere la fauna profonda vulnerabile (ad esempio facies di coralligeno, l'echinoderma crinoideo *Leptometra phalangium*, gli cnidari *Funiculina quadrangularis* e *Isidella elongata*).

I principali metodi usati per la pesca dei grandi pelagici sono la sciabica ed i palangari pelagici. Le flotte pescherecce che usano i palangari pelagici sono costituite sia da imbarcazioni locali, appartenenti agli Stati costieri, sia da grosse imbarcazioni commerciali straniere; queste ultime hanno una grande mobilità e sono in grado di coprire l'intero bacino del Mediterraneo. Le reti da posta derivanti sono state vietate nel 2005 in Mediterraneo, ma nonostante ciò, vengono ancora adoperate.

7.2.1.2 Area di Interesse

Il settore peschereccio della Sardegna, secondo il Piano di Gestione della pesca a strascico della GSA11 (Sardegna), è connotato da una marcata artigianalità nonché da un'accentuata polivalenza. La piccola pesca rappresenta il segmento più rilevante sia da un punto di vista numerico che sociale, occupazionale ed economico. Tuttavia lo strascico ricopre un ruolo tutt'altro che secondario nel panorama regionale in quanto, oltre a rappresentare la maggiore percentuale in stazza di tutta la flotta isolana, detiene anche una quota molto consistente delle catture regionali. Nel 2009, la produzione realizzata dallo strascico è ammontata a poco più di 3 mila tonnellate equivalenti ad un valore di 20 milioni di euro, per un'incidenza pari a circa il 40% delle catture totali dell'area ed al 33% dei ricavi. La composizione degli sbarchi si caratterizza per l'elevata presenza di pesci (65%), seguiti dai molluschi (26%) e dai crostacei (9%).

L'elevata dimensione degli strascicanti sardi è diretta conseguenza della necessità di allontanarsi dall'area di costa per raggiungere aree più pescose con caratteristiche geomorfologiche più adatte alla pesca con reti a strascico. D'altra parte è necessario anche considerare che la presenza di numerose aree protette, quali parchi marini ed aree sottoposte a servitù militari, limita le zone disponibili per l'attività peschereccia, spingendo i battelli a strascico a spostarsi anche a notevole distanza dal porto base. I battelli più grandi sono soliti spostarsi verso Sud, per la pesca dei gamberi rossi.

Nonostante la buona presenza di pescherecci d'altura con $GT > 50$ (circa 1/3 degli strascicanti) all'interno del sistema strascico isolano è da menzionare l'esistenza di numerose imbarcazioni di piccole dimensioni ($GT < 15$) che praticano abitualmente la pesca sottocosta.

Ad ogni modo per quanto riguarda l'area di interesse, come detto in precedenza, in accordo con quanto indicato dalla Commissione Generale per la Pesca del Mediterraneo (Raccomandazione GFCM/29/2005/1 relativa alla gestione di talune attività di cattura di specie demersali e di acque profonde), oltre i 1,000 m di profondità è vietata la pesca a strascico.

7.2.2 **Attività Portuali e Traffici Marittimi**

7.2.2.1 Attività Portuali

Sul tratto di costa prospiciente l'area d'intervento e che interessa la Regione Sardegna (Province di Sassari e Oristano) sono presenti i seguenti principali porti di importanza commerciale (Sito web: www.trail.unioncamere.it):

- **Porto Torres:** è il secondo scalo della Sardegna per numero di passeggeri e primo per quantità di merce movimentata. Il porto è inserito nella Categoria II, Classe I, come porto "di rilevanza economica internazionale". Data la sua posizione strategica, lo scalo rappresenta la naturale porta di ingresso della Sardegna per i passeggeri e le merci provenienti dal Nord Italia e dall'Europa meridionale. I principali collegamenti internazionali, merci e passeggeri, sono connessi agli scali francesi di Marsiglia e di Propriano ed Ajaccio (Corsica) ed allo scalo di Barcellona. A livello nazionale, Porto Torres è collegato ai porti di Genova e Civitavecchia. Il porto è suddiviso in due parti distinte:
 - il porto civico insiste in parte sull'antico porto medievale e presenta diversi accosti per navi ro/ro e navi da crociera. Nel 2012 è stata registrata una movimentazione di 1,735 navi e di 752,849 passeggeri, con una differenza negativa di oltre il 12% rispetto al 2011 (<http://www.olbiagolfoaranci.it/>). Nella darsena della Capitaneria si trova inoltre il porto turistico con circa 400 posti barca (in corso di ampliamento),

- il porto industriale, situato fuori dal centro abitato, può ospitare, da un lato traghetti e navi merci cariche di container e rinfuse (sabbia e minerali) e dall'altro petroliere, gasiere, chimichiere e carboniere. Nel 2012 è stato registrato un movimento di 360 navi merci, in calo rispetto al 2011 (591);
- **Oristano:** è situato in posizione baricentrica nel Mediterraneo, lungo la rotta Suez-Gibilterra, una locazione strategica per i traffici marittimi internazionali. Gli alti fondali permettono l'attracco di navi di grande stazza. Le principali tipologie di merci movimentate nel porto sono cereali, semola, mangimi, concimi, carbone, fibre acriliche, prodotti chimici, Klinker, cemento, bentonite, argilla espansa, ferro e zolfo. Il porto industriale di Oristano rappresenta uno dei punti di forza del territorio. Ufficialmente classificato come "Porto di rilevanza economica nazionale", è inserito nella Categoria II, classe II, e movimentata annualmente circa 500 navi e 2 milioni di tonnellate di merce (import e export).

Ai porti suddetti si aggiungono i seguenti porticcioli, marina e approdi (Siti web: www.trail.unioncamere.it e www.pagineazzurre.com):

- Porto di Alghero;
- Porto di Bosa Marina;
- Porto Conte – Base nautica;
- Porto Conte – Cala Tramariglio;
- Marina di Fertilia;
- Porto di Stintino;
- Porto di Torregrande.

Il Porto di Alghero è il porto turistico principale tra quelli sopra citati; di categoria II e III classe ("rilevanza economica regionale e interregionale) si affaccia sull'omonimo golfo, a Nord-Ovest della Sardegna. Il porto è dotato di 106 imbarcazioni da pesca, uno scalo di alaggio, 3 gru fisse e mobili, distributori di benzina e gasolio per il rifornimento delle motobarche e circa 2,750 posti barca complessivi.

I porti di Oristano e Porto Torres, tra i più vicini all'area di intervento, risultano attrezzati per la tipologia di attività prevista. Tuttavia si è deciso di fare riferimento al Porto di Marsiglia in quanto uno dei principali porti del Mediterraneo, attrezzato per ogni evenienza e ben collegato con il resto d'Europa.

Il porto di Marsiglia, situato ad una distanza minima di oltre 200 km a Nord dell'area di interesse, è il 1° porto in Francia, con un totale di 86 milioni di tonnellate di merce trafficata nel 2010, il 3° porto mondiale per il traffico di petrolio dopo Rotterdam e Houston ed il 5° porto europeo dopo Rotterdam, Anversa, Amburgo ed Amsterdam, con 1,500 dipendenti. È un porto ad uso generale viste le 24 diverse attività distribuite lungo tutta la superficie che si estende tra Marsiglia e Port Saint Louis:

- 880,000 container;
- più di 2 milioni di passeggeri tra cui 639,000 crocieristi;
- oltre 4 milioni di carichi di merci ro/ro;
- più di 57 milioni di tonnellate di idrocarburi gestiti dagli impianti presenti;
- uno dei bacini di carenaggio più grandi al mondo.

Uno dei punti di forza del porto di Marsiglia risulta inoltre la sua posizione geografica, ideale per il commercio Nord/Sud ed Est/Ovest.

7.2.2.2 Traffici Marittimi

Vera e propria via d'acqua internazionale, il Mediterraneo è attraversato da linee di traffico mondiali che mettono in comunicazione l'Atlantico con il Mar Rosso, il Mar Nero ed il Golfo Persico attraverso il Canale di Suez (Figura 7.1).

Dal punto di vista commerciale, con più di 80 porti di rilevanza internazionale e 2,000 collegamenti marittimi, il Mediterraneo è ai primi posti dei traffici mondiali in quanto al suo interno transitano merci per un volume che all'inizio degli anni Duemila era di circa 750 milioni di t. Cospicua è la percentuale dei prodotti petroliferi: circa il 30 % del petrolio mondiale (circa 400,000,000 t/anno) e quasi i 2/3 delle risorse energetiche necessarie all'Italia e agli altri Paesi europei passano infatti per il Mediterraneo, comprese quelle trasportate dai gasdotti sottomarini.

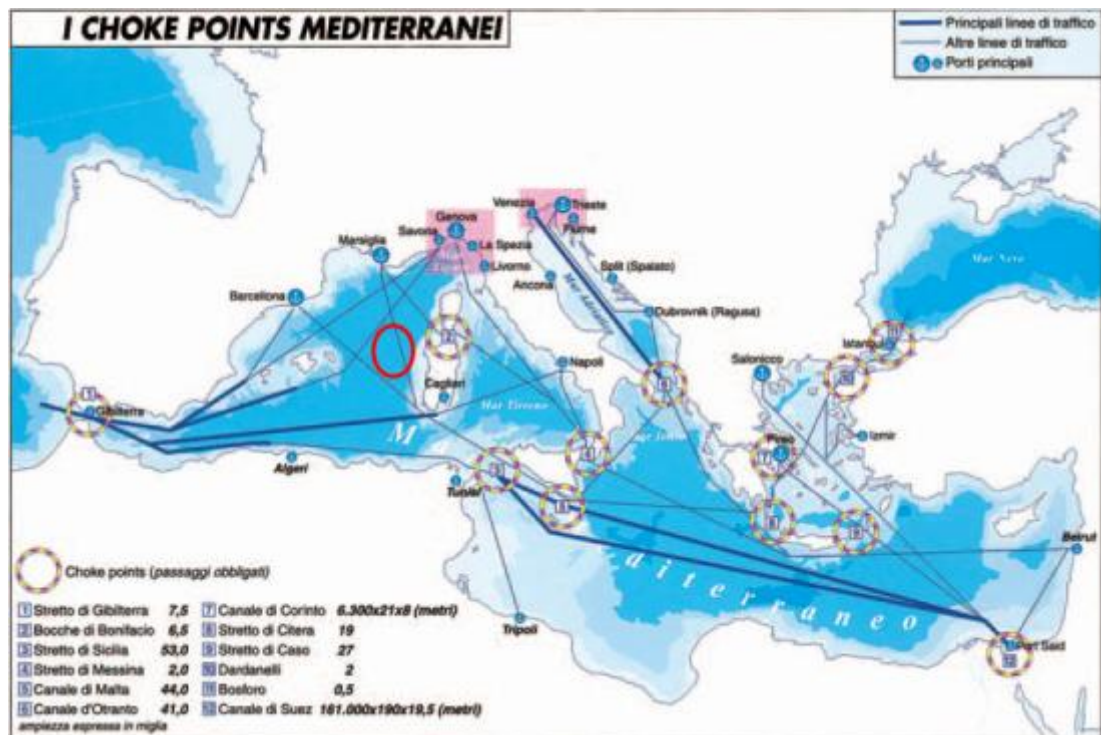


Figura 7.1: Principali Linee di Traffico Marittimo (Caffio, 2007) e Indicazione dell'Area di Interesse

REMPEC (Regional Marine Pollution Emergency Response Centre for the Mediterranean Sea) nel 2008 ha riesaminato il traffico marittimo in Mediterraneo (si veda la Figura 7.2 dove in rosso sono evidenziati i principali transiti). Nel 2006, circa 10,000 imbarcazioni (principalmente di grossa taglia), sono transitate in Mediterraneo, lungo rotte tra porti non mediterranei. Navi mercantili che operano dentro e attraverso il Mediterraneo sono sempre più numerose e portano carichi sempre più ingombranti. Le navi che transitano attraverso il Mediterraneo hanno, in media, una capacità di carico trasportabile (tonnellaggio di portata lorda) di circa 50,000 DWT (Dead Weight Tonnage) e sono, mediamente, oltre 3 volte più grandi rispetto a quelle che operano all'interno del Mediterraneo. L'attività complessiva delle navi all'interno del Mediterraneo è cresciuta costantemente negli ultimi 10 anni ed è previsto un incremento di un ulteriore 18% nei prossimi 10 anni.

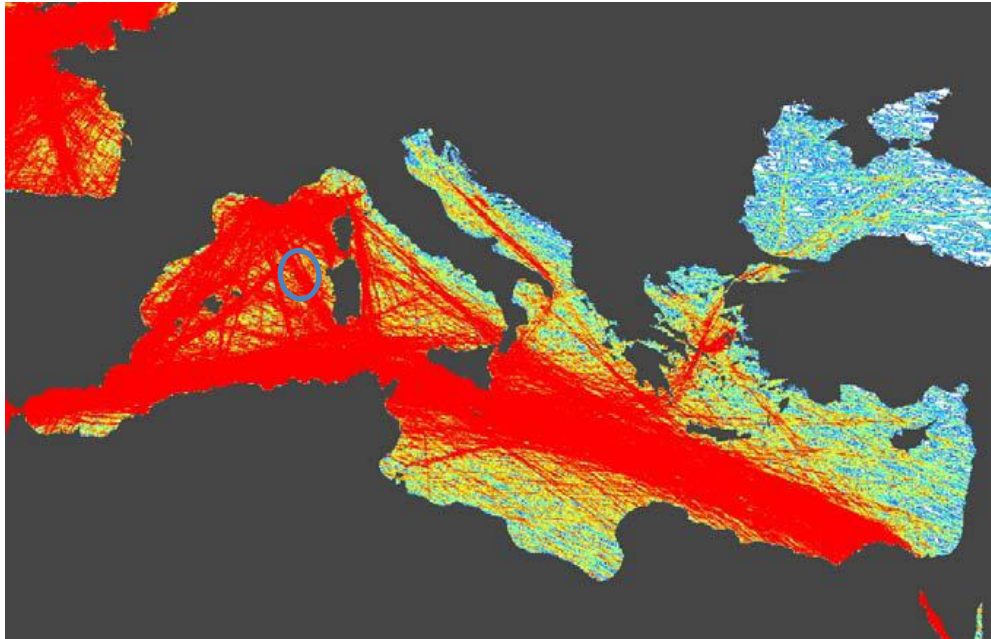


Figura 7.2: Traffico Marittimo (Dati Forniti da REMPEC) e Indicazione dell'Area di Interesse

Nella figura seguente è mostrata la posizione dell'area oggetto d'intervento rispetto alle principali rotte marittime che interessano il Mar di Sardegna, come indicate dall'Osservatorio Permanente dei Maggiori Porti Italiani.



Figura 7.3: Principali Rotte Marittime (Sito web: www.trail.liguria.it) e Indicazione dell'Area di Interesse

Come si può vedere dalle figure sopra riportate, l'area in cui si colloca la Zona marina E è interessata da diverse rotte di traffico e in particolare è attraversata dalla linea di traffico che collega i porti di Marsiglia e Tolone alla direttrice che collega i canali di Gibilterra e Suez.

7.3 ELEMENTI DI SENSIBILITÀ E POTENZIALI RECETTORI

Nel presente paragrafo, sulla base di quanto descritto e caratterizzato, si riassumono gli elementi sensibili della componente e si individuano i recettori potenzialmente impattati dalle attività in progetto.

In generale, per la componente in esame, gli elementi di sensibilità e i potenziali recettori sono costituiti da:

- centri abitati;
- zone di pesca;
- traffici marittimi;
- attività produttive;
- attività portuali;
- aree turistiche.

Nel caso in oggetto, considerato il tipo di attività in progetto e la sua localizzazione (offshore a circa 45 km dalla costa), i centri abitati così come le attività produttive e turistiche presenti sulla costa non costituiscono elementi di sensibilità o potenziali recettori.

Nella seguente tabella è riportata, in sintesi, il grado di interferenza delle attività a progetto con gli elementi di sensibilità relativi alla componente e la localizzazione dei potenziali recettori individuati rispetto all'area di intervento.

Tabella 7.2: Aspetti Socio-Economici – Elementi di Sensibilità e Potenziali Recettori

Descrizione	Relazione con le Attività a Progetto	
	Potenziale Interferenza	Distanza Minima
Zone di pesca	X	
Principali rotte marittime	X	
Attività portuali	X	

7.4 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI E MISURE DI MITIGAZIONE

7.4.1 Limitazioni d'Uso dell'Area Marina

Durante tutte le attività previste dal progetto, oltre all'area oggetto di indagine, dovranno essere garantiti gli spazi necessari alle manovre dei mezzi impiegati ed in particolare della Nave Sismica, la quale, nel passaggio da una traccia all'altra dovrà compiere una larga virata al fine di consentire alle apparecchiature di energizzazione (*airgun*) e rilevamento (*streamer*), di disporsi naturalmente in asse, lungo le direzioni prestabilite (si veda a tal proposito il Quadro di Riferimento Progettuale). L'area occupata da tali operazioni, che sarà interdetta alla navigazione, alla pesca e all'ancoraggio con Ordinanza della Capitaneria di Porto competente, è ubicata a una distanza minima dalla costa pari a circa 45 km ed avrà un'estensione limitata sia nel tempo (l'indagine 2D durerà complessivamente circa 80 giorni mentre l'indagine 3D durerà complessivamente circa 120 giorni, intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni), sia nello spazio (7,818 km di indagine 2D e non superiore a 6,000

km² di 3D, con un'area di manovra che si estenderà per circa 15 km dai confini dell'area di indagine).

Sulla base di quanto sopra si ritiene che l'impatto associato alla limitazione d'uso di area marina sia di **entità lieve, temporaneo e reversibile**.

7.4.2 Interferenze con le Attività di Pesca

7.4.2.1 Stima dell'Impatto

L'area interessata dalle attività in progetto è ubicata ad una distanza minima di circa 45 km dalle coste della Sardegna (Provincia di Sassari) con fondali compresi tra i 2,000 ed i 2,850 m e non avrà pertanto particolari conseguenze sulle attività di pesca, le quali si svolgono prevalentemente su fondali meno profondi (lo strascico oltre i 1,000 m e le reti da posta derivanti sono stati vietati in Mediterraneo nel 2005).

Eventuali perturbazioni su tali attività, in particolare nella porzione di area indagata più prossima alla costa, potranno essere, ad ogni modo, legate alla presenza fisica delle imbarcazioni, la quale comporterà un'area di divieto di navigazione, pesca ed ancoraggio. Le attività previste dal progetto avranno una durata rispettivamente di circa 80 e 120 giorni (indagine 2D e 3D), ma saranno intervallate da un periodo temporale di circa 2 anni necessario all'interpretazione dei dati acquisiti tramite l'indagine 2D e alla preparazione della campagna 3D, durante i quali l'intera area sarà totalmente fruibile per quanto riguarda gli aspetti legati alla navigazione ed alla pesca.

D'altra parte una riduzione, seppur temporanea, delle aree pescabili può rappresentare un beneficio per le risorse alieutiche, anche in considerazione dello stato attuale delle risorse, come descritto ai precedenti Paragrafi 5.2.5 e 7.2.1.

Sulla base di quanto sopra e delle misure di mitigazione che saranno adottate (Paragrafo 7.4.2.2) si ritiene che l'impatto associato all'interferenza con le attività di pesca sia di **entità lieve, temporaneo e reversibile**.

7.4.2.2 Misure di Mitigazione

Al fine di ridurre al minimo gli impatti derivanti dall'attività di prospezione geofisica sulla pesca è prevista la programmazione e preventiva comunicazione alle Autorità competenti delle operazioni e delle aree via via interessate in modo tale da permettere, eventualmente, ai pescatori di conoscere con anticipo quali saranno le rotte seguite quotidianamente dai mezzi navali.

7.4.3 Interferenze con le Attività Portuali e il Traffico Marittimo

7.4.3.1 Stima dell'Impatto

Il progetto in esame prevede di utilizzare Marsiglia come porto di riferimento e i porti locali sardi per eventuali attività di supporto.

In considerazione della breve durata delle attività e della programmazione delle stesse, le quali prevedono un massimo di due rientri in porto durante l'indagine 2D (con permanenza in porto di circa 24 ore per volta) ed un rientro settimanale dell'imbarcazione di supporto durante l'indagine 3D, si ritiene che l'impatto legato alle interferenze con le attività del Porto prescelto sia di **lieve entità, temporaneo e reversibile**. Allo stesso modo si ritiene di **lieve entità** l'impatto associato al beneficio in termini di indotto locale connesso alla gestione dei rifiuti, ai rifornimenti alimentari, alle riparazioni, etc.

Le interferenze con il traffico marittimo sono connesse all'incremento di mezzi navali, costantemente presenti durante lo svolgimento di tutte le attività previste dal progetto.

Come riportato nel Quadro di Riferimento Progettuale la stima preliminare dei mezzi marittimi che si prevede utilizzare è pari a:

- No. 1 Nave Sismica;
- No. 1 o 2 imbarcazioni di supporto a seconda della tipologia di attività (indagine 2D o 3D).

I movimenti della Nave Sismica, ad eccezione della fase di arrivo in sito ed abbandono dell'area indagata, interesseranno rotte prestabilite (secondo le cosiddette linee di acquisizione) al fine di garantire la copertura dell'area come da progetto. Le imbarcazioni di supporto avranno invece funzioni differenti:

- durante l'indagine 2D, l'imbarcazione di supporto affiancherà la Nave Sismica per fornire supporto costante durante l'esecuzione delle indagini;
- durante l'indagine 3D:
 - un'imbarcazione farà la spola da e per il porto di riferimento, in funzione delle necessità, al fine di rifornire la Nave Sismica (un viaggio a settimana circa),
 - l'altra imbarcazione affiancherà la Nave Sismica per fornire supporto costante durante l'esecuzione delle indagini.

In considerazione del limitato numero di mezzi navali previsti, delle rotte prestabilite e del breve periodo di tempo in cui i mezzi navali saranno adoperati (circa 80 giorni complessivamente per l'indagine 2D e circa 120 giorni complessivamente per l'indagine 3D), si ritiene che l'impatto sul traffico marittimo sia **di lieve entità, temporaneo e reversibile**.

7.4.3.2 Misure di Mitigazione

Al fine di ridurre al minimo gli impatti derivanti dall'attività di prospezione geofisica sul traffico marittimo e sulle attività portuali, le attività oggetto del presente studio saranno segnalate sia a livello visivo (luci di navigazione e manovra), sia tramite comunicazioni ufficiali (informazioni nautiche diramate dall'Istituto Idrografico della Marina ed eventualmente pubblicate sugli Avvisi ai naviganti). Inoltre la programmazione e preventiva comunicazione alle Autorità competenti delle operazioni e delle aree via via interessate permetterà a tutti i naviganti di conoscere con anticipo le rotte seguite quotidianamente dai mezzi navali.

8 IMPATTI CUMULATIVI

Gli impatti cumulativi sono il risultato di una serie di attività, scarichi ed emissioni che si combinano o che si sovrappongono, creando, potenzialmente, un impatto significativo. I potenziali impatti cumulativi possono presentarsi come il risultato di impatti di attività sismiche ed esplorative che interagiscono o si combinano con quelli di altre attività (ad esempio altre attività di prospezione o perforazioni esplorative, ricerche scientifiche marine, pesca commerciale, navigazione ed attività militari) che si svolgono nelle vicinanze dell'area di interesse.

Data la distanza temporale ipotizzata tra le due indagini 2D e 3D (circa 2 anni), si ritiene che i potenziali impatti derivanti dalla prima campagna si esauriranno completamente prima che la seconda campagna abbia inizio. Non sono pertanto prevedibili impatti cumulativi tra di esse.

8.1 POTENZIALI IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PROGETTI DI PROSPEZIONE, RICERCA E COLTIVAZIONE DI IDROCARBURI

L'intervento in oggetto rientra nella Zona Marina E, area aperta alla presentazione di nuove istanze, caratterizzata da un'estensione di 20,890 km² e ubicata al largo della costa Nord-occidentale della Sardegna (si veda la Figura 1.1 allegata al Quadro di Riferimento Programmatico). Le attività saranno, come da progetto, effettuate all'interno di tale area, a una distanza minima di circa 45 km dalla costa (Punta Argentiera) e ad una profondità d'acqua compresa tra circa 2,000 m e 2,850 m.

Attualmente non risulta vigente alcun titolo minerario nell'intera nuova Zona Marina E. Nel seguito si descrivono i titoli minerari individuati in un raggio di 100 km dai confini della nuova Zona marina E, suddivisi in permessi di prospezione, permessi di ricerca e concessioni di coltivazione.

8.1.1 Permessi di Prospezione

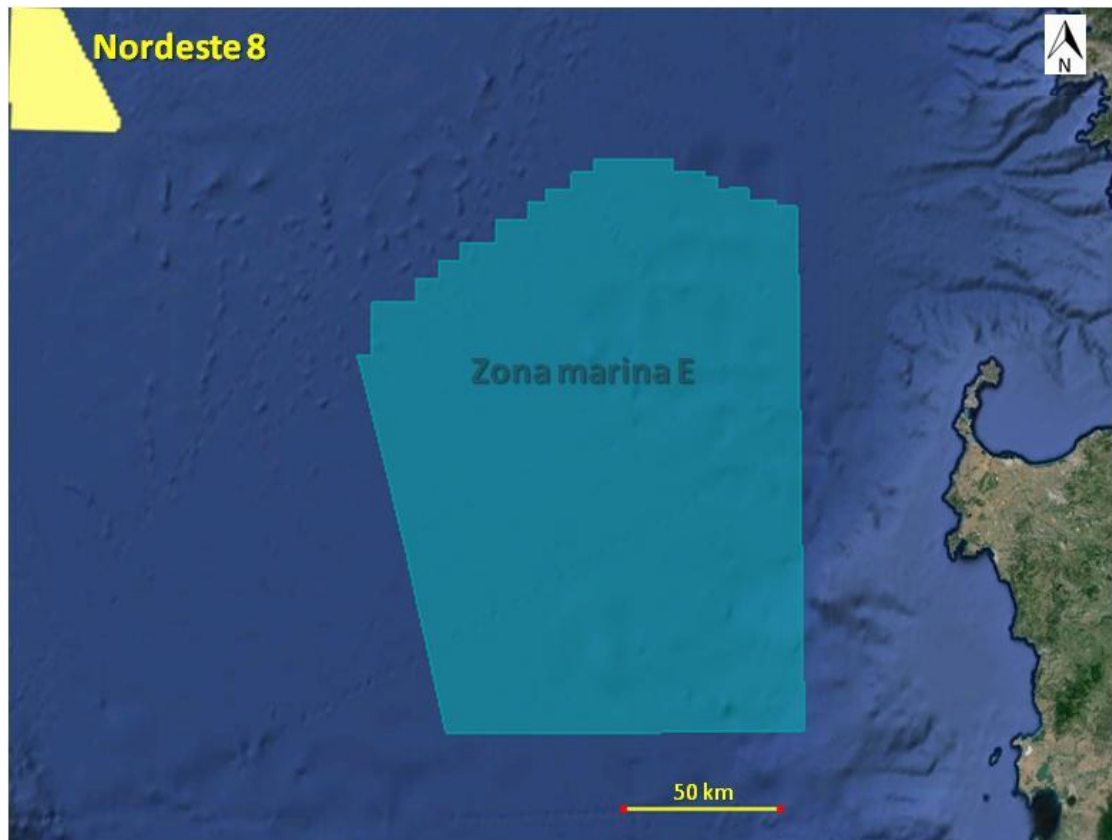
Non sono presenti aree associate a permessi di prospezione vigenti in prossimità dell'area di intervento e in generale entro un raggio di 100 km dai confini della nuova Zona marina E.

Si evidenzia tuttavia che per la Zona Marina E potranno essere rilasciati più permessi di prospezione, essendo quest'ultimo un titolo non esclusivo.

In caso di presenza di più operatori a cui sia stato concesso dalle Autorità competenti di effettuare l'attività di prospezione sismica, TGS predisporrà un conoprogramma delle attività da condividere con gli altri operatori che eviti l'effettuazione di rilievi nello stesso periodo/area. Inoltre si terrà in debito conto anche degli esiti dei monitoraggi effettuati dagli MMO a bordo della nave durante l'attività stessa in modo che l'altro operatore prevenga eventuali potenziali impatti sugli esemplari avvistati.

8.1.2 Permessi di Ricerca

Non sono presenti permessi di ricerca vigenti all'interno della nuova Zona marina E. In un raggio di 100 km dai suoi confini si segnala la presenza (Figura 8.1) del Permesso di Ricerca Nordest 8, di 992.25 km² (richiedente Capricorn Spain LTD.), situato al largo della costa catalana (Spagna) ad una distanza minima di circa 92 km a Nord-Ovest della nuova Zona marina E, per il quale è stata avviata istanza.



**Figura 8.1: Permessi di Ricerca nel Raggio di 100 km
dalla Nuova Zona Marina E**

8.1.3 Concessioni di Coltivazione

Non sono presenti concessioni di coltivazione, impianti di perforazione e coltivazione nell'area di intervento e in generale entro un raggio di 100 km dai confini della nuova Zona marina E.

8.1.4 Valutazione Qualitativa degli Impatti

Sulla base dell'inquadramento delle attività minerarie appena descritto, emerge come, al momento della redazione dello SIA, non siano prevedibili impatti cumulativi con altre attività di prospezione, ricerca e coltivazione di idrocarburi in atto.

Ipotizzando tuttavia lo scenario maggiormente conservativo, in cui tale istanza dovesse ottenere l'autorizzazione allo svolgimento delle attività proposte, di seguito si riporta un'analisi qualitativa dei potenziali impatti cumulativi determinabili dall'interazione con il progetto in esame. Nello specifico, l'analisi qualitativa degli impatti cumulativi ha tenuto conto dei seguenti aspetti:

- risultati della valutazione degli impatti generati dal progetto sui singoli comparti ambientali;
- durata delle attività previste dal progetto in esame;

- contemporaneità tra le attività di progetto e le attività previste nell'ambito del Permesso di Ricerca in Istanza individuato;
- distanza tra l'area oggetto di intervento e l'area associata al Permesso di Ricerca in Istanza individuato.

Effetti cumulativi si potrebbero manifestare, in caso di contemporaneità delle attività, in termini di emissioni di rumore, limitazione d'uso dello specchio acqueo e conseguente riduzione delle aree per la navigazione.

Sulla base dell'analisi condotta nel presente SIA, che ha permesso di valutare gli impatti legati alle attività a progetto, nel complesso, di media/lieve entità, temporanei e reversibili, essendo la Zona Marina E situata ad una distanza minima di oltre 90 km dall'area del Permesso di Ricerca in istanza Nordest 8, e considerando la possibilità di poter programmare gli interventi in maniera tale da interferire il meno possibile sia in termini temporali che spaziali, si ritiene che l'impatto cumulativo tra le attività sia del tutto trascurabile.

Le attività da svolgere (indagine geofisica nel caso della Zona Marina E, oggetto del presente studio ed eventuali altre attività esplorative nel caso del Permesso Nordest 8) potranno infatti essere programmate al fine di operare, per ciascun'area, in periodi temporali differenti o mantenendo la massima distanza possibile. In alternativa, potrà essere comunque stabilita una distanza minima (ad esempio 100 km) da mantenere per l'esecuzione delle attività tale da creare un corridoio attraverso il quale possano essere svolte le normali attività di navigazione in sicurezza ed in modo tale che le specie eventualmente presenti possano evitare tali aree, senza ostacolare le rotte migratorie.

8.2 POTENZIALI IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRE ATTIVITÀ (TRAFFICO MARITTIMO, ATTIVITÀ MILITARI, ETC.)

Per quanto riguarda le altre attività che potrebbero generare impatti potenzialmente cumulabili con le attività oggetto del presente Studio, sulla base di quanto emerso nei Capitoli precedenti e nel Quadro di Riferimento Programmatico, si citano:

- il traffico marittimo;
- le attività militari.

L'area di indagine, come visto precedentemente al Paragrafo 7.2.2.2, risulta interessata da diverse linee di traffico marittimo e in particolare quelle che collegano il Sud della Francia (Tolone e Marsiglia) alla direttrice Gibilterra/Suez. Pertanto tale area sarà interessata, oltre che da un potenziale incremento del traffico stesso, anche da un incremento delle emissioni in atmosfera, degli scarichi idrici e delle emissioni sonore sottomarine.

Sulla base delle valutazioni riportate precedentemente al Paragrafo 7.4.3.1, tuttavia, il traffico indotto dalle attività in progetto sarà limitato ad un numero esiguo di imbarcazioni (3 per l'indagine 2D e 2 per la 3D), di conseguenza, come valutato nei precedenti Paragrafi 3.4.1, 3.4.3 e 6.4.1, il contributo proveniente dalle attività in progetto alle emissioni in atmosfera, scarichi idrici ed emissioni sonore da traffico è risultato sempre di lieve entità, temporaneo e reversibile e pertanto anche il contributo al traffico marittimo già presente può essere considerato minimo.

Con particolare riferimento alle emissioni sonore si evidenzia che in genere i livelli sonori legati al traffico marittimo si attenuano a livelli inferiori a quelli che possono causare effetti sul comportamento della fauna marina entro un raggio di 1 km dalla sorgente. Pertanto, in considerazione dell'area di rispetto che sarà interdetta alla navigazione, intorno alla nave

sismica e del fatto che ogni possibile interazione con le navi di passaggio, proprio a causa della natura dell'interazione (transito), sarà di breve durata, non sono attesi significativi impatti cumulativi con le attività oggetto del presente Studio.

Relativamente alle attività militari, come descritto all'interno del Quadro di Riferimento Programmatico, l'area di intervento ricade interamente all'interno dell'ambito giurisdizionale del Comando Militare Marittimo Autonomo in Sardegna (Marisardegna).

Come riportato nell'*Avviso ai Naviganti – Premessa 2014*, l'area vasta è caratterizzata dalla presenza di diverse zone sottoposte a restrizioni di natura militare. In particolare, verso la costa, in direzione Sud-Est rispetto all'area di intervento, sono presenti alcune zone oggetto di restrizione di natura militare che sono elencate nella seguente tabella (si veda anche la Figura 5.8 del Quadro di Riferimento Programmatico).

Tabella 8.1: Zone Soggette a Restrizioni di Natura Militare nell'Area Vasta

Zona	Limiti	Località	Note
D 40A	40° 20' 00" N - 8° 10' 00" E 38° 40' 00" N - 8° 10' 00" E 38° 40' 00" N - 7° 38' 00" E 39° 00' 00" N - 7° 38' 00" E 39° 00' 00" N - 7° 34' 00" E 39° 13' 00" N - 7° 30' 00" E 39° 47' 02" N - 7° 30' 58" E quindi arco di cerchio con raggio 15 miglia nautiche e centro in: 39° 46' 44" N - 7° 50' 29" E fino al punto in: 39° 57' 58" N - 7° 37' 32" E e poi fino al punto in: 40° 20' 00" N - 8° 10' 00" E	Decimomannu	Zona pericolosa da 1,000 piedi (circa 300 m) sino a quota illimitata per tiri aria/aria e addestramento al combattimento aereo.
D 40B	Dal punto in: 39° 57' 58" N - 7° 37' 32" E quindi arco di cerchio di 15 miglia nautiche con centro in: 39° 46' 44" N - 7° 50' 29" E quindi in senso antiorario fino al punto 39° 47' 02" N - 7° 30' 58" E 39° 13' 00" N - 7° 30' 00" E 39° 00' 00" N - 7° 34' 00" E 39° 10' 00" N - 7° 10' 00" E 39° 30' 00" N - 7° 10' 00" E 39° 57' 58" N - 7° 37' 32" E	Cagliari	Zona pericolosa da 1,000 piedi (circa 300 m) sino al livello di volo (flight-level-FL) 195 (circa 7,450 m) per tiri aria/aria e addestramento al combattimento aereo.
R 54	40° 20' 00" N - 8° 10' 00" E 40° 20' 00" N - 8° 15' 00" E 40° 09' 00" N - 8° 27' 30" E 39° 35' 02" N - 8° 49' 49" E 39° 19' 00" N - 8° 51' 00" E 39° 06' 00" N - 8° 26' 14" E 38° 45' 00" N - 8° 10' 00" E 40° 20' 00" N - 8° 10' 00" E * eccetto l'area congiungente 39° 37' 00" N - 8° 31' 30" E 39° 23' 00" N - 8° 42' 00" E 39° 06' 00" N - 8° 26' 14" E 39° 01' 00" N - 8° 22' 30" E 39° 07' 30" N - 8° 10' 00" E 39° 37' 00" N - 8° 31' 30" E il cui limite inferiore è 500 piedi	Oristano	Spazio aereo regolamentato dalla superficie *sino a livello di volo (flight-level-FL) 600 (circa 19,200 m), per intensa attività aviogetti militari e traino manica.

Zona	Limiti	Località	Note
	(circa 150 m)		
R 59	Cerchio di raggio 5 M e centro in 39° 46' 00" N - 8° 27' 00" E	Capo Frasca	Traffico aereo proibito durante i periodi di reale occupazione dalla superficie sino a livello di volo (flight-level-FL) 150 (circa 4,500 m), per esercitazioni di tiro a fuoco aria/terra.
T 812	39° 42' 48" N - 8° 26' 48" E 39° 42' 48" N - 8° 23' 12" E 39° 44' 18" N - 8° 22' 30" E 39° 46' 00" N - 8° 22' 42" E 39° 47' 30" N - 8° 23' 48" E 39° 48' 30" N - 8° 25' 12" E 39° 49' 00" N - 8° 28' 00" E 39° 48' 06" N - 8° 30' 00" E 39° 44' 12" N - 8° 28' 54" E	Capo Frasca	In tale zona sono permanentemente interdetti la navigazione e la sosta con navi e/o natanti di qualsiasi genere e tipo, la pesca ed i mestieri relativi, il turismo nautico, la balneazione, nonché tutte le attività connesse con il pubblico uso del mare

A tali aree si aggiunge una zona (poligono di tiro) adibita ad esercitazioni militari con lancio di missili e razzi ubicata a Sud di Alghero. Essa può essere temporaneamente vietata al transito per la presenza di ostacoli subacquei ed in superficie e per esercitazioni di tiro con armi portatili. Le coordinate geografiche di tale zona sono:

- 40° 30' 00" N - 8° 20' 25" E;
- 40° 29' 48" N - 8° 21' 30" E;
- 40° 29' 00" N - 8° 22' 00" E;
- 40° 29' 00" N - 8° 19' 00" E;
- 40° 30' 00" N - 8° 19' 00" E;
- 40° 30' 00" N - 8° 20' 25" E.

In considerazione della tipologia di aree sopra descritte (prevalentemente regolamentazione spazi aerei, poligoni e aree di esercitazione di tiro), non si ritiene che le attività oggetto del presente studio possano avere interazioni di alcun genere con le attività militari svolte nell'area vasta e di conseguenza non si ritengono possibili impatti cumulativi tra le attività.

FMO/AC/LV/CSM/PAR:elm

RIFERIMENTI

- Aguilar A., 1999. Status of Mediterranean monk seal populations. In: Aloès (ed.). RAC-SPA, United Nations Environment Program (UNEP), Tunisia pp. 60.
- Alliot E, W Younes, JC Romano, P Rebouillon, H Masse (2003) Biogeochemical impact of a dilution plume (Rhône River) on coastal sediments: comparison between a surface water survey (1996–2000) and sediment composition. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 57, 357–367
- APAT (Agenzia per la Protezione dell’Ambiente e per i Servizi Tecnici), 2003. “Atlante delle Coste – Il Moto Ondoso al Largo delle Coste Italiane”, Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine – Servizio Difesa delle Coste. Sito web: <http://www.isprambiente.gov.it>
- Ardizzone G.D., Argano R., Boitani L., 1992. Le declin du phoque moine en Italie et sa survie dans un contexte méditerranéen. In: Conservation of the Mediterranean monk seal – Technical and scientific aspects. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. *Environmental Encounters* pp. 30-31
- Auzende J. M., Bonnin J. e Olivet J. L., 1973, The Origin of Western Mediterranean Basin
- Barbera C., Bordehore C., Borg J.A. Glémarec M., Grall J., Hall-Spencer J.M., De la Huz Ch., Lanfranco E., Lastra M., Moore P.G., Mora J., Pita M.E., Ramos-Esplà A.A., Rizzo M., Sánchez-Mata A., Seva A., Schembri P.J. & Valle C. (2003). Conservation and management of northeast Atlantic and Mediterranean maerl beds. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 13:S65-S76.
- Bentivegna F., 2002. Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry. *Mar Biol* 141:795–800.
- Béthoux J.P., Morin P. & Ruiz-Pino, D.P. (2002). Temporal trends in nutrient ratios: chemical evidence of Mediterranean ecosystem changes driven by human activity. *Deep-Sea Research, Part II: Topical Studies in Oceanography*, 49(11): 2007-2016.
- Bianchi, C. N., and C. Morri. (2000) Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin* 40: 367-376.
- Biju-Duval B., Letouzey J. e Montadert L., 1978, Structure and Evolution of the Mediterranean Basins
- Billen G e J Garnier (2007) River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its potential to sustain new production of non-siliceous algae, *Marine Chemistry*, 106, 148–160.
- Bosc E, A Bricaud, D Antoine, D (2004) Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from 4 years of SeaWiFS observations, *Global Biogeochemical Cycles*, 18, GB1005, doi:10.1029/2003GB002034.
- Boudouresque C.F., Avon M., Gravez V. (édit.), (1991) Les espèces marines à protéger en Méditerranée. Deuxièmes Rencontres Scientifiques de la Côte Bleue, Carry-le-Rouet, 18-19 Nov. 1989. GIS Posidonie publ., Fr. : 1-448.
- Boudouresque C.F., (2004) Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations and communities. *Scientific Report of the Port-Cros national Park*, 20 : 97-146.
- Bradley e Stern, 2008, Sound and the Marine Mammal Acoustic Environment, a Guide to Fundamental Principles, Prepared for the U. S. Marine Mammal Commission by David L. Bradley, Ph.D. Richard Stern, Ph.D. July 2008 (Sito Web: www.mmc.gov)
- Broderick AC., Coyne MS., Fuller WJ., Glen FG., Godley BJ., 2007. Fidelity and over-wintering of sea turtles. *Proc Biol Sci* 274(1617):1533–1539.

RIFERIMENTI (Continuazione)

- Buscail R, AE Foudil-Bouras, H Pauc (1998) Matière organique et pollution par les hydrocarbures dans les sédiments superficiels du golfe d'Arzew(mer Méditerranée, Algérie). *Oceanol. Acta.* 22.
- Cabioch J. (1969). Les fonds de maerl de la baie de Morlaix et leur peuplement végétal. *Cahiers de Biologie Marine* 10: 139-161.
- Caffio F., 2007. Glossario di Diritto del Mare – III Edizione. Supplemento alla Rivista Marittima della Marina Militare No. 5 – Maggio 2007.
- Camiñas JA., 2004. Sea turtles of the Mediterranean Sea: population dynamics, sources of mortality and relative importance of fisheries impacts. *FAO Fish Rep* 738:27–84.
- Cañadas A., Sagarminada R., Garcia-Tiscar S., 2002. Cetacean distribution related with depth and slope in the Mediterranean waters off southern Spain. *Deep Sea Research I* 49:2053-2073.
- Carminati E., Doglioni C., Gelabert B., Panza G. F., Raykova R. B., Roca E., Sabat F. e Scrocca D., 2004, Evolution of the Western Mediterranean
- Carminati E., Lustrino M. e Doglioni C., 2012, Geodynamic Evolution of the Central and Western Mediterranean: Tectonics vs. Igneous Petrology Constraints
- Casale P. 2011 Sea turtle by-catch in the Mediterranean. *Fish and Fisheries* 12: 299-316.
- Castellote M., Clark C.W., Colmenares F., Esteban J.A., 2009. Mediterranean fin whale migration movements altered by seismic exploration noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 125:2519.
- Cavazza W., Roure F., Ziegler P. A., 2004, The Mediterranean Area and the Surrounding Regions: Active Processes, Remnants of Former Tethyan Oceans and Related Thrust Belts
- Cavazza W. e Wezel F. C., 2012, The Mediterranean Region – A Geological Primer
- Chamot-Rooke N., Jestin F. e Gaulier J. M., 1997, Constraints on Moho Depth and Crustal Thickness in the Liguro-Provencal Basin from a 3D Gravity Inversion: Geodynamic Implications
- CIBRA - Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali, 2010, “Gli effetti del rumore subacqueo sui mammiferi marini”, Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Biologia Animale, CIBRA, Sito Web: http://www-1.unipv.it/cibra/edu_noise_uk.html
- CIBRA - Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali, 2014, Monitoraggio degli Spiaggiamenti di Cetacei sulle Coste Italiane, Sito web: <http://mammiferimarini.unipv.it/> (consultato nel mese di Gennaio 2014).
- DECC-UK, 2011, Review and Assessment of Underwater Sound produced from Oil and Gas Sound Activities and Potential Reporting Requirements under the Marine Strategy Framework Directive – Final Report. Luglio 2011.
- Denis L, C Grenz (2003) spatial variability in oxygen and nutrient fluxes at the sediment-water interface on the continental shelf in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) Variabilité spatiale des flux d'oxygène et de sels nutritifs à l'interface eau-sédiment dans le golfe du Lion (Méditerranée nord-occidentale). *Oceanologica Acta* 26 (2003) 373-389
- Dewey J. F., Helman M. L., Turco E., Hutton D. H. W. e Knott S. D., 1989, Kinematics of the Western Mediterranean

RIFERIMENTI (Continuazione)

- Di Leonardo R, S Vizzini, A Bellanca, A Mazzola (2009) Sedimentary record of anthropogenic contaminants (trace metals and PAHs) and organic matter in a Mediterranean coastal area (Gulf of Palermo, Italy), *Journal of Marine Systems* 78 (2009) 136–145
- Djemai M, M Mesbah (2008) Physicochemical and bacteriological water characterization of the Oued Aissi drainage basin (Great Kabylia, Algeria) . *Bulletin du Service Geologique National*, vol. 19, no. 1, 51-70
- Doglioli D, MG Magaldi, L Vezzulli, S Tucci (2004) Development of a numerical model to study the dispersion of wastes coming from a marine fish farm in the Ligurian Sea (Western Mediterranean), *Aquaculture*, 231, 215–235
- Doglioni C., Herabaglia P., Merlini S., Monganelli F., Peccerillo A. e Piromallo C., 1999, Orogens and Slabs vs. Their Direction of Subduction
- Dumont, J Harrison, C Kroeze, E Bakker, P Seitzinger (2005) Global distribution and sources of dissolved inorganic nitrogen export to the coastal zone: results from a spatially explicit, global model, *Global Biogeochemical Cycles*, 19, (doi:10.1029/2005GB002488).
- El Sayed M, A Aminot, R Kerouel (1994) Nutrients and trace metals in the northwestern Mediterranean under coastal upwelling conditions, *Continental Shelf Research*, 14, 5, 507-530
- EEA/UNEP (1999) State and pressures of the marine and coastal Mediterranean environment. EEA Environmental assessment series N°5 Environmental indicators: Typology and overview EEA Technical report No 25, <http://reports.eea.eu.int/TEC25/en>.
- EEA (1999) Nutrients in European ecosystems. Environmental Assessment Report No. 4, 155 pp
- Enciclopedia Treccani, 2013. Sito web: <http://www.treccani.it/enciclopedia/>
- Falco S, LF Niencheski, M Rodilla, I Romero, J Gonzalez del Rio, JP Sierra, C Mosso (2010) Nutrient flux and budget in the Ebro estuary. *Estuarine coastal shelf science*, 2010, 92 –102.
- Ferre B, XC Estournel, C G Le Corre (2008) Impact of natural (waves and currents) and anthropogenic (trawl) resuspension on the export of particulate matter to the open ocean, *Continental Shelf Research*, 28, 15, 2071-2091
- Forcada J., Aguilar A., Hammond P.S., Pastor X., Aguila R., 1994. Distribution and numbers of striped dolphins in the western Mediterranean Sea after the 1990 epizootic outbreak. *Marine Mammal Science* 10(2): 137-50.
- Frantzis A., Alexiadou P., Paximadis G., Politi E., Gannier A., Corsini-Foka M., 2003. Current knowledge on the cetacean fauna of the Greek Seas. *J. Cetacean Res. Manage.* 5(3): 219-232.
- Freha H, A Couté, G Mascarell, C Perrette-Gallet, M Ayada, M Kara (2007) Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie). *C. R. Biologie*, Volume 330, 8, 615-628
- Gannier A., 1999, Diel variations of the striped dolphin distribution off the French Riviera (northwestern Mediterranean Sea). *Aquatic Mammals* 3 (25): 123-134.
- Gasparini G, A Ortona, G Budillon, E Astraldi, M Sansone (2005) The effect of the Eastern Mediterranean Transient on the hydrographic characteristics in the Strait of Sicily and in the Tyrrhenian Sea, *Deep Sea Research (Part I)*, 52, 6, 915-935

RIFERIMENTI (Continuazione)

- Giorgi F, P Lionello (2008) Climate change projections for the Mediterranean region Global and Planetary Change, 63, 2-3, 90-104
- Gordon, J. and Moscrop, A. 1996. "Underwater noise pollution and its significance for whales and dolphins". In *The Conservation of Whales and Dolphins* (ed. M.P. Simmonds and J.D. Hutchinson), 281-319. New York: Wiley and Sons.
- Greene, C.R., Richardson, W.J., Mame, C.I. and Thomson, D.H. 1995. "*Marine Mammals and Noise*". Academic Press Inc, San Diego, USA.
- Gulland, J. A. and Walker, C. D. T. 1998. "Marine Seismic Overview". In: *Seismic and Marine Mammals Workshop*, London, UK.
- Hinz K., 1973, Crustal Structure of the Balearic Island
- Hong, J.S. (1980) Étude faunistique d'un fond de concrétionnement de type coralligène soumis à un gradient de pollution en Méditerranée nord-occidentale (Golfe de Fos). Thèse de Doctorat . Université d'Aix -Marseille II. 134 pp.
- Istituto Idrografico della Marina (IIM), 2014. Premessa agli Avvisi ai Naviganti 2014 e Avvisi ai Naviganti di Carattere Generale. Supplemento al Fascicolo Quindicinale Avvisi ai Naviganti No. 1/14 del 08/01/2014. Genova, 2014.
- ISPRA, non datato, "Linee Guida per lo Studio e la Regolamentazione del Rumore di Origine Antropica Introdotto in Mare e nelle Acque Interne".
- ISPRA, 2012a. "Strategia per l'Ambiente Marino – Valutazione Iniziale. Sottoregione Mediterraneo Occidentale – Specie Rettili Marini". Bozza 10 Maggio 2012.
- ISPRA, 2012b, "Valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani", ISPRA, a cura di Silvia Bertolini, Junio Fabrizio Borsani, Salvatore Curcuruto, Luca De Rinaldis, Cristina Farchi
- Jacquotte R. (1962). Etude des fonds de Mäerl de Méditerranée. *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume, Fr.* **26(41)**: 141-235.
- Ketos Ecology, 2009. "Turtle Guards: a Method to Reduce the Marine Turtle Mortality occurring in certain Seismic Survey Equipment". Ketos Ecology report, 14 pp.
- Lauriano G., S. Panigada, R. Canneri, M. Manca Zeichen, G. Notarbartolo-Di Sciara (2010). Abundance estimate of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*) in the Pelagos Sanctuary (NW Mediterranean Sea) by means of line transect survey. *Journal of cetacean research and management*, 11(3): 279-283.
- Lauriano G. e Panigada S. (2010). Stime di densità e di abbondanza: il line-transect distance sampling applicato da piattaforma aerea. *Biol. Mar. Mediterr.*, 17 (1): 404-405.
- Lespinas F, (2008) Impacts du changement climatique sur l'hydrologie des fleuves côtiers en region Languedoc-Roussillon. Thèse de Doctorat, Université de Perpignan Via Domitia, pp. 334.
- LIPU, 2009. "Dalla Terra al Mare. Studio Preliminare per l'Individuazione delle IBA (Important Bird Areas) in Ambiente Marino", LIPU-BirdLife Italia, Parma.
- Lucchetti A. & Sala A., 2009. An overview of loggerhead sea turtle (*Caretta caretta*) bycatch and technical mitigation measures in the Mediterranean Sea. *Rev Fish Biol Fisheries*, 2010 (20):141-161.

RIFERIMENTI (Continuazione)

- Ludwig W, M Meybeck, F Abousamra, F (2003) Riverine transport of water, sediments, and pollutants to the Mediterranean Sea. UNEP MAP Technical report Series 141, UNEP/MAP Athens, 111 pp. Available from: <http://www.unepmap.org/>
- Ludwig W, E Dumont, M Meybeck, S Heussner (2009) River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades? *Progress in Oceanography*, 80, 199–217
- Maffucci F., Kooistra WHCF., Bentivegna F., 2006. Natal origin of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, in the neritic habitat off the Italian coasts, Central Mediterranean. *Biol Cons* 127 (2):183–189.
- Mauffret A., Fail J. P., Montadert L., Sancho J. e Winnock E, 1973, Northwestern Mediterranean Sedimentary Basin from Seismic Reflection Profile
- McCauley, R.D. 1994. “Seismic Surveys”. In Environmental implications of offshore oil and gas development in Australia. The findings of an independent scientific review (ed. J.M. Swan, J.M. Neff and P.C. Young), pp. 19-121. The Australian Petroleum Exploration Association and Energy Research and Development Corporation. 696pp.Sydney.
- MEDAR Group, 2002 - MEDATLAS/2002 database. Mediterranean and Black Sea database of temperature salinity and bio-chemical parameters. Climatological Atlas. IFREMER Edition.
- Millington J., 1996, Depositional Systems of the Corso-Ligurian Basins
- Millot C (1999) Circulation in the Western Mediterranean Sea, *Journal of Marine Systems*, 20, 423–442.
- Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e Museo Friulano di Storia Naturale – Comune di Udine, 2002-2009. “Quaderni Habitat”. Udine.
- Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, 2011, “Lo Stato della Pesca e dell’Acquacoltura nei Mari Italiani”, a cura di S. Cataudella e M. Spagnolo.
- Mo G., 2011. Mediterranean Monk Seal (*Monachus monachus*) Sightings in Italy (1998-2010) and Implications for Conservation. *Aquatic Mammals* n.37(3) pp. 236-240
- Mo G., Agnesi S., Di Nora T., Tunesi L., 2007. Mediterranean monk seal sightings in Italy through interviews: Validating the information (1998-2006). *Rapports de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*. pp. 542
- Nicolau R, A Galera-Cunha, Y Lucas (2006) Transfer of nutrients and labile metals from the continent to the sea by a small Mediterranean river. *Chemosphere*, 63, 469–476
- Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010, “Conservation of Cetaceans in the Mediterranean and Black Seas”, *Accobams Status Report*, 2010.
- Notarbartolo di Sciara G., Venturino M.C., Zanardelli M., Bearzi G., Borsani FJ., Cavalloni B., 1993. Cetaceans in the central Mediterranean Sea: distribution and sighting frequencies. *Bollettino di Zoologia (Italian Journal of Zoology)* 60:131-138.
- Panigada S, Lauriano G, Burt L, Pierantonio N, Donovan G (2011). Monitoring Winter and Summer Abundance of Cetaceans in the Pelagos Sanctuary (Northwestern Mediterranean Sea) Through Aerial Surveys. *PLoS ONE* 6(7): e22878. doi:10.1371/journal.pone.0022878.

RIFERIMENTI (Continuazione)

- Pascal G., Mauffret A. e Patriat P., 1993, The Ocean-Continent Boundary in the Gulf of Lion from Analysis of Expanding Spread Profiles and Gravity Modelling
- Pérès J. M. & J. Picard, (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique. Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume, 31 (47), 5-137.
- Rajar R, M Četina, M Horvat, D Žagar (2007) Mass balance of mercury in the Mediterranean Sea. *Marine Chemistry* 107 (2007) 89–102
- Rehault JP, G Boillot, A Mauffret (1984) The western Mediterranean basin geological evolution, *Marine Geology*, 55, 447—477
- Rixen M, J Book, M Orlic (2009) Coastal processes: Challenges for monitoring and prediction, *Journal of Marine Systems*, 78, S1–S2
- Roussel E., 2002, “Disturbance to Mediterranean Cetaceans Caused by Noise. Cetaceans of Mediterranean and Black Seas: State of Knowledge and Conservation Strategies” (Section 13).
- Sabatés, A., P. Martín, J. lloret and V. Raya. (2006). Sea warming and fish distribution: the case of the small pelagic fish, *Sardinella aurita*, in the western Mediterranean. *Global Change Biology* 12:2209 – 2219.
- Sabatini A., Cuccu D., Follesa M.C., Murenu M., Cau A. (2002). Status of red shrimp (*Aristaeomorpha foliacea*) population in teh Sardinian Seas. GFCM-SAC. Working paper, Roma: 12 pp.
- Salameh T, P Drobinski, L Menut, B Bessagnet, C Flamant, A Hodzic, R Vautard (2007) Aerosol distribution over the western Mediterranean basin during a Tramontane/Mistral event. *Geophysical Research Abstracts*. [np]. 2007
- Sferratore A, J Garnier, G Billen, D Conley, S Pinault (2006) Silica diffuse and point sources in the Seine watershed, *Environmental Science and Technology*, 40, 6630–6635
- Simmonds M., Dolman S., Weilgart L., 2004, “Oceans of Noise”. WDCS Science Report.
- Southall B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Greene Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas, & P.L. Tyack, 2007, “Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations”, *Aquatic Mammals*, Volume 33, Number 4, 2007 ISSN 0167-5427.
- Thibaut T., Pinedo S., Torras X., Ballesteros E. (2004) Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean), *Marine Pollution Bulletin* 50, pp. 1472–1489.
- Trozzi C., Vaccaro R., 1998. “Methodologies for estimating ari pollutant emissions from ships. Techne report MEET RF98.
- Trozzi C. 2010. “Update of Emission Estimate Methodology for Maritime Navigation”. Techne Consulting report ETC.EF.10 DD, May 2010.
- Turnpenney, A.W.H. & Nedwell, J.R. 1994. “The Effects on Marine Fish, Diving Mammals and Birds of Underwater Sound Generated by Seismic Surveys”. Fawley Aquatic Research Laboratories Ltd, Fawley, Southampton SO45 1TW.

RIFERIMENTI (Continuazione)

Ulses C, C Estournel, X Durrieu de Madron, A Palanques (2008) Suspended sediment transport in the Gulf of Lions (NW Mediterranean): Impact of extreme storms and floods, *Continental Shelf Research*, 28, 15, 2048-2070

United Nations Environment Programme (UNEP), 2012. “Initial integrated assessment of the Mediterranean sea: fulfilling step 3 of the ecosystem approach process”. 17th Ordinary Meeting of the Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols. Paris (France), 8-10 February 2012.

UNEP-CBD, 2012, “Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats” (UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12 12 March 2012).

UNEP/MAP-SPA/RAC, (2003) - Strategic Action Programme For The Conservation Of Biological Diversity (SAP BIO) In The Mediterranean Region, Tunis.

UNEP-MAP (1996) Guidelines for Treatment of Effluents Prior to Discharge into the Mediterranean Sea. Athens. 247 pp.

UNEP/MAP NDA Algeria (2003) rapport Bilan et Diagnostic National (BDN) /Algérie PAM-MED POL/ MATE, 123 pages

UNEP-MAP (2008). Potential priority Substances to be addressed at regional level through differentiation mechanism based on ELVs. Athens, MAP.

UNEP/WHO (1999) Identification of priority pollution hot spots and sensitive areas in the Mediterranean. MAP Technical Reports Series No. 124. UNEP, Athens, 90 pp.

Vially, R. e Tremolieres, P., 1996, Geodynamics of the Gulf of Lions