

Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità sostenibili

Domanda di Autorizzazione Unica ex art. 12 D.lgs. 387/2003

Ministero della Transizione Ecologica

Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex D.lgs.152/2006

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN
PARCO EOLICO OFFSHORE DI TIPO FLOATING
NEL CANALE DI SICILIA**

PROGETTO DEFINITIVO

Allegato allo Studio di Impatto Ambientale



**Rapporto tecnico di compatibilità
ambientale con la cetofauna**

ORDINE DEGLI INGEGNERI
della Provincia di TARANTO
Dott. Ing. Luigi Severini
SEVERINI
N. 776
iLStudio.

Engineering & Consulting Studio

YR36

C0420.YR36.JDCMAM.00.a



JONIAN DOLPHIN CONSERVATION
ENVIRONMENTAL PROTECTION

Concept & Innovations:

NiceTechnology®

REPORT TECNICO DI COMPATIBILITA' AMBIENTALE CON LA CETOFAUNA LOCALE

relativo al progetto di realizzazione di un
PARCO EOLICO OFFSHORE FLOATING
nel Canale di Sicilia



Jonian Dolphin Conservation
Environmental Protection



Report tecnico di compatibilità ambientale con la cetofauna locale relativo al progetto di realizzazione di un parco eolico offshore floating nel Canale di Sicilia

INDICE

1	DESCRIZIONE DELLO STATO DELL'AMBIENTE ABITATO/FREQUENTATO DAI MAMMIFERI MARINI NEL CANALE DI SICILIA CON APPROFONDIMENTO PARTICOLARE DELLA MACRO AREA CHE COMPRENDE ANCHE IL SITO DI INSTALLAZIONE DELLA OFFSHORE WIND FARM IN PROGETTO	3
1.1	INQUADRAMENTO GENERALE DELL'HABITAT MARINO NEL CANALE DI SICILIA	3
1.2	DESCRIZIONE DELLE PRESSIONI PRESENTI NELL'AREA DI INTERESSE POTENZIALMENTE SIGNIFICATIVE PER LE POPOLAZIONI DI MAMMIFERI MARINI	6
1.2.1	<i>Pesca</i>	7
1.2.2	<i>Traffico navale e turismo</i>	10
1.2.3	<i>Contaminanti</i>	11
2	DESCRIZIONE DELLE SPECIE PRESENTI DI MAMMIFERI MARINI - DESCRIZIONE DELLE ROTTE DI SPOSTAMENTO CONOSCIUTE E/O DELLE AREE DI PERMANENZA	12
2.1	PRESENZA E DISTRIBUZIONE MAMMIFERI MARINI NEL MAR MEDITERRANEO	12
2.2	PRESENZA E DISTRIBUZIONE MAMMIFERI MARINI NEL CANALE DI SICILIA	13
3	DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISILOGICHE E DI SENSIBILITA' AI DISTURBI ACUSTICI SULLA CETOFAUNA DEL CANALE DI SICILIA	19
3.1	IL RUMORE AMBIENTALE E SENSIBILITÀ Uditiva NEI MAMMIFERI MARINI	19
3.2	SORGENTE SONORA ANTROPICA	27
3.2.1	<i>Impatti in fase di installazione</i>	27
3.2.2	<i>Impatti in fase operativa</i>	27
4	INFLUENZA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI EMESSI DAI CAVI ELETTRICI DI COLLEGAMENTO POSATI SUL FONDALE.	29
5	VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLO STRESS A CUI SONO SOTTOPOSTI I MAMMIFERI MARINI ALLO STATO ATTUALE DEI TRAFFICI MARITTIMI (PESCA E NAVIGAZIONE) PRESENTI NELLA ZONA DI INSTALLAZIONE (MACROAREA).	33
6	CONCLUSIONI	37
7	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	38

1 DESCRIZIONE DELLO STATO DELL'AMBIENTE ABITATO/FREQUENTATO DAI MAMMIFERI MARINI NEL CANALE DI SICILIA CON APPROFONDIMENTO PARTICOLARE DELLA MACRO AREA CHE COMPRENDE ANCHE IL SITO DI INSTALLAZIONE DELLA OFFSHORE WIND FARM IN PROGETTO

1.1 INQUADRAMENTO GENERALE DELL'HABITAT MARINO NEL CANALE DI SICILIA

Il Canale di Sicilia (o Stretto di Sicilia) si estende per circa 100 miglia (160 km) divide la porzione occidentale del bacino Mediterraneo da quella orientale (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014) (Fig. 1).

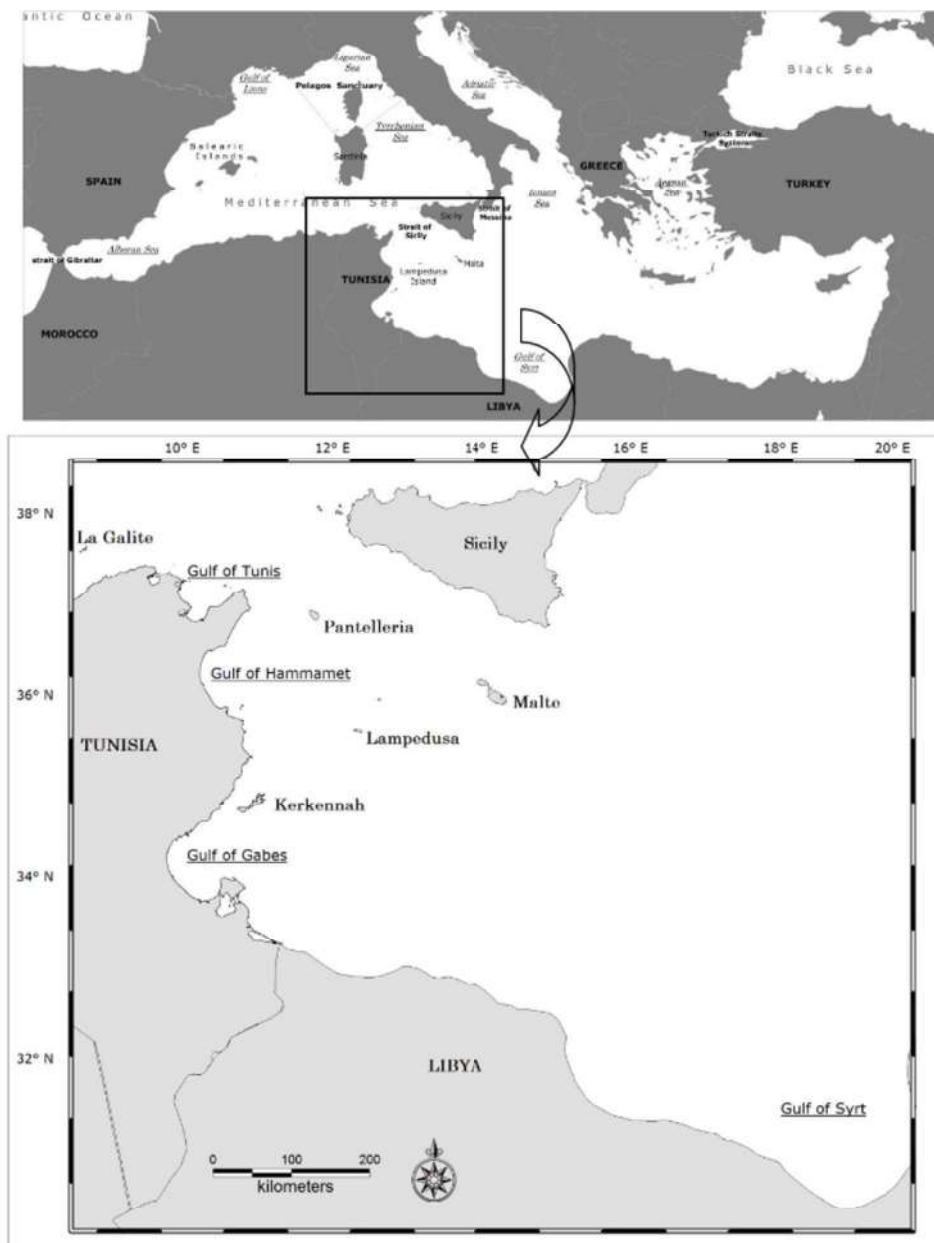


Fig. 1 - Posizione geografica dell'area dello stretto di Sicilia all'interno del Mar Mediterraneo (UNEP-MAP-RAC/SPA, 2014).

Nella porzione settentrionale del Canale, lungo la costa sud-occidentale della Sicilia, la piattaforma continentale è ristretta e marcatamente segnata da alcune aree di basso fondale (100 m circa di profondità) note come Banco Avventura, Talbot, Graham e Terribile nel settore occidentale e del grande Hyblean Plateau di Malta (Coltelli et al., 2016; Henriquete et al., 2019; Palano et al., 2020) nel settore orientale separate da una stretta scarpata continentale con fondi batiali a più di 1000 m di profondità. Sul versante nordafricano invece, la piattaforma continentale risulta molta estesa, soprattutto lungo la costa tunisina. Tra la Sicilia e la Tunisia la topografia dei fondali di scarpata oltre i 200 m di profondità è estremamente irregolare a causa della presenza di diversi canyon che alternano pendii ripidi e fosse profonde quali la Fossa di Pantelleria, la Fossa di Linosa e la Fossa di Malta (Civile et al., 2015). Al contrario, la topografia della scarpata tra Malta e la Libia risulta più regolare mantenendosi stabilmente intorno ad una batimetrica inferiore ai 300 m profondità.

La particolare topografia dei fondali nel Canale di Sicilia gioca un ruolo fondamentale nel modello di circolazione delle acque in tutto il Mar Mediterraneo. Secondo quanto riportato negli studi condotti negli ultimi trenta anni sulla circolazione delle acque attraverso il Canale di Sicilia (Grancini e Michelato 1987, Manzella et al. 1988, Robinson et al. 1991, 1999, Moretti et al. 1993, Manzella 1994; Cavallaro et al., 2017; Jouini, et al., 2017; Henriquete et al., 2019; Menna et al., 2019) tale circolazione è guidata da forze dirette come il vento e dai processi termoalini che comportano una differenza di densità lungo la colonna d'acqua, l'instaurarsi di processi convettivi e giri su scala locale, in sostanza una grande variabilità a mesoscala nel Canale di Sicilia (Robinson et al., 2001). Escludendo gli eventi locali, la circolazione Mediterranea è guidata, come meccanismo principale, dalle interazioni atmosfera-oceano. Questa forza dipende dal calore e dallo scambio di acqua dolce e, quindi, dalle condizioni meteorologiche e oceaniche. Poiché la precipitazione media e gli apporti fluviali non bilanciano l'evaporazione media sul bacino, è necessario un afflusso netto di acque atlantiche (AW) attraverso lo Stretto di Gibilterra per compensare il deficit. Questo meccanismo di compensazione genera una circolazione termoalina costituita da più cellule. La principale trasporta l'AW entrando dall'Atlantico nello strato superficiale del Mediterraneo, progredendo verso est attraverso il Canale di Sicilia e connettendo i bacini occidentale e orientale (Fig. 2). Questa acqua modificata dell'Atlantico (MAW), aumentando gradualmente la salinità e la densità in conseguenza delle perdite evaporative, raggiunge il bacino levantino, dove il raffreddamento invernale causato da intensi venti secchi determina il suo affondamento a profondità intermedie (300–500 m), producendo l'acqua intermedia levantina (LIW). Il LIW ricircola verso ovest, riattraversando lo stretto di Sicilia e raggiungendo Gibilterra, costituendo il nucleo principale delle acque del Mediterraneo in uscita dal bacino.

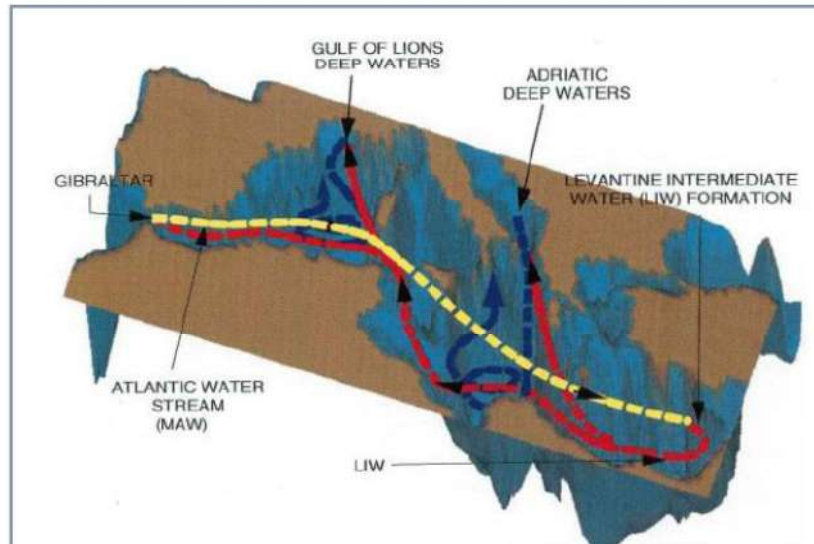


Fig. 2 - Schema della circolazione termoalina nel Mediterraneo (in giallo l'acqua superficiale atlantica (MAW), in rosso l'acqua intermedia di origine levantina (LIW)).

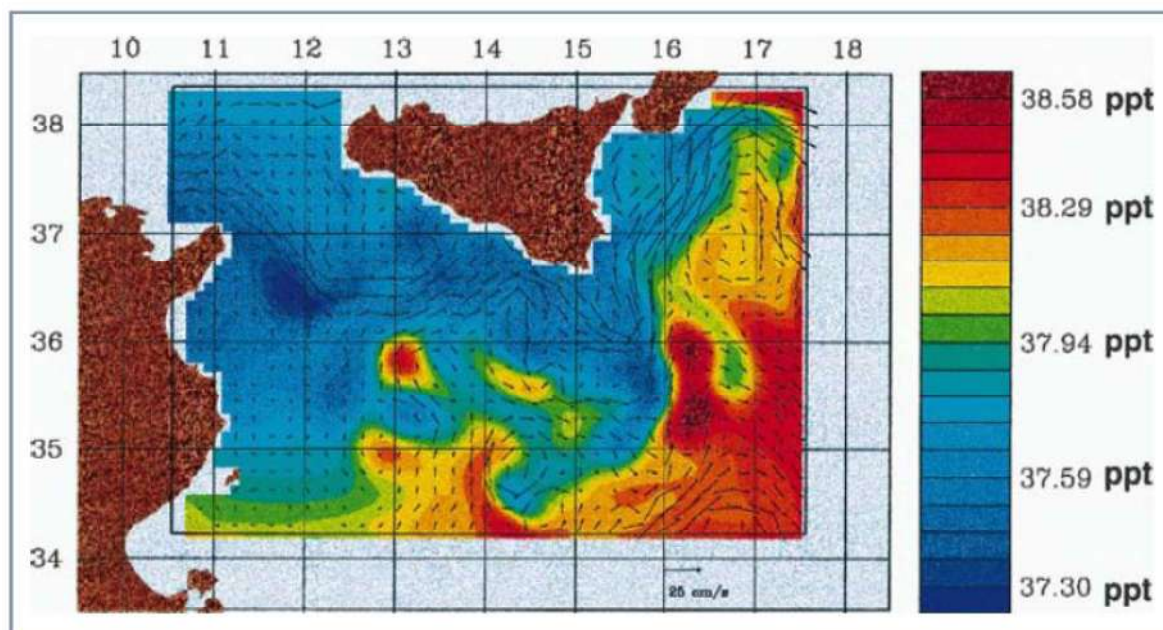


Fig. 3 - Flusso di corrente superficiale nello stretto di Sicilia rispetto alla salinità (Warn-Varnas et al., 1999).

Le MAW sono descritte come uno strato omogeneo di acqua che subisce un aumento progressivo di salinità e temperatura man mano che si espande verso il bacino orientale del Mediterraneo (Fig. 3). All'interno del Canale di Sicilia le MAW si dividono in due flussi, quella Atlantico-Ionica (Atlantic Ionian Stream – AIS) che scorre verso Sud-Est vicino la costa siciliana, caratterizzato da valori minimi di salinità, e quella Atlantico-Tunisina (Atlantic Tunisian Current - ATC) che scorre verso Sud sulla piattaforma tunisina (Pierini e Rubino, 2001; Béranger et al., 2004). Tuttavia, in estate la maggior parte della MAW è convogliata nella AIS, formando tre principali meandri nel Canale di Sicilia da ovest verso est: il ciclonico Adventure Bank Vortex (ABV), l'anticiclonico Maltese Channel Crest (MCC) e il ciclonico Ionian Shelf-break vortex (ISV), prima di diffondersi nel mar Ionio (Robinson et

al., 1999; Lermousiaux e Robinson 2001) (Fig. 4). La complessa topografia del fondale e il sistema di correnti che si generano in esso, rendono pertanto, il Canale di Sicilia un'area altamente produttiva (Falcini et al., 2015), tanto da essere considerata un "Ecologically or Biologically Significant Areas" (EBSA) (Papale et al., 2020), risultando habitat ideale per diverse specie di cetacei.

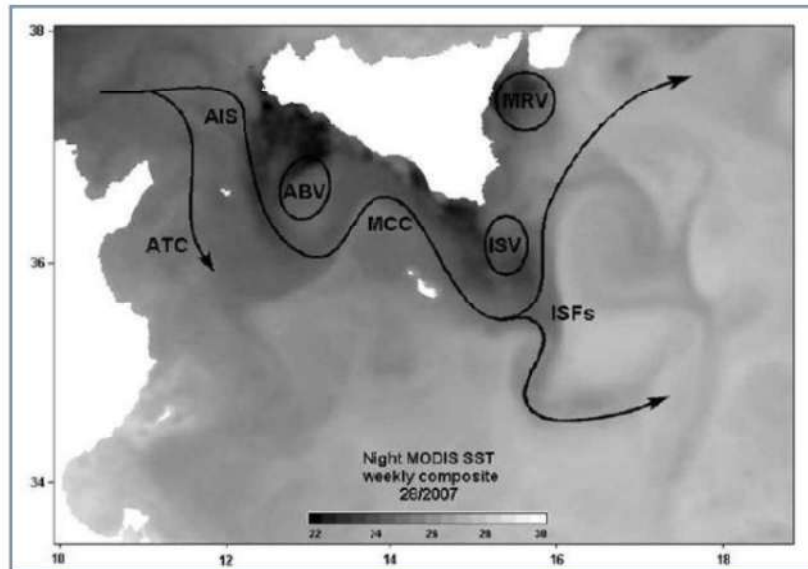


Fig. 4 - Circolazione superficiale estiva nel Canale di Sicilia.

1.2 DESCRIZIONE DELLE PRESSIONI PRESENTI NELL'AREA DI INTERESSE POTENZIALMENTE SIGNIFICATIVE PER LE POPOLAZIONI DI MAMMIFERI MARINI

Il Canale di Sicilia è considerato una delle aree con i più alti livelli di urbanizzazione del bacino Mediterraneo. I principali usi dell'area sono legati alla pesca, acquacultura, traffico navale e turistico, trivellazione ed estrazione del petrolio, installazione di gasdotti e cavi di comunicazione (UNEP-MAP-RAC/SPA, 2014, Di Lorenzo et al., 2018). Negli studi citati, tra i potenziali usi dell'area con conseguente possibile impatto sulla biodiversità dell'ecosistema viene considerata anche la costruzione di impianti eolici offshore. Sebbene le energie rinnovabili siano un punto cruciale per l'EU *energy policy* e che la direttiva europea 2018/2001 per la promozione delle energie rinnovabili preveda che gli stati membri ottengano il 32% dei loro consumi energetici da fonti di energia rinnovabili entro il 2030, è necessario tenere sempre in considerazione l'effetto che la realizzazione di parchi eolici offshore potrebbe avere sul fondale marino, sugli habitat bentonici e pelagici, sulle alterazioni nella catena alimentare, sull'inquinamento derivante da un aumento del traffico navale, dei contaminanti rilasciati sul fondale e sul rumore prodotto (Bailey et al., 2014). Tutte queste attività possono rappresentare pressioni antropiche che riducono la fruibilità di habitat critici da parte dei mammiferi marini nell'area.

1.2.1 Pesca

Le attività di pesca sono considerate indubbiamente tra le principali forme di pressioni esercitate sui cetacei da parte dell'uomo (e.g. Carlucci et al., 2020). In particolare, la pesca può rappresentare una seria minaccia allo stato di conservazione di delfini e balene in alcune circostanze locali, attraverso un incremento diretto della loro mortalità a causa delle catture accidentali nelle reti da pesca (bycatch) (Bearzi 2002; Gilman et al., 2006; Mintzer et al., 2018; Hamilton e Baker 2019). Questa circostanza è stata ampiamente evidenziata anche per quanto riguarda la riduzione delle popolazioni osservate in diverse specie di cetacei mediterranei, la qual cosa incide profondamente sul mantenimento complessivo della diversità biologica comunitaria (ISPRA 2012). D'altronde, i cetacei sono i principali predatori o consumatori nella rete trofica e attraverso il loro ruolo di controllo, esercitato secondo i meccanismi della cascata trofica (Estes et al.2011; Spitz et al. al.2018), assicurano la stabilità delle reti alimentari marine agendo come specie architrave (Roman et al.2014). Pertanto, un'eventuale riduzione della loro consistenza è un chiaro e significativo segnale di profonda compromissione dell'ecosistema marino.

La pesca nella FAO GFCM Geographical Sub Area 16 (South of Sicily) e GSA15 (Malta) del Canale di Sicilia (Fig. 5), così come in altri settori mediterranei è di tipo multispecifico, con un elevato numero di stock sfruttati e diversi attrezzi da pesca utilizzati. Secondo la FAO General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM) l'area di interesse per la costruzione del parco eolico rientra nel dominio di azione di 1121 pescherecci attualmente operativi (FAO, 2020) (Fig. 6). Tra questi, ben 1095 sono i pescherecci da traino autorizzati per la pesca delle specie demersali nella GSA16. Dalla valutazione degli stock ittici effettuata nel contesto di serie storiche di dati da fishery independent e fishery dependent surveys si osserva una generalizzata condizione di overfishing nell'intero bacino, con numerosi stock ittici ancora soggetti ad uno sfruttamento intensivo anche nell'area di interesse. Già dal 2016, il MIPAAF (Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali) ha definito il "Piano di Gestione Nazionale relativo alle flotte di pesca per la cattura delle risorse demersali nell'ambito della GSA 16 (Stretto di Sicilia)", redatto ai sensi degli artt. 18 e 19 del Regolamento (CE) n.1967/2006 relativo alle misure di gestione per lo sfruttamento sostenibile delle risorse della pesca nel Mar Mediterraneo, nonché degli articoli 7, 9 e 10 del Regolamento (UE) n.1380/2013 relativo alla Politica Comune della Pesca. Inoltre, attualmente alcune porzioni dello Stretto di Sicilia sono state segnalate dalla GFCM come Fisheries Restricted Area (FRA), ovvero come aree in cui le attività di pesca sono momentaneamente o definitivamente sospese o ridotte al fine di proteggere habitat fondamentali per le specie marine (Fig. 7). Per quanto riguarda il bycatch si registra una positiva diminuzione delle catture accidentali dovute all'utilizzo di reti derivanti, soprattutto a seguito della loro messa al bando da parte dei regolamenti comunitari UE. In ogni caso, permane ancora una quota di bycatch che riguarda soprattutto i piccoli pescherecci che operano sotto costa utilizzando tramagli e reti da posta e coinvolgono cetacei di piccole-medie dimensioni come la stenella striata (*Stenella coeruleoalba*), il tursiope (*Trursiops truncatus*) ed il delfino comune (*Delphinus delphis*) (specie presenti nell'area di interesse) (Fig. 8 e 9).

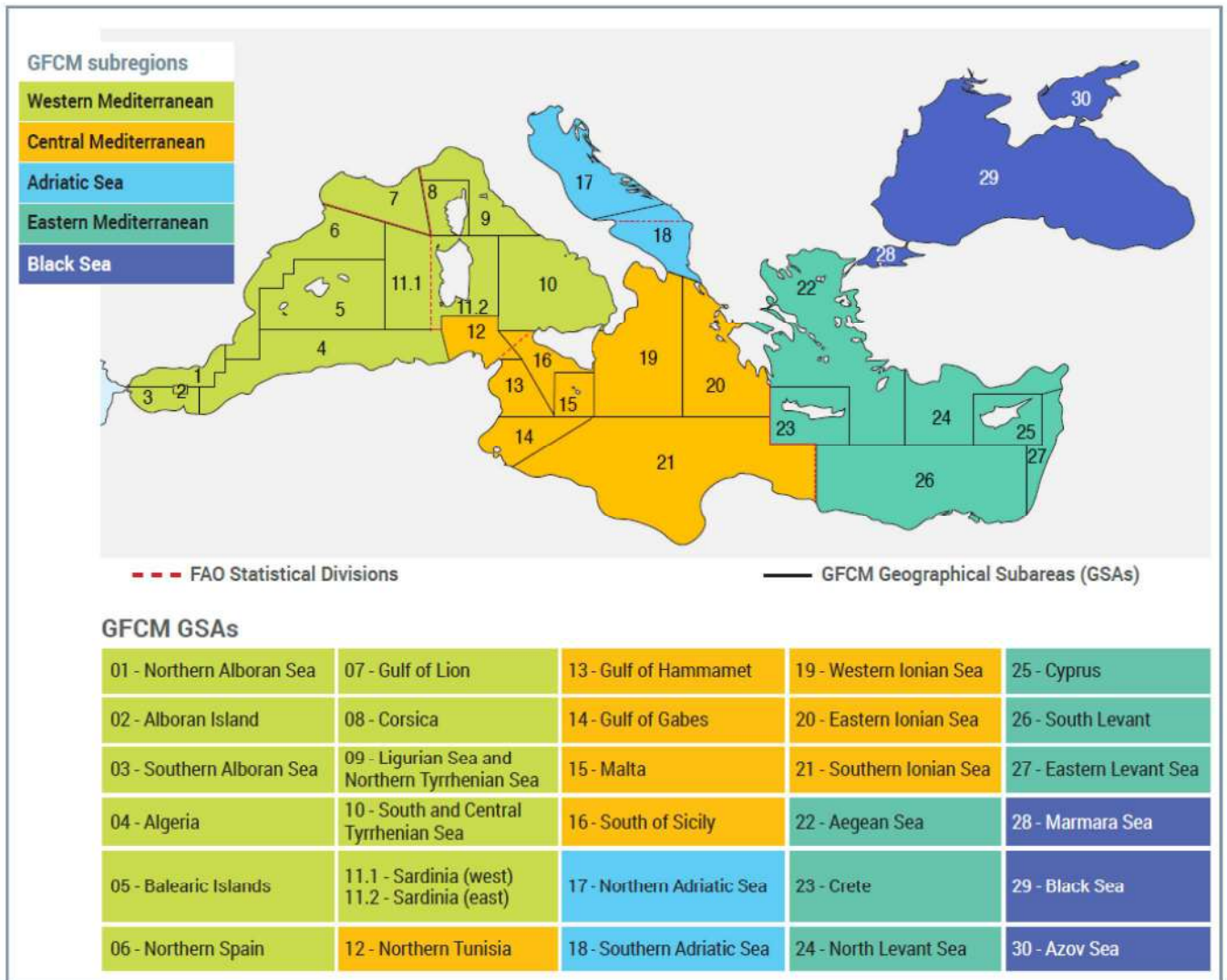


Fig. 5 - Aree di gestione e monitoraggio individuate dalla GFCM (FAO,2020)

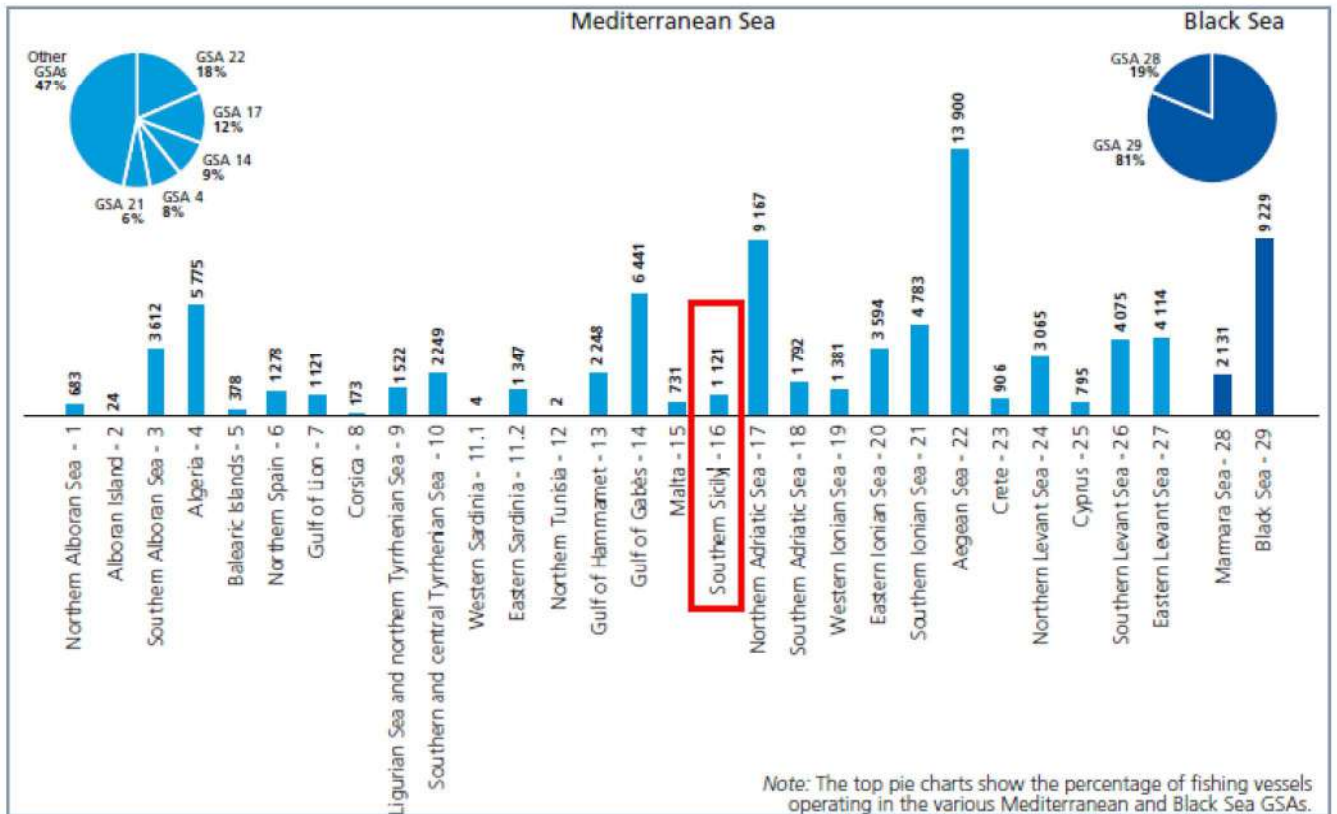


Fig. 6 - Numero pescherecci presenti nelle diverse GSA (FAO,2020)

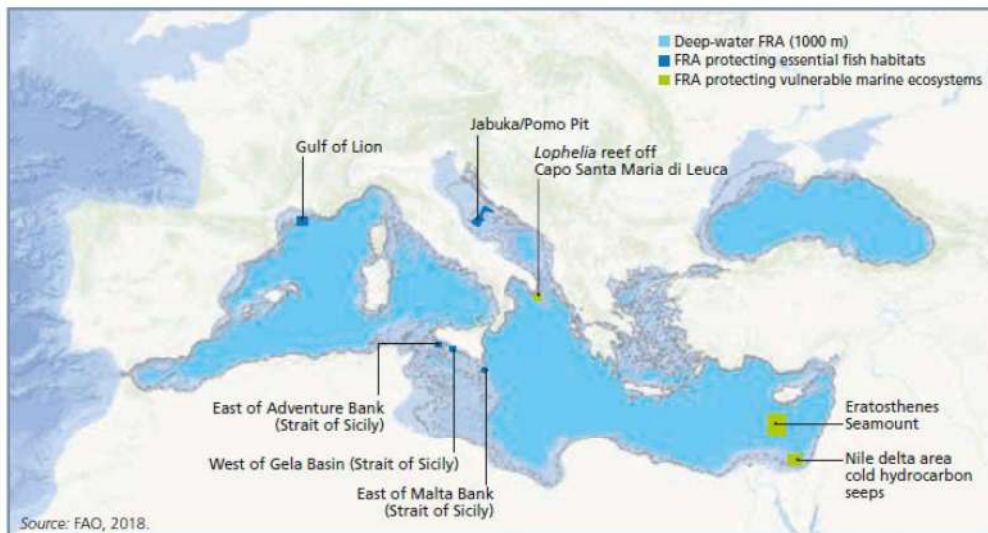


Fig. 7 - Mappa delle FRA - Fisheries Restricted Area (FAO,2020)

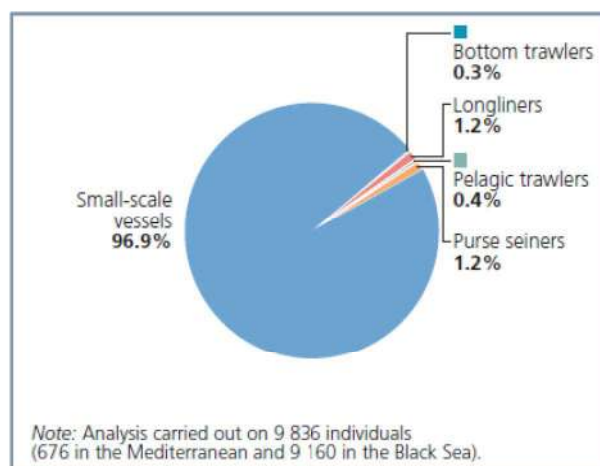


Fig. 8 - Percentuale per tipo di imbarcazione delle catture accidentali registrate nelle GSA dal 2000-2020 (FAO,2020)

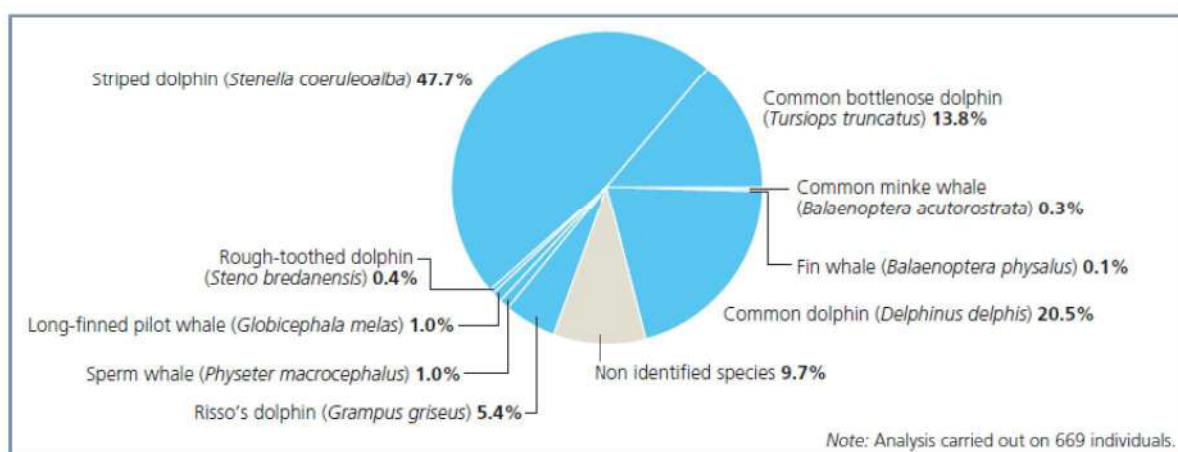


Fig. 9 - Percentuale specie catturate accidentalmente nelle GSA dal 2000 al 2020 (FAO,2020)

1.2.2 Traffico navale e turismo

Il Canale di Sicilia è una delle più importanti tratte per il trasporto di petrolio nel Mediterraneo. Il traffico è intenso dal momento che connette la parte ovest del bacino Mediterraneo con quella orientale, convogliando navi dal Mar Nero e dal Mar Rosso via Canale di Suez fino allo Stretto di Gibilterra. Le petroliere che transitano nello stretto risultano essere quasi l'80% di tutte quelle presenti nell'intero bacino. Per questa ragione il canale di Sicilia è ad alto rischio di inquinamento da idrocarburi nell'eventualità infausta di un incidente navale. A tal proposito, basti pensare che tra il 1978 e il 2003 sono avvenuti 470 incidenti con 305.000 tonnellate di petrolio e 136.000 tonnellate di diversi prodotti chimici riversati in mare (Di Lorenzo et al., 2018). A questo problema, bisogna aggiungere il rischio delle collisioni tra le grosse navi ed i grandi cetacei. Non a caso, questa eventualità è stata identificata, come una delle minacce principali per le popolazioni di capodogli e di balenottere comuni che transitano nell'area (ISPRA 2012). Il turismo rappresenta uno delle più importanti attività economiche in Sicilia. Le aree costiere sono sottoposte ad elevate pressioni

turistiche, specialmente nei mesi estivi. L'urbanizzazione della costa con la creazione di strutture ricettive sta avendo un impatto notevole sui fragili habitat costieri (ad esempio le praterie di *Posidonia oceanica*) e sulla presenza di specie a rischio di estinzione come la foca monaca (*Monachus monachus*) e le tartarughe marine tipo *Caretta caretta* (Di Lorenzo et al., 2018). Inoltre, l'elevata attività turistica determina la presenza di numerose barche a motore indicate per uso ricreativo con effetti potenziali soprattutto per i delfini costieri quali i tursiopi segnalati nell'area (La Manna et al., 2013).

1.2.3 Contaminanti

Un ulteriore fattore di rischio per i cetacei è rappresentato dalla loro esposizione a sostanze chimiche contaminanti quali i metalli pesanti ed i composti organici persistenti e bioaccumulabili rilasciati direttamente od indirettamente in mare dall'uomo. Pur con dinamiche differenti, questi inquinanti sembrano avere effetti negativi sulle capacità riproduttive e sullo stato di salute di delfini e balene, compromettendo il loro stato di conservazione (ISPRA 2012). Infatti, i cetacei, in quanto predatori d'apice della catena alimentare, accumulano elevate quantità di metalli attraverso le loro prede in un processo di bioaccumulo. L'eccessivo accumulo di questi metalli pesanti all'interno di tessuti e organi ha effetti citotossici nell'animale contaminato, andando ad interferire con le attività enzimatiche e metaboliche. In uno studio realizzato dal IAS-CNR di Capo Granitola sono stati infatti analizzati campioni di diversi tessuti di 12 stenelle striate e 12 tursiopi spiaggiati lungo le coste italiane dal 2000 al 2009 (Ballante, unpublished). La maggiore parte di questi, in particolare 8 stenelle e 5 tursiopi rispettivamente, risultavano spiaggiati lungo le coste dello stretto di Sicilia e presentavano gradi di contaminazione da Arsenico e Cadmio (tra gli elementi più tossici per gli organismi viventi) all'interno dei tessuti (Tabella 1).

Tabella 1 - Concentrazione di Cadmio e Arsenico nei tessuti analizzati da Ballante et al.

Specie	Area	Length	Heart		Kidney		Liver		Lung		Muscle	
			Cd	As	Cd	As	Cd	As	Cd	As	Cd	As
<i>S. coeruleoalba</i>												
Sc1	Sicily Channel	85			0.1	2.8			<0.1	1.1	<0.1	1.1
Sc2	Sicily Channel	190	0.6	0.8			4.5	0.7	1.1	<0.5	0.1	<0.5
Sc3	Sicily Channel	182	0.1	14.1	84.8	10.2	16.4	10.7	1.1	6.4	0.1	4.1
Sc4	Sicily Channel	131	<0.1	3.2	10.1	3.8	1.7	5.8	0.1	3.5	<0.1	2.9
Sc5	Sicily Channel	98	<0.1	1.5	1.8	6.2	0.3	7.5	0.3	0.5	<0.1	5.1
Sc6	Sicily Channel	103	<0.1	1.5	0.9	1.3	0.2	1.9	0.2	0.9	<0.1	0.7
Sc7	Sicily Channel	173	0.2	11.5	49.5	1.6	6.9	7.2	0.5	1.0	0.2	0.5
Sc8	Sicily Channel	110	0.6	5.1	7.9	2.9	2.3	3.0	0.3	<0.5		
Sc9	Tyrrhenian Sea	91			<0.1	<0.5						
Sc10	Tyrrhenian Sea	131			2.8	2.7	0.9	1.6			0.1	<0.5
Sc11	Tyrrhenian Sea	110					6.0	2.9			0.1	<0.5
Sc12	Tyrrhenian Sea	192					9.2	<0.5			0.3	0.5
<i>T. truncatus</i>												
Tt1	Sicily Channel	100	<0.1	1.1	<0.1	3.1			<0.1	<0.5		
Tt2	Sicily Channel	225	0.7	10.8			12.5	9.6	0.9	7.3	<0.1	4.7
Tt3	Sicily Channel	180	0.2	2.5	5.9	1.5	1.5	8.3	0.2	<0.5	0.1	4.3
Tt4	Sicily Channel	270	0.4	8.4	54.3	6.2	8.6	5.6	1.1	3.3	1.0	3.2
Tt5	Sicily Channel	130	<0.1	2.5	4.3	0.9	0.7	2.3	0.1	<0.5	<0.1	<0.5
Tt6	Adriatic Sea	276			2.5	3.8	0.7	1.9				0.7
Tt7	Adriatic Sea	285			4.6	2.4	0.8				0.1	1.9
Tt8	Adriatic Sea	136			0.1	0.6					<0.1	<0.5
Tt9	Tyrrhenian Sea	213			0.3	<0.5		<0.5			0.1	<0.5
Tt10	Tyrrhenian Sea	150			<0.1	3.9	0.1	2.0			<0.1	2.7
Tt11	Tyrrhenian Sea	265			2.8	1.3	1.8	<0.5			0.1	0.9
Tt12	Tyrrhenian Sea	150			<0.1	<0.5	<0.1	<0.5			<0.1	

2 DESCRIZIONE DELLE SPECIE PRESENTI DI MAMMIFERI MARINI - DESCRIZIONE DELLE ROTTE DI SPOSTAMENTO CONOSCIUTE E/O DELLE AREE DI PERMANENZA

2.1 PRESENZA E DISTRIBUZIONE MAMMIFERI MARINI NEL MAR MEDITERRANEO

Nel Mar Mediterraneo i dati raccolti riportano la presenza di 26 specie diverse di cetacei, di cui 8 risultano residenti nel bacino e differenziate a livello genetico rispetto alle popolazioni atlantiche: Balenottera comune *Balaenoptera physalus*, Capodoglio *Physeter macrocephalus*, Stenella striata *Stenella coeruleoalba*, Grampo *Grampus griseus*, Globicefalo *Globicephala melas*, Tursiope *Tursiops truncatus*, Delfino comune *Delphinus delphis*, Zifio *Ziphius cavirostris* (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014). Da diversi studi, condotti nel bacino Mediterraneo, è emerso come la distribuzione e l'abbondanza delle specie di cetacei dipenda dalla topografia del fondale ed in particolare essa risulta legata alla presenza di tre complessi geo-morfologici: canyon sottomarini, inter-canyons e montagne sottomarine (Aïssi et al., 2012). Stenelle striate e balenottere comuni risultano più abbondanti nell'intorno prossimo di montagne sottomarine, entro le 20 miglia (Morato et al., 2008; Aïssi et al., 2013a) (Fig. 10). Mentre i capodogli risultano preferire canyon sottomarini. Vi è, infatti, una differenza rilevante nel tasso di incontro di questa specie nelle tre topografie citate (Aïssi et al., 2013b) (Fig. 11).

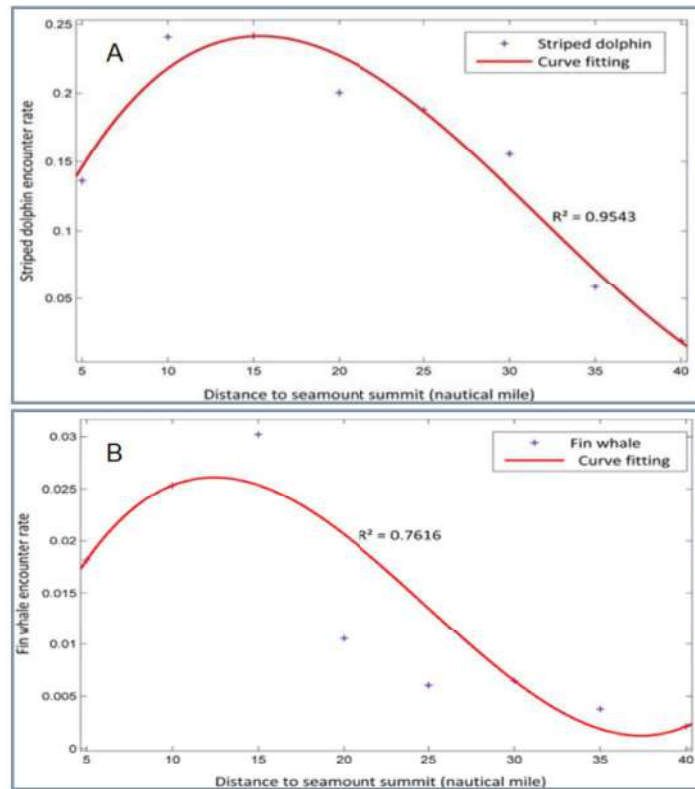


Fig. 10 - Variazione del tasso di incontro di (A) stenella striata e (B) balenottera comune in relazione alla distanza dalla montagna sottomarina più vicina (Aïssi et al., 2013a)

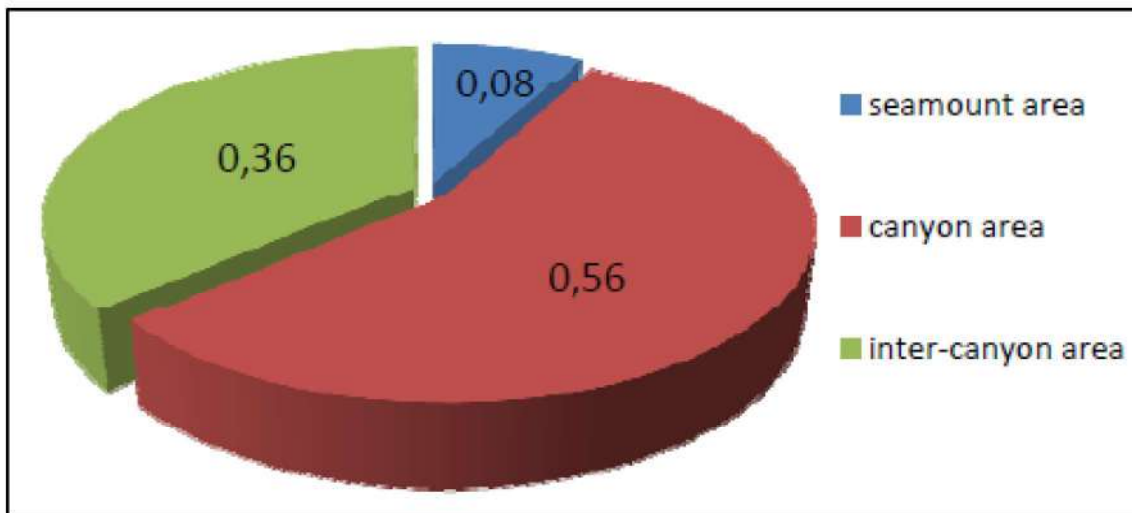


Fig. 11 - Percentuale di avvistamento di capodogli nei pressi di montagne sottomarine (blu), canyon (rosso) e, inter-canyon (verde) (Aïssi et al., 2013b).

2.2 PRESENZA E DISTRIBUZIONE MAMMIFERI MARINI NEL CANALE DI SICILIA

Nel canale di Sicilia, la topografia del fondale, le correnti e la conseguente produzione primaria elevata, creano le condizioni ottimali per la presenza di diverse specie di cetacei. Nello specifico,

secondo Notarbartolo et al. (1993) ed Arcangeli et al. (2001), le specie osservate nel Canale di Sicilia e considerate come regolari o occasionali sono:

- *Balaenoptera physalus*;
- *Physeter macrocephalus*;
- *Ziphius cavirostris*;
- *Globicephala melas*;
- *Grampus griseus*;
- *Tursiops truncatus*;
- *Stenella coeruleoalba*;
- *Delphinus delphis*.

Per i grandi cetacei come, la balenottera comune ed il capodoglio quest'area rappresenta un'importante area di passaggio nelle loro migrazioni. Mentre gli avvistamenti di capodoglio avvengono nel corso di tutto l'anno nelle zone più profonde del canale di Sicilia (Fig. 12), la balenottera comune transita nelle acque più costiere, specialmente intorno all'isola di Lampedusa dove è stata individuata una *feeding area*, nel periodo tra l'inverno e la primavera (fine febbraio-inizio marzo) quando la presenza di plancton, in particolare di *Nyctiphanes counchiin*, è elevata (Canese et al., 2006; Aïssi et al., 2008) (Fig. 13).

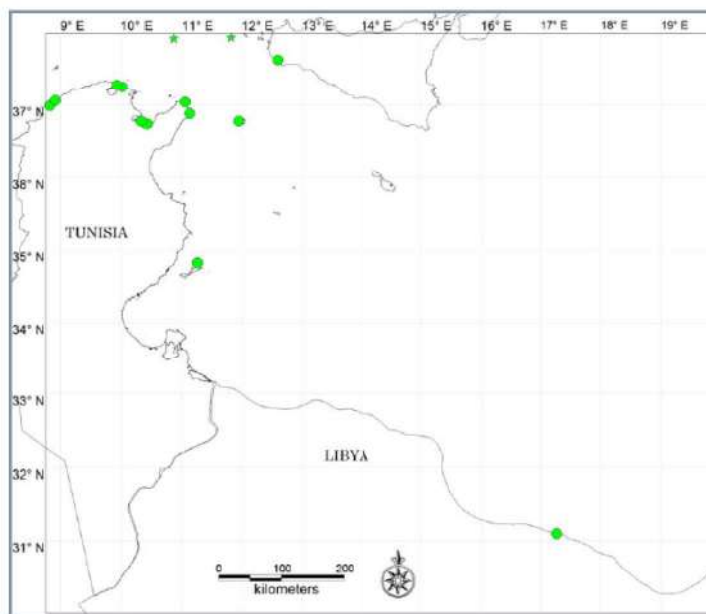


Fig. 12 - Punti di avvistamento di capodoglio nel canale di Sicilia: (dots: eventi di spiaggiamento; stelle: avvistamento visivo da indagini dedicate o opportunistiche) (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

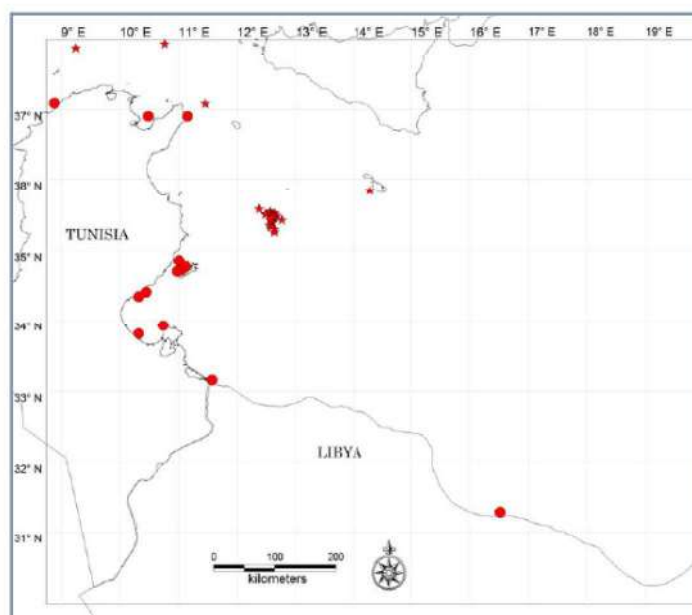


Fig. 13 - Punti di avvistamento della balenottera comune nel canale di Sicilia: (dots: eventi di spiaggiamento; stelle: avvistamento visivo da indagini dedicate o opportunistiche) (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

Inoltre, diversi studi documentano la distribuzione di tursiopo (Fig. 14), delfino comune (Fig. 15) e stenella striata (Fig. 16) che risultano le specie più abbondanti nel canale di Sicilia, in particolare lungo le coste tunisine (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014; Vella & Vella, 2012).

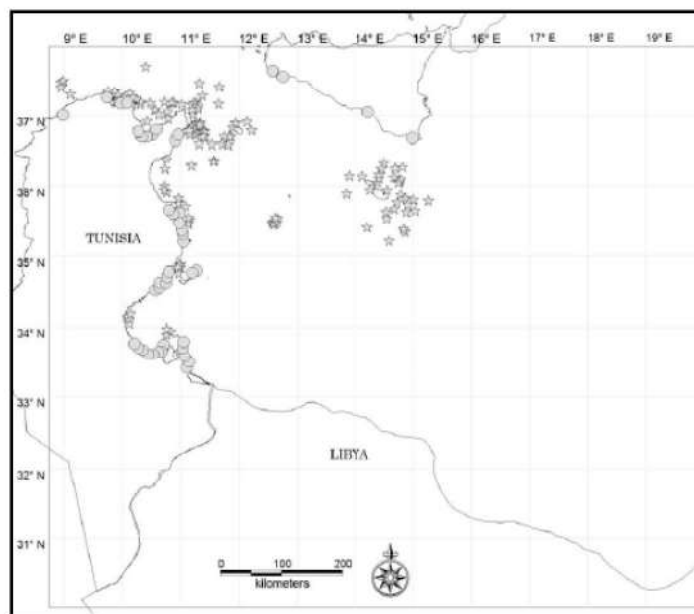


Fig. 14 - Punti di avvistamento del tursiopo nel canale di Sicilia: (dots: eventi di spiaggiamento; stelle: avvistamento visivo da indagini dedicate o opportunistiche) (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

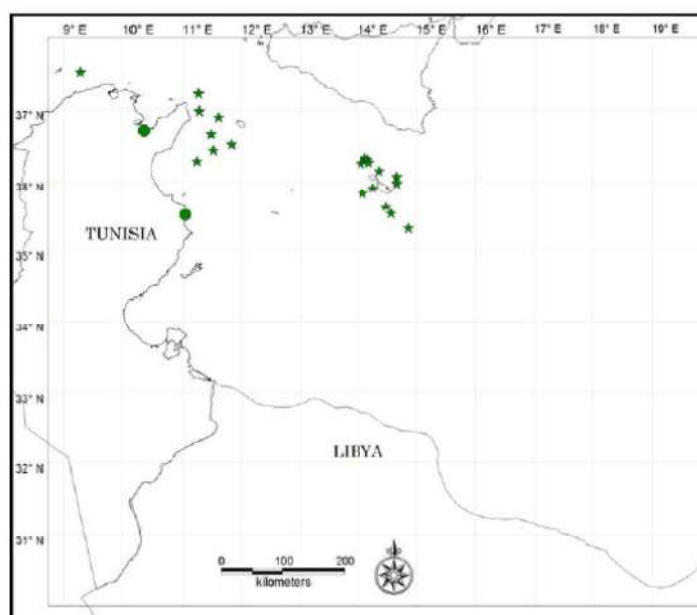


Fig. 15 - Punti di avvistamento del delfino comune nel canale di Sicilia: (dots: eventi di spiaggiamento; stelle: avvistamento visivo da indagini dedicate o opportunistiche) (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

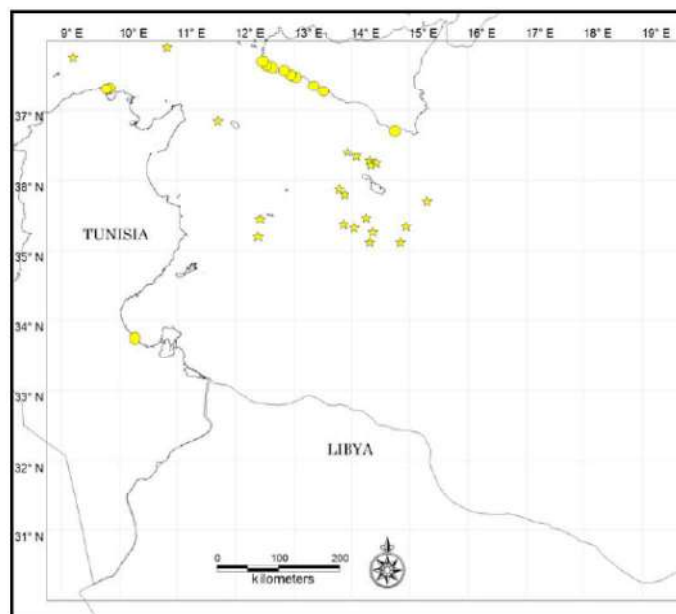


Fig. 16 - Punti di avvistamento di *stenella striata* nel canale di Sicilia: (dots: eventi di spiaggiamento; stelle: avvistamento visivo da indagini dedicate o opportunistiche) (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

Le informazioni relative alla presenza di zifio (Fig. 17) e globicefalo (Fig. 18) derivano dai dati sugli spiaggiamenti che fortunatamente risultano per queste specie sporadici e non sufficienti ad ogni tentativo di stima della loro effettiva distribuzione nell'area anche se dovrebbe comunque riguardare ambienti pelagici (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

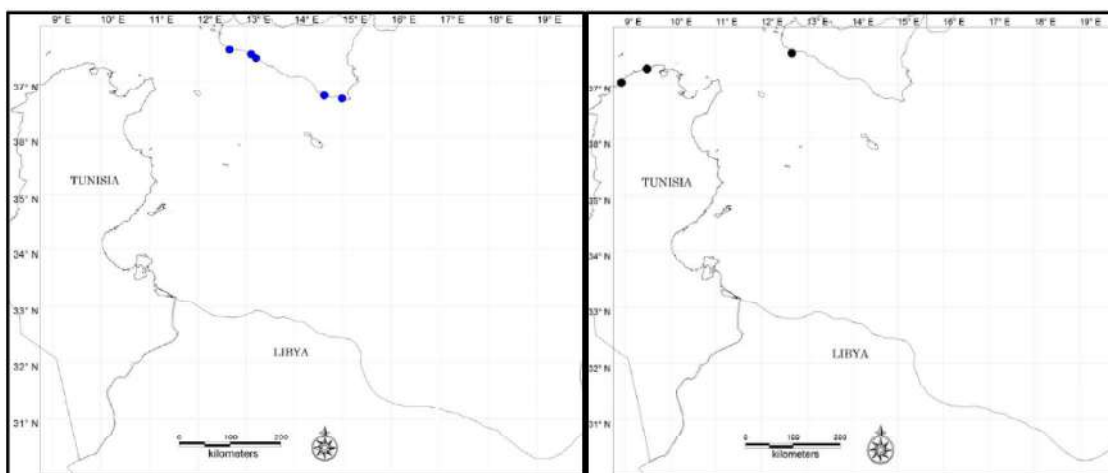


Fig. 17 - Punti spiaggiamento dello zifio (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

Fig. 18 - Punti spiaggiamento del globicefalo (UNEP-MAP-RAC/SPA,2014).

Nell'area di interesse per la costruzione dell'impianto eolico offshore i dati riportati in letteratura risultano ancora scarsi e frammentari. Tuttavia, recenti studi confermano nell'area la presenza predominante del tursiopo (Buscaino et al., 2015). In particolare, uno studio effettuato tra Capo Feto, Capo Granitola e Capo San Marco ha riportato la presenza di una popolazione di circa 140 individui di *T. truncatus* (Papale et al., 2016). Tra questi individui diverse femmine creano

un'aggregazione stabile che mostra un maggior grado di residenza nell'area. L'analisi della *site fidelity* (tasso di fedeltà ad un sito) e i movimenti documentati lungo le coste siciliane grazie alla foto-identificazione (Melodia et al., 2019) suggeriscono che questi individui abbiano un ampio home range che si estende ben oltre l'area analizzata nello studio. Questi dati hanno implicazioni importanti nella gestione del campo offshore. Infatti, sebbene il tursiope sia conosciuto come una specie costiera, non è la distanza dalla costa a determinare il suo habitat preferenziale ma sono le caratteristiche e la profondità del fondale a permetterne la presenza (profondità generalmente inferiori ai 200 m). Tra l'area analizzata nello studio e l'area in cui è prevista l'installazione del parco eolico non ci sono barriere topografiche e geografiche che ne impediscono la presenza, pertanto è necessario considerare la presenza e il transito di questa specie nel valutare l'impatto che la costruzione dell'impianto avrebbe sulla fauna marina. Per quanto concerne la presenza di foca monaca mediterranea nello stretto di Sicilia e nell'area di interesse, gli avvistamenti risultano sporadici e la popolazione non residente nell'area.

3 DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE FISILOGICHE E DI SENSIBILITA' AI DISTURBI ACUSTICI SULLA CETOFAUNA DEL CANALE DI SICILIA

3.1 IL RUMORE AMBIENTALE E SENSIBILITÀ UDITIVA NEI MAMMIFERI MARINI

In ambiente acquatico la propagazione del suono può raggiungere la velocità massima di 1500 m/s. Sfruttando questa caratteristica fisica dell'ambiente i Cetacei in particolare gli Odontoceti (delfini, orche, capodogli) e Mysticeti (balene) hanno sviluppato specifici adattamenti per utilizzare il suono come strumento di comunicazione su grandi distanze nonché di visione subacquea alternativa (Bradley et al., 2008) tramite l'eco-localizzazione. Il range delle frequenze utilizzate per comunicare è estremamente variabile. Infatti, le balene utilizzano gli infrasuoni per le comunicazioni a lunga distanza (Watkins et al., 1987), con valori di frequenza inferiori a 100 Hz, mentre gli Odontoceti utilizzano *range* che si spingono fino anche agli ultrasuoni intorno a 200 kHz ma ad inferiore distanza (Au, 1993). Tuttavia, i loro segnali sonori si integrano al rumore naturale dell'ambiente formando un insieme acustico complesso (Urlick, 1983) al quale contribuisce sempre più anche l'uomo con una forma di inquinamento, quello acustico, che ha profondi impatti sulla loro vita (Richardson et al., 1995) (Fig. 19).

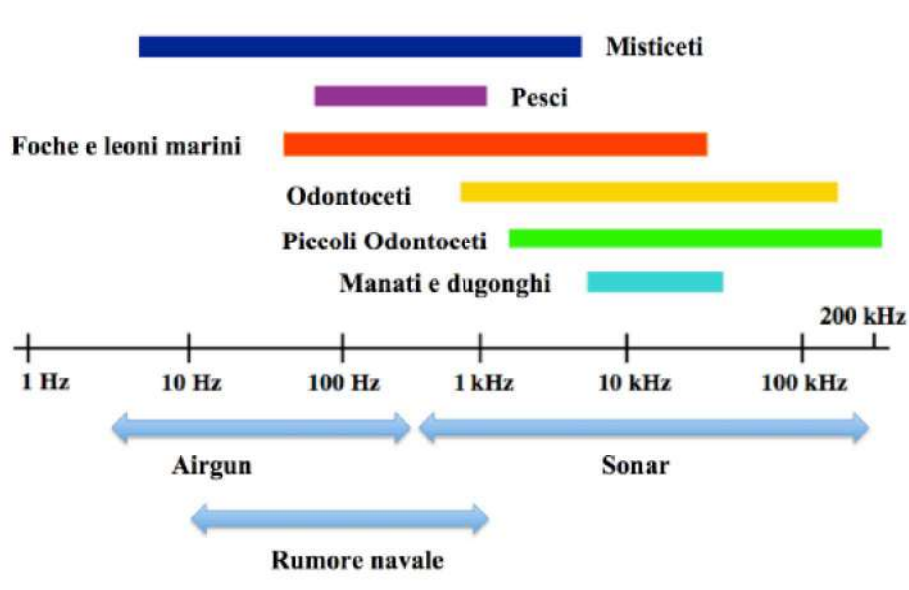


Fig. 19 – Frequenze di emissione di Odontoceti e Mysticeti e frequenze delle maggiori fonti di rumore antropico.

Le categorie di produzione del rumore antropico spaziano da sorgenti puntuali di alta potenza come sonar navali, esercitazioni addestrative militari, esplosioni per demolire strutture offshore, brillamento di ordigni bellici, *airgun* usati nelle prospezioni geosismiche, che possono essere letali a breve distanza, a sorgenti più o meno discontinue come la costruzione di opere offshore e sulla costa, a emissioni costanti e diffuse, come con il traffico navale, gli impianti industriali offshore, che, seppur non immediatamente letali, possono avere un impatto significativo sul comportamento e sul

benessere dei singoli individui e conseguentemente un impatto negativo a livello di popolazione (MacGillivray et al., 2014) (Tabella 2).

Tabella 2 - Fonti di rumore antropico classificati in base alla frequenza.

Type	Model	Frequency (kHz)	Beam width (-3 dB)	Beam orientation	level (rms dB re 1 μ Pa @ 1 m)	Rep. rate (/sec)	Pulse length (ms)
<i>Low-frequency (<10 kHz)</i>							
Airgun array	Bolt 4 \times 40 in ³	0.005-2 (pulse)	n/a	n/a	229 ^b	0.1	100
Sub-bottom profiler	EdgeTech DW-106	1-6 (chirp)	28°-36° circular	vertical	200	15	33
<i>Mid-frequency (10 to 100 kHz)</i>							
Communications transceiver	Simrad HiPAP 500 USBL	23	10° circular	2° from horizontal ^a	206	1	1000
Fish finding sonar	Simrad SX90	26	7° circular	2° from horizontal ^a	215	1	72
Hydrographic echosounder	Simrad EA500	38	7° circular	vertical	232	0.5	0.1
<i>High-frequency (>100 kHz)</i>							
Multibeam echosounder	Simrad EM2000	200	150° \times 1.5° rectangular	vertical	218	10	0.2
Side-scan sonar	EdgeTech 4500DF	230	50° \times 0.15° rectangular	30° from horizontal	229	10	20

^aSonars with steerable beams were oriented toward the horizontal.

^bMaximum source level in horizontal plane.

Infatti, i dati scientifici mostrano in maniera inequivocabile come le pressioni antropiche contribuiscano in maniera rilevante ai cambiamenti della fruibilità da parte dei cetacei dei loro critical habitat, determinando l'incremento della loro vulnerabilità di breve, medio e lungo periodo, la perdita della biodiversità e delle funzioni ecosistemiche (Cardinale et al., 2012). Nonostante questa consapevolezza tali tendenze negative, seppure corrispondenti ad un peggioramento dei livelli di qualità della vita per la maggioranza della popolazione umana, non sembrano indurre sostanziali alleggerimenti dell'impronta antropica sull'ambiente. Per questo motivo tale pressione è stata ormai riconosciuta come "inquinamento acustico", e considerata a livello legislativo ai fini di gestione delle strategie di conservazione (McCarthy, 2004; Weir et al., 2007; Agardy et al., 2007; Pavan G., 2007a; 2007b; 2008). La Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo (UNCED) di Rio de Janeiro del 1992 ha ratificato una serie di principi sulla responsabilità ed i diritti delle nazioni aderenti, al fine di rendere più sostenibili le pressioni antropiche esercitate sull'ambiente. In particolare, il Principio 15 della dichiarazione in cui governi firmatari vengono vincolati ad applicare un approccio cautelativo al fine di proteggere l'ambiente, anche quando non vi siano prove scientifiche dell'esistenza di una relazione tra le emissioni e gli effetti, secondo un principio di mera ma essenziale precauzione. In ogni caso, nell'eventualità di rischio di danno grave o irreversibile, l'assenza di una piena certezza scientifica non può costituire un motivo per differire l'adozione di misure adeguate volte a prevenire il degrado ambientale. L'applicazione di tale principio è stata riconosciuta anche nella Convenzione sulla Diversità Biologica del 1992 e nell'Articolo 3 della Convenzione sui Cambiamenti Climatici del 1992. L'inquinamento acustico

marino rappresenta una pressione antropica emergente che sta fortunatamente diventando l'oggetto di studi e di regolamentazione a livello internazionale e locale. Infatti, dopo essere stato preso in considerazione da Enti e organizzazioni di varia natura (IWC, ICES, IMO, ACCOBAMS, ASCOBANS) che hanno proposto linee guida di vario tipo per la riduzione del rumore subacqueo e la mitigazione dei relativi effetti, in particolare da sonar e prospezioni geosismiche, ora il problema del rumore è riconosciuto strategico a livello comunitario. Nello specifico la Direttiva Europea sulla Strategia Marina (MSFD 2008/56/EC) identifica 11 parametri per giudicare il buono stato dell'ambiente marino e di questi il parametro 11 riguarda l'immissione di energia nell'ambiente. Ciò include essenzialmente il rumore, riconosciuto in due principali categorie, il rumore continuo a bassa frequenza (soprattutto dovuto al traffico navale) e il rumore impulsivo di elevata potenza (prospezioni geosismiche con airgun, sonar sia militari che civili, costruzioni offshore tramite pile-driving). Infatti, il rumore prodotto dalle attività antropiche si è progressivamente aggiunto al rumore ambientale determinando un fenomeno di inquinamento acustico che per le attività offshore è importante in acqua più che in aria in relazione ai possibili effetti negativi su determinate specie marine. Le attuali conoscenze mostrano chiaramente che i mammiferi marini sono i maggiori *target* dello stress acustico. Per definire l'impatto che una sorgente sonora antropica può avere sui cetacei è necessario considerare il modo in cui si propaga il suono nell'immediato intorno della sorgente e come se ne modificano le caratteristiche via via che ci si allontana da essa. Infatti, i principali fattori che influiscono sui modi di propagazione sono la temperatura, la densità dell'acqua (che dipende dalla sua salinità), la pressione. I fattori limite sono la superficie e il fondale, le cui caratteristiche sono fondamentali per determinare il modo in cui il fronte dell'onda sonora si riflette e quanto invece viene assorbito o rifratto dall'interfaccia tra i diversi mezzi. La variazione di temperatura genera un effetto sulla densità del mezzo considerato. Un aumento di temperatura produce l'espansione del volume d'acqua e di conseguenza la diminuzione di densità (Fig. 20) (Urlick, 1983). Come conseguenza gli strati più superficiali sono meno densi e quindi buoni conduttori di onde sonore.

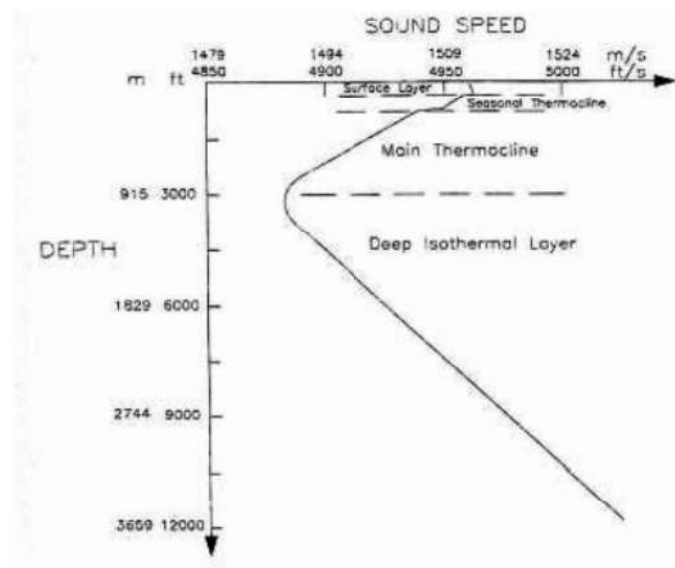


Fig. 20 – Variazione della velocità del suono in mare rispetto alla profondità.

Altro fattore da considerare è la distanza dalla sorgente. Infatti, come suggeriscono Nedwell et al (2003) il livello di rumore prodotto da una sorgente sonora costante diminuirà all'aumentare della distanza a causa di fenomeni di diffusione ed assorbimento. Tuttavia, ad una distanza significativa dalla sorgente sonora il livello più alto del rumore della sorgente sarà sempre inferiore al rumore ambientale. Questa zona viene definita "no possible effect". Viceversa, ad una distanza inferiore il livello più basso del rumore della sorgente sarà comunque più alto del rumore ambientale. In questo caso si parla di "zone of possible effect" (Fig. 21).

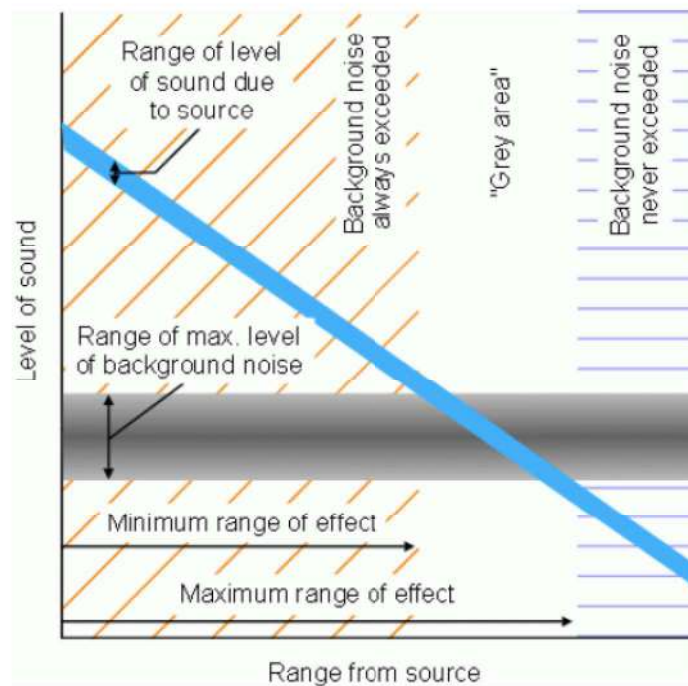


Fig. 21 - Modello di variazione del rumore tra sorgente e rumore ambientale.

Tra queste due aree esiste una zona grigia in cui la sorgente può essere più o meno intensa rispetto al rumore ambientale. Un aumento dell'intensità del rumore antropico si tramuta in diversi livelli di disturbo verso questi animali. Quando a causa del suo livello, frequenza, durata, posizione, o qualche altra caratteristica, il suono introdotto causa lesioni fisiche o suscita reazioni fisiologiche, risposte comportamentali, mascheramento, riduzione temporanea della sensibilità uditiva ovvero supera la capacità di adattamento dei mammiferi marini, questo costituisce una minaccia per i singoli animali o le loro popolazioni (Richardson et al., 1995) (Fig. 22).

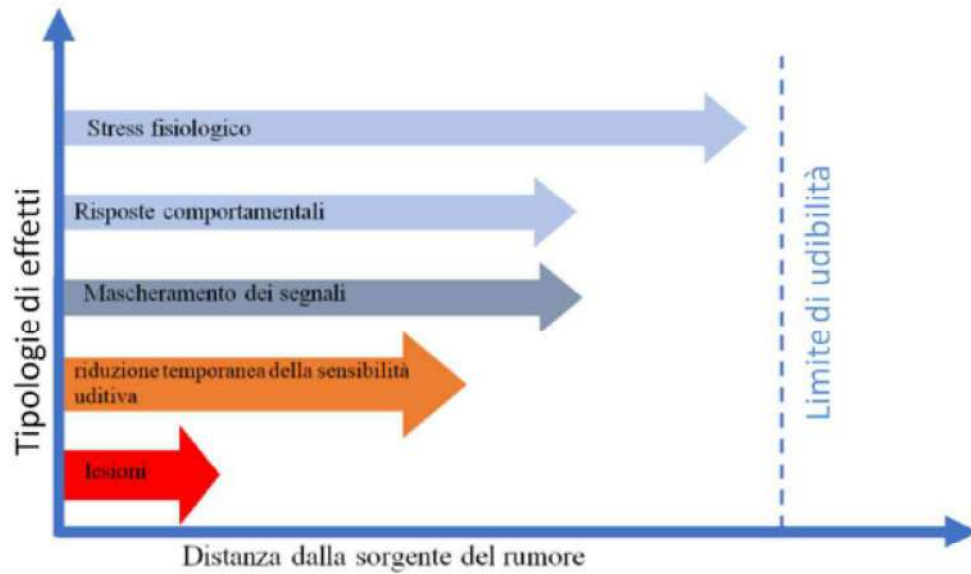


Fig. 22 – Conseguenze del rumore antropico sui cetacei in relazione alla distanza dalla sorgente.

Infatti, il rumore può limitare la capacità degli animali di comunicare (con effetti sulla riproduzione), ma anche di segnalare situazioni di pericolo o di individuare ostacoli e prede tramite il biosonar (Erbe et al.; 2019). Se subito estensivamente, il rumore può produrre stress, alterazioni del comportamento, riduzione della capacità riproduttiva o indurre l'allontanamento da determinate aree o dalle usuali rotte di migrazione. Questo effetto è molto negativo se si tratta di un'area di particolare interesse per la specie come i siti di alimentazione, riproduzione e nursery o può indurre modifiche comportamentali che alterano significativamente l'utilizzo dell'habitat. A titolo esemplificativo si elencano come esempio l'alterazione dei comportamenti abituali come la variazione del tempo trascorso in superficie o la variazione del pattern respiratorio e del comportamento in immersione indotta dai tentativi di evitare la sorgente di suono allontanandosi da essa o dalla zona a più alta intensità acustica (Richardson et al., 1995). In alcuni casi un disturbo uditivo provoca una rapida emersione causata dal sentimento di paura per il forte rumore. In questo caso gli animali subiranno danni diretti dalla compromissione dell'udito sino alla morte per embolia, la cosiddetta *"gas and fat embolic syndrome"* (Fernandez et al., 2005). Le attuali conoscenze scientifiche riguardanti l'udito dei mammiferi e i diversi impatti che il rumore antropico può avere indicano tre tipi di suono considerati rilevanti per definire i criteri ed i valori soglia dell'esposizione al rumore dei mammiferi marini: (1) a singolo impulso, (2) ad impulsi multipli e (3) rumori non impulsivi (Tabella 3).

Tabella 3 - Tipi di suono, caratteristiche acustiche ed esempi di sorgenti sonore di origine antropica.

Sound type	Acoustic characteristics (at source)	Examples
Single pulse	Single acoustic event; > 3-dB difference between received level using impulse vs equivalent continuous time constant	Single explosion; sonic boom; single airgun, watergun, pile strike, or sparker pulse; single ping of certain sonars, depth sounders, and pingers
Multiple pulses	Multiple discrete acoustic events within 24 h; > 3-dB difference between received level using impulse vs equivalent continuous time constant	Serial explosions; sequential airgun, watergun, pile strikes, or sparker pulses; certain active sonar (IMAPS); some depth sounder signals
Nonpulses	Single or multiple discrete acoustic events within 24 h; < 3-dB difference between received level using impulse vs equivalent continuous time constant	Vessel/aircraft passes; drilling; many construction or other industrial operations; certain sonar systems (LFA, tactical mid-frequency); acoustic harassment/deterrent devices; acoustic tomography sources (ATOC); some depth sounder signals

Infatti, l'inquinamento acustico prodotto dalle attività antropiche può ripercuotersi negativamente sull'ambiente acquatico determinando effetti che, in relazione alla natura, alla durata, alla distanza dalla sorgente e alla magnitudo del danno, sono classificabili secondo quanto riportato nello studio di Nedwell (2003):

- Effetti primari (lesioni irreversibili);
- Effetti secondari (lesioni parzialmente reversibili);
- Effetti terziari (variazioni comportamentali).

In considerazione del fatto che la sensibilità dei mammiferi marini ai disturbi sonori è da ricercarsi nella loro fisiologia, il primo passo per la realizzazione di uno studio di impatto acustico è quello di definire i livelli di sensibilità ai disturbi acustici delle specie di cetacei presenti nell'area di interesse. A tal proposito nel lavoro pubblicato da Southall et al., (2009) sono riportati i valori soglia del rumore oltre i quali si possono verificare effetti negativi (primari, secondari o terziari) sui mammiferi marini in relazione alla tipologia di sorgente sonora ed alle caratteristiche proprie degli apparati uditivi delle diverse specie marine, classificandoli in cetacei a bassa, media e alta frequenza. Gli animali esposti ad un suono sufficientemente intenso mostrano un aumento della soglia uditiva (cioè una minore sensibilità) per un certo periodo di tempo dopo l'esposizione; questo è chiamato spostamento della soglia indotta dal rumore (TS). I fattori che influenzano la quantità di TS includono diversi parametri fra cui l'ampiezza, la frequenza e la durata dell'esposizione al rumore. L'entità del TS normalmente diminuisce nel tempo dopo la cessazione dell'esposizione al rumore (Fig. 23).

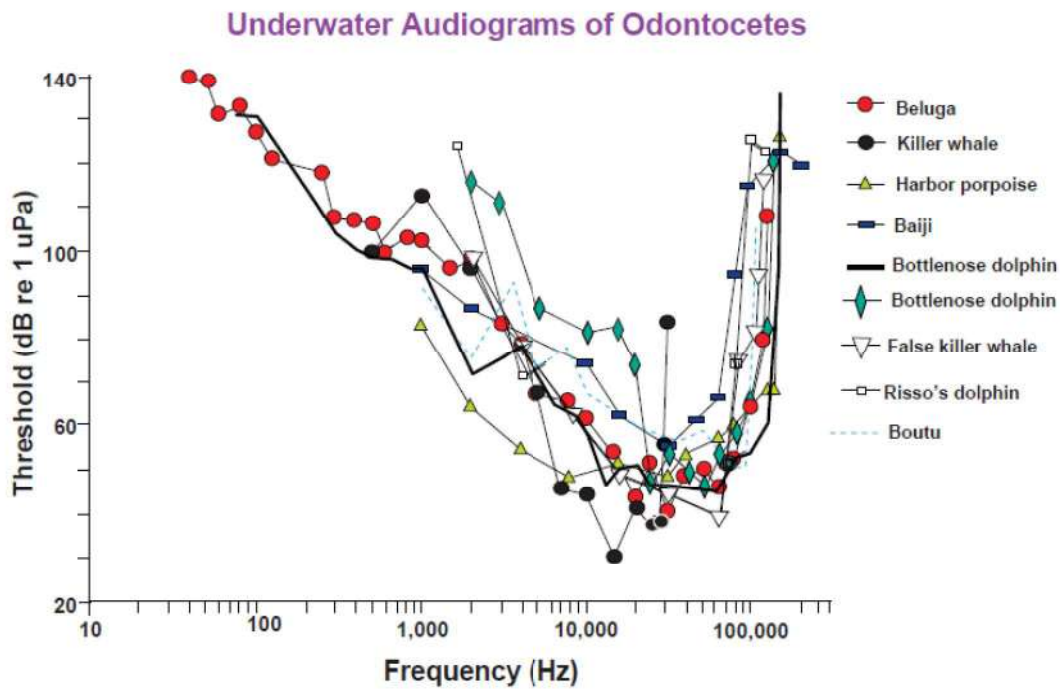


Fig. 23 - Audiogrammi di varie specie di mammiferi marini che illustrano la sensibilità uditiva (soglia) in funzione della frequenza del suono. I punti più bassi sul grafico illustrano una maggiore sensibilità (cioè, l'animale testato potrebbe rilevare suoni di livello inferiore alla frequenza corrispondente) (Wartzok e Ketten, 1999).

Se il TS alla fine ritorna a zero (cioè, la soglia ritorna al valore pre-esposizione), si parla di TTS (*Temporary Threshold Shift*) e quindi di un danno temporaneo. Se la TS non ritorna a zero dopo un intervallo relativamente lungo (dell'ordine di settimane), la TS residua è chiamata spostamento permanente della soglia indotta dal rumore PTS (*Permanent Threshold Shift*). La distinzione tra PTS e TTS dipende dal fatto che ci sia un recupero completo del TS dopo l'esposizione al rumore. L'insorgenza di effetti primari, secondari e terziari è stata effettuata confrontando l'emissione sonora della sorgente antropica con livelli critici di riferimento tali da indurre un danno temporaneo TTS o permanente PTS sugli apparati uditivi dei soggetti colpiti. Sulla base del lavoro pubblicato da Southall et al., (2009) è stato possibile effettuare una classificazione preventiva della sensibilità acustica delle specie di cetacei regolarmente avvistate nel Canale di Sicilia. Da questa analisi è possibile osservare come le specie che popolano abitualmente l'area di interesse appartengano al gruppo dei "cetacei a bassa e media frequenza" che, secondo Southall et al. (2009) possiedono una banda uditiva stimata tra i 7 Hz e 22kHz per i primi e tra 150 Hz e 160 kHz per i secondi (Tabella 4).

Tabella 4 - Gruppi funzionali dell'udito dei mammiferi marini.

Functional hearing group	Estimated auditory bandwidth	Genera represented (Number species/subspecies)	Frequency-weighting network
Low-frequency cetaceans	7 Hz to 22 kHz	<i>Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaeoptera</i> (13 species/subspecies)	M _{lf} (lf: low-frequency cetacean)
Mid-frequency cetaceans	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcacilla, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 species/subspecies)	M _{mf} (mf: mid-frequency cetaceans)
High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	<i>Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	M _{hf} (hf: high-frequency cetaceans)

Sulla base di questo studio sono state definite le soglie di esposizione oltre cui il soggetto colpito manifesta la riduzione permanente (PTS) o temporanea (TTS) della sensibilità uditiva. Tali valori soglia SPL (Source Pressure Level) per i cetacei a bassa (LF) e media frequenza (MF) sono indicati in Tabella 5 (Finneran, 2016).

Tabella 5 - Soglie TTS/PTS per i mammiferi marini suddivisi in classi di frequenza.

Group	Non-impulsive		Impulse			
	TTS Threshold	PTS Threshold	TTS Threshold		PTS Threshold	
	SEL (Weighted)	SEL (Weighted)	SEL (Unweighted)	Peak SPL (Unweighted)	SEL (Weighted)	Peak SPL (Unweighted)
LF	179	199	168	213	183	219
MF	178	198	170	224	185	230
HF	153	173	140	196	155	202

Per i cetacei a bassa frequenza (LF):

- per TTS (cambiamento temporaneo della soglia uditiva):
SPL = 213 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$
- per PTS (ferite all'apparato uditivo o cambiamento permanente della soglia uditiva):
SPL = 219 dB re 1 $\mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$

Per i cetacei a media frequenza (MF):

- per TTS (cambiamento temporaneo della soglia uditiva):
 $SPL = 224 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$
- per PTS (ferite all'apparato uditivo o cambiamento permanente della soglia uditiva):
 $SPL = 230 \text{ dB re } 1 \mu\text{Pa}^2 \cdot \text{s}$

3.2 SORGENTE SONORA ANTROPICA

L'impatto acustico di un impianto eolico offshore è declinabile su due scale temporali distinte, una di breve periodo associata alla fase di installazione, l'altra di lungo periodo connessa all'operatività dell'impianto (durata tipica 25-30 anni).

3.2.1 Impatti in fase di installazione

L'utilizzo di strutture galleggianti per il sostegno delle turbine previste nel progetto oggetto di studio non prevede perforazioni dei fondali per l'impilamento. Inoltre, il rumore prodotto dalle navi in fase di installazione risulta drasticamente ridotto in quanto l'assemblaggio avviene in area portuale. Le uniche imbarcazioni utilizzate in modo costante seppur transitorio sono i rimorchiatori, che tuttavia presentano livelli di emissione sonora compatibili con i valori soglia critici per la cetofauna discussi in questa relazione.

3.2.2 Impatti in fase operativa

L'impatto acustico in fase operativa è stato determinato valutando il rumore generato dal funzionamento di una turbina da 10 MW stimato in media sui 110 dB, con spettro di emissione sonora compreso tra i 10 Hz – 10 kHz. Considerando una altezza del mozzo della turbina rispetto al livello del mare di 134 m si ottiene un livello di pressione sonora equivalente pari a 126 dB re 1 μ Pa. Secondo i modelli di propagazione dell'onda sonora in acqua, elaborato da "iLStudio", oltre i 100 m di distanza dalla torre il livello di pressione sonora equivalente per singola turbina risulta inferiore a 90 dB re 1 μ Pa, livello assolutamente al di sotto delle soglie di disturbo comportamentale per la cetofauna a bassa e media frequenza che popola il Canale di Sicilia. Estendendo l'analisi all'intero parco, costituito da 25 aerogeneratori, gli effetti di sovrapposizione dei livelli di pressione sonora tendono ad accumularsi. Tuttavia, il valore di picco stimato del livello di pressione sonora non supera i 126 dB re 1 μ Pa, nettamente inferiore ai valori soglia PTS e TTS relative alle specie sottoposte allo stress. Inoltre, considerando che la posizione del baricentro del parco eolico è esterna alla regione ritenuta habitat per le diverse specie di cetacei che popolano il Canale di Sicilia, con una distanza minima di 10 km, tenuto conto che già a 500 m di distanza dalle installazioni il valore di SPL scende al di sotto dei 75 dB re 1 μ Pa, e che secondo Licitra et al. (2015) l'inquinamento acustico medio rilevato nel Mediterraneo è nell'ordine dei 190-230 dB di picco per segnali impulsivi e di 160-180 dB

per i segnali continui, quindi ben al di sopra del rumore prodotto dalle attività di installazione, non sussiste la possibilità di indurre alcun danno significativo alle specie di cetacei presenti nel Canale di Sicilia. In ogni caso, risulta necessario sviluppare un piano di monitoraggio con lo scopo di garantire la tutela dei cetacei osservati in modo regolare od occasionale nel Canale di Sicilia, ed attuare delle strategie di mitigazione qualora si verificasse la necessità.

4 INFLUENZA DEI CAMPI ELETTROMAGNETICI EMESSI DAI CAVI ELETTRICI DI COLLEGAMENTO POSATI SUL FONDALE.

Il valore medio registrato del campo geomagnetico terrestre è di circa 35 μT , ma la sua intensità varia in funzione della posizione geografica da un minimo di 25 μT all'equatore ad un massimo di 70 μT ai poli. Tuttavia, anche i cambiamenti nell'attività solare comportano variazioni del campo geomagnetico terrestre. Gli eventi più energetici possono provocare disturbi nell'ampiezza e nella direzione del campo magnetico terrestre con un impatto sia sul nostro pianeta che sulla sua magnetosfera. Alcune conseguenze delle correnti geomagnetiche sono l'interruzione delle comunicazioni satellitari e della navigazione e i rischi di danni da radiazioni sia nello spazio che nel trasporto aereo (Mandea et. al 2020). Tali variazioni hanno delle conseguenze anche sulla ecologia di molte specie. Infatti, secondo Wiltshcko e Wiltshcko (1995) diverse specie, tra le quali la maggior parte vertebrati, posseggono un senso geomagnetico utilizzato per l'orientamento. Recenti studi nel campo della magnetocezione animale hanno ipotizzato che anche i cetacei possiedono tale senso (Ferrari, 2016). Poiché molte specie di cetacei migrano per lunghe distanze in un ambiente privo di punti di riferimento come il mare aperto, tale capacità diventa indispensabile come suggeriscono Begall et al., (2014). Questo tipo di correlazioni sono difficili da diagnosticare pertanto ci si è dovuti affidare considerazioni derivanti da prove indirette. A tal proposito nei lavori di Klinowska (1983, 1985) sono state messe in relazione le posizioni degli spiaggiamenti di cetacei con le mappe magnetiche della costa della Gran Bretagna ed è emersa una correlazione tra le posizioni di spiaggiamento e le aree con i minimi magnetici locali. Da ulteriori studi che hanno confermato ed esteso il lavoro iniziale di Klinowska (Kirschvink, 1990; Kirschvink et al., 1986; Klinowska, 1988, 1989, 1990; Walker et al., 1992) sembra che i cetacei usino normalmente le linee di forza (N – S) del campo geomagnetico come guida durante la navigazione a lunga distanza. Tuttavia, tale senso magnetico può essere interrotto durante anomalie del campo geomagnetico terrestre (Kirschvink 1990; Walker et al. 1992; Vanselow & Ricklefs 2005; Vanselow et al. 2009). Infatti, dal lavoro di Ferrari (2016) si può osservare come esista una correlazione tra le date di spiaggiamento dei cetacei con le principali tempeste geomagnetiche che si sono verificate nella magnetosfera terrestre (Fig. 24 ed aggregati dalla Tabella 6).

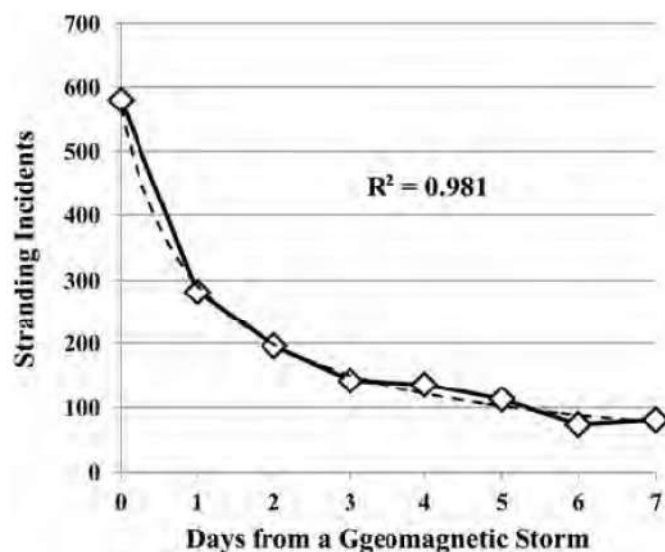


Fig. 24 – Correlazione tra i giorni dopo una tempesta geomagnetica e spiaggiamenti di cetacei.

Tabella 6 - Indagini sugli spiaggiamenti di cetacei di tutto il mondo e i giorni di spiaggiamento di una grande tempesta geomagnetica. Classificati secondo il totale degli spiaggiamenti (Ferrari et al. 2016).

	Mediterranean Sea	Gulf of Mexico	East Coast USA	Florida Panhandle	World	World	Total
Days	1 ^a	2 ^b	3 ^c	4 ^d	5 ^e	6 ^f	Strandings
0	20	289	223	4	12	33	581
1	13	121	132	6	3	7	282
2	7	70	109	0	1	14	201
3	5	71	62	1	1	5	145
4	3	71	59	1	0	2	136
5	2	40	67	1	2	1	113
6	1	28	41	0	2	2	74
7	0	32	48	0	0	2	82
Sums>	51	722	741	13	21	66	1614
R ² >	0.978	0.940	0.949	0.609	0.728	0.811	0.981

In termini di trasmissione del segnale e di ecologia sensoriale il rumore è qualsiasi cosa che riduce la quantità di informazioni ottenute da un segnale da parte di qualsiasi tipo di organo sensoriale. Il rumore può essere dovuto alla variabilità della sensibilità del recettore o alla attenuazione del segnale durante la sua trasmissione attraverso il mezzo, così come al mascheramento del segnale dovuto ad interferenze (Dusenbery, 1992). L'evoluzione ha dotato gli animali di una serie di meccanismi per far fronte a questi disturbi e reagire in modo appropriato per ottimizzare la ricezione di informazioni. Tuttavia, il rumore antropico magnetico come i campi magnetici che sono creati da una corrente elettrica che scorre attraverso i conduttori e che impediscono all'animale di percepire il campo geomagnetico, è notevolmente aumentato negli ultimi decenni (Smith Stegen e Seel, 2013). Sulla base di queste considerazioni è stata valutata l'influenza che ha il campo elettromagnetico generato dal cavo elettrico sottomarino sull'ecosistema marino nell'ambito del progetto del parco eolico offshore nel canale di Sicilia. Nello specifico i cavi elettrici utilizzati per la realizzazione del parco eolico saranno attraversati, durante il funzionamento delle torri eoliche, da una corrente alternata di circa 800 A. Tale flusso di corrente genererà un campo elettromagnetico

che potrebbe avere un potenziale impatto negativo sulla fauna marina presente. Inoltre, come viene suggerito nel lavoro di Gill et al., (2009), il campo elettromagnetico varia molto in funzione dell'intensità della corrente e dalle caratteristiche fisiche dei cavi utilizzati. A tal proposito, per il progetto verrà utilizzato un cavo tripolare cordato ad elica (Fig. 25). Questo in osservanza della normativa CEI – 106 – 11 "Guida per la determinazione delle fasce di rispetto per gli elettrodotti secondo le disposizioni del DPCM 8 luglio 2003 (Art. 6) Parte 1: Linee elettriche aeree e in cavo" giacché il calcolo delle emissioni elettromagnetiche del cavo prescelto deve avere come obiettivo di qualità a breve distanza dal cavo (50÷80 cm) dall'asse del cavo stesso un livello di fondo di 3 μT . Valore preso in considerazione per valutare gli effetti delle emissioni elettromagnetiche sulla fauna marina.

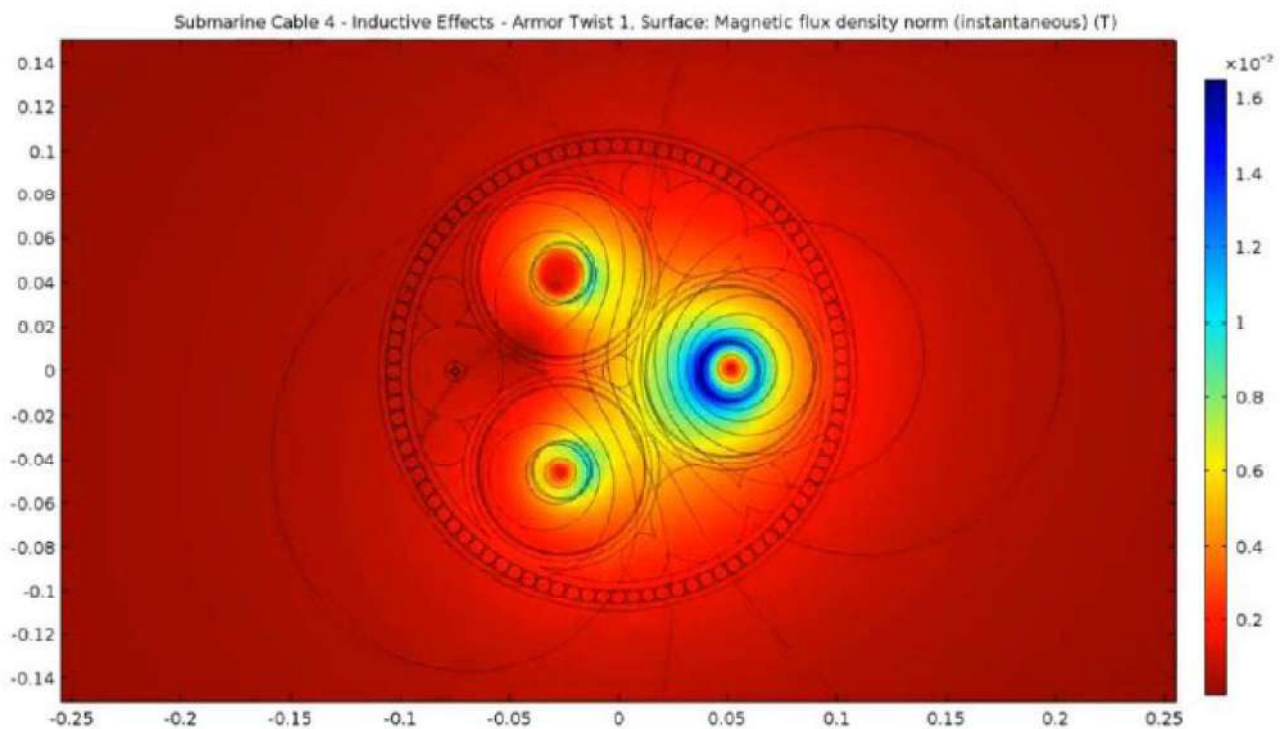


Fig. 25 - Distribuzione dei campi elettromagnetici all'interno del cavo marino tripolare (www.comsol.com).

Sulla base dei rilievi effettuati il contributo derivante dal campo elettromagnetico emesso dal cavo risulta nettamente inferiore in quanto già a 4 m di distanza dallo stesso si riduce a 3 μT . Infatti, tali emissioni elettromagnetiche tendono a diventare irrilevanti man mano che ci si allontana dal cavo (Tabella 7).

Tabella 7 - Valori stimati del campo elettromagnetico prodotto dal cavo sottomarino utilizzato per il progetto a differenti distanze.

	Campo magnetico (μT) sulla superficie del cavo	Campo magnetico (μT) a 4 metri dal cavo	Campo magnetico (μT) 10 metri dal cavo	Campo magnetico (μT) 30 metri dal cavo
Valore minimo	1	0,1	Trascurabile	Trascurabile
Valore massimo	18	3	0,1	Trascurabile

Inoltre, i cavi che verranno posati sul fondale saranno avvolti a spirale. Con questa geometria i campi elettromagnetici emessi dai cavi saranno annullati reciprocamente, oltre ad utilizzare materiale isolante che garantisca una adeguata schermatura. In ultimo, dallo studio dei dati disponibili risulta che l'intensità geomagnetica nell'area del Mediterraneo varia tra i 43 e i 47 μT (Fig. 26), ben al di sopra dei valori prodotti dai cavi utilizzati nel progetto.

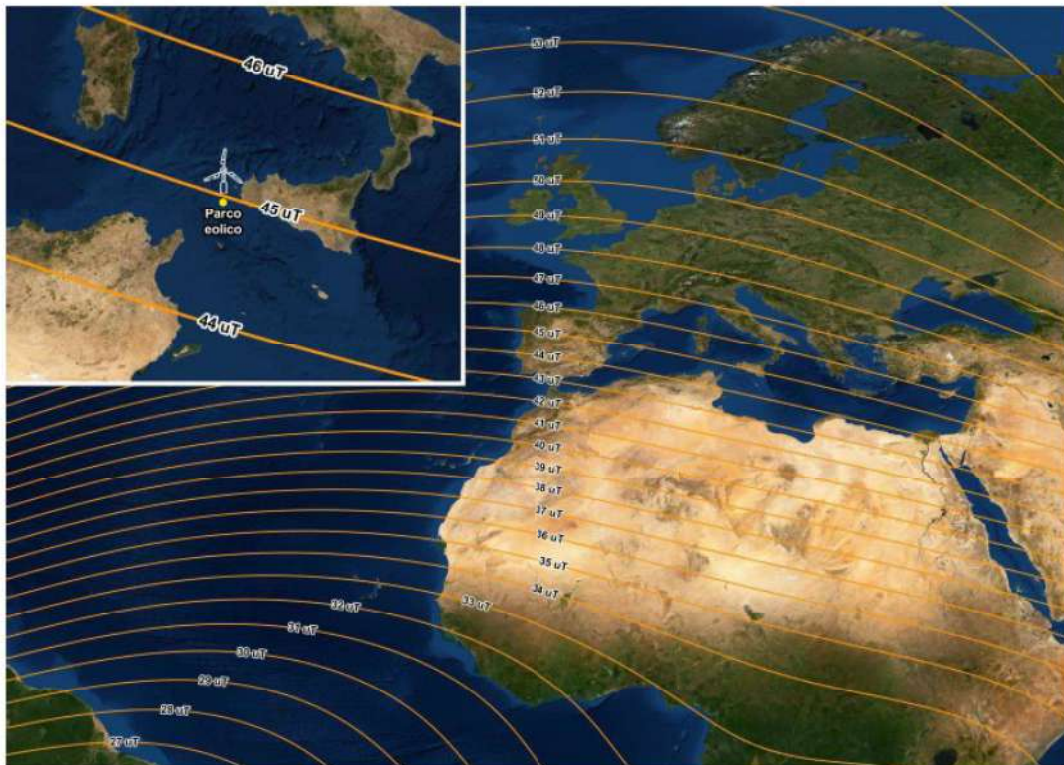


Fig. 26 - Distribuzione delle isolinee dell'intensità significativa del campo geomagnetico (www.noaa.gov)

Pertanto, sulla base delle analisi e degli studi bibliografici condotti non risultano elementi di rischio per la cetofauna del Canale di Sicilia.

5 VALUTAZIONE QUALITATIVA DELLO STRESS A CUI SONO SOTTOPOSTI I MAMMIFERI MARINI ALLO STATO ATTUALE DEI TRAFFICI MARITTIMI (PESCA E NAVIGAZIONE) PRESENTI NELLA ZONA DI INSTALLAZIONE (MACROAREA).

All'interno del bacino Mediterraneo, il Canale di Sicilia è una delle regioni con maggiore intensità di traffico marittimo (Pellegrino et al., 2015), (Fig. 27; 28). Da una parte le attività tradizionali, come la pesca, sono estremamente importanti per le comunità locali. Dall'altra il Canale di Sicilia rappresenta la più importante rotta per le navi petroliere che attraversano il Mediterraneo da Sud ad Ovest collegando il Mar Nero, Suez e Gibilterra (Patrino, 2008).

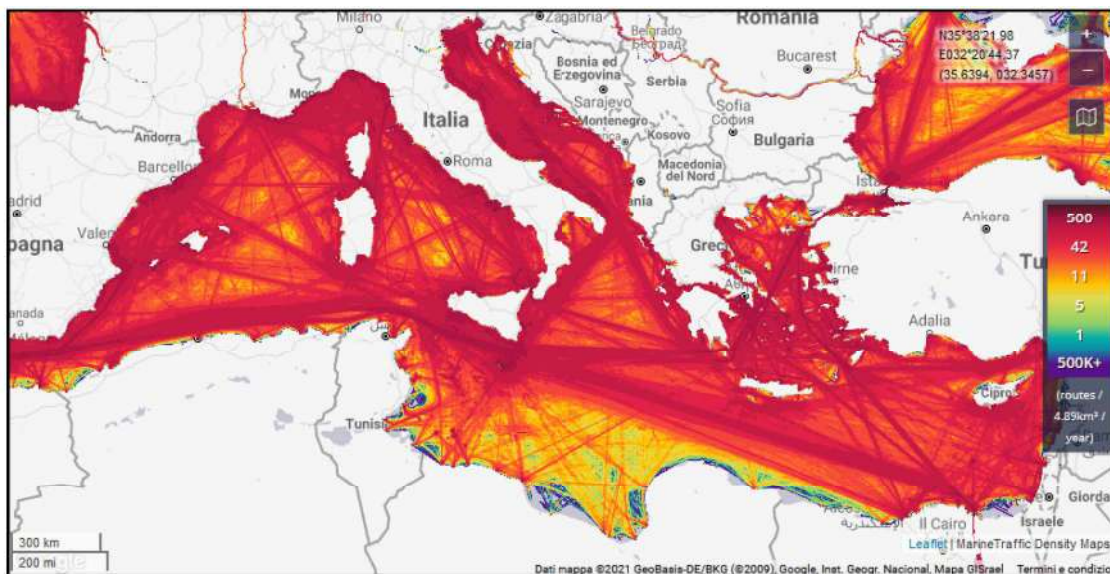


Fig. 27 - Densità del traffico marittimo nel Mediterraneo nel 2019 (Marine traffic, 2020)

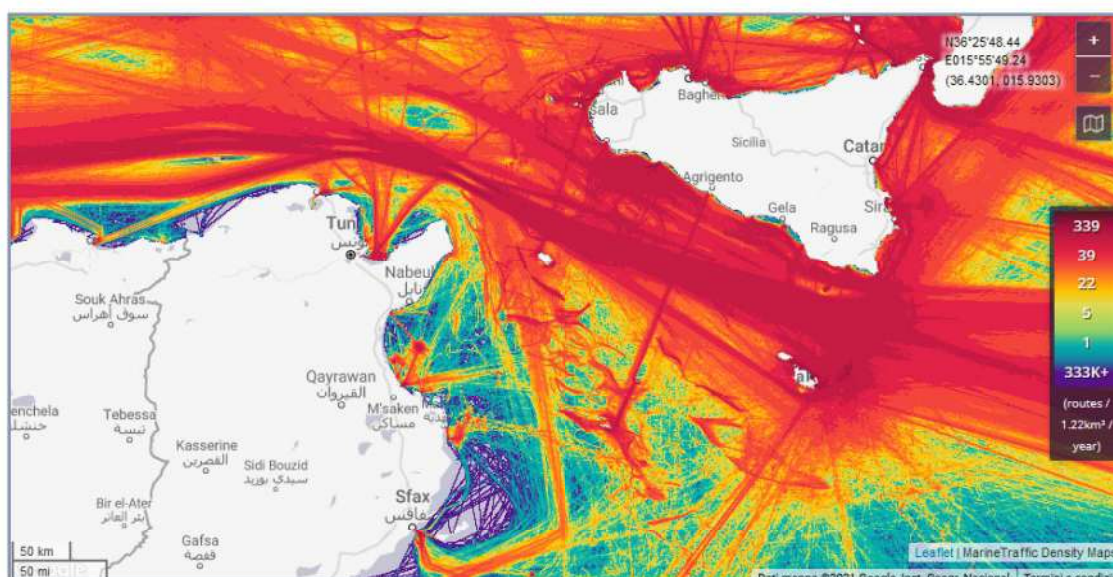


Fig. 28 - Densità del traffico marittimo nel Canale di Sicilia nel 2019 (Marie Traffic, 2020)

Il traffico marittimo è considerato una minaccia significativa per tutta la biodiversità delle zone costiere (Sarà et al., 2007) e sebbene diversi accordi ambientali internazionali, come ACCOBAMS e il protocollo SPA/BD della Convenzione di Barcellona, prevedano il monitoraggio e la gestione degli effetti che il traffico marittimo ha sui cetacei, risultano ancora pochi i dati raccolti nell'area del Canale di Sicilia (Pellegrino et al., 2015).

Il traffico marittimo, sia esso costituito da grandi navi o da piccole e medie imbarcazioni, produce un rumore che si estende dalle basse (0.01 kHz) alle medio-alte frequenze (ben oltre i 10 kHz). Tale gamma di frequenza coincide considerevolmente con le capacità uditive dei mammiferi marini (Fig. 19). Il rumore prodotto risulta, quindi, percepibile dall'udito dei cetacei (da 0.01 kHz fino ad oltre 100 kHz) e può andare ad interferire con il rilevamento di segnali acustici (Fig. 29).

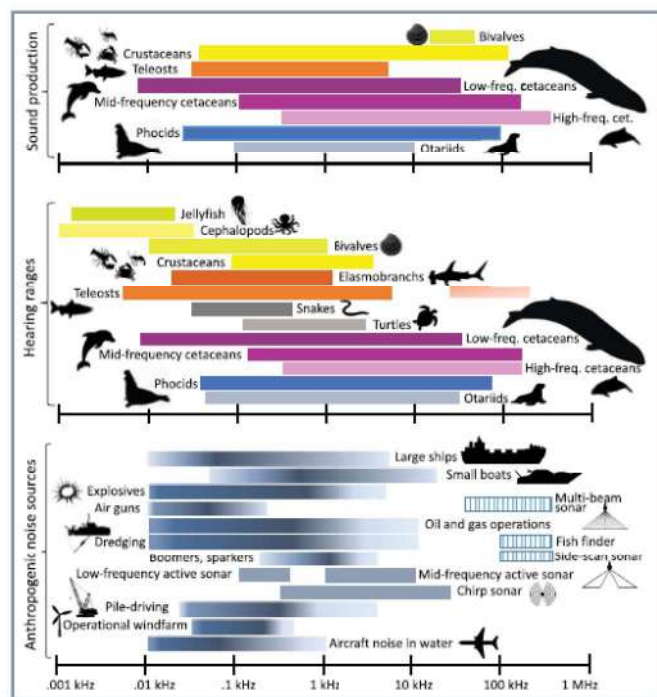


Fig. 29 - Capacità uditiva di differenti specie e rumore prodotto da diverse fonti antropiche (Duarte et al, 2021)

Oltre alla frequenza della sorgente del rumore e alla sensibilità uditiva, un altro fattore di grande importanza nello studio degli impatti del rumore sugli organismi marini è la distribuzione spaziale e temporale del rumore. La gravità degli impatti diminuisce con la distanza dalla sorgente sonora.

Nel 94,9 % degli studi effettuati sul rumore prodotto dal traffico marittimo sono riportati effetti negativi e significativi sulla fauna marina (Duarte et al., 2021) ed in particolare l'inquinamento generato dai mezzi può compromettere le capacità uditive (riportato nel 90.6% degli studi), indurre cambiamenti fisiologici (91,2%), incentivare comportamenti elusivi e portare a spostamenti/migrazione degli animali marini (83.9%) (Fig. 30).

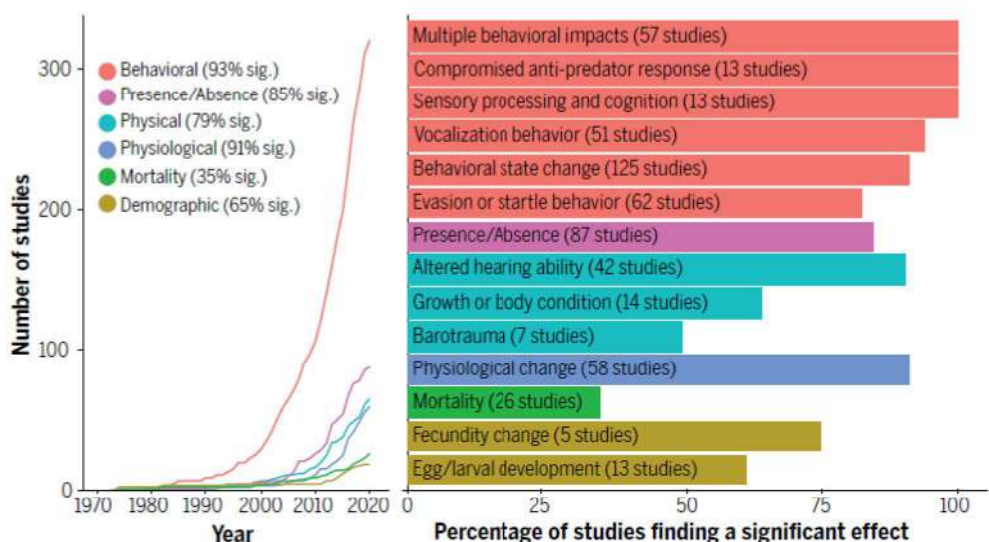


Fig. 30 - Sintesi degli effetti negativi sugli animali marini riportati in letteratura (Duarte et al., 2021)

Gli effetti registrati sui delfini riguardano principalmente aspetti comportamentali e si distinguono in risposte a breve o lungo termine. Le prime generalmente non vengono mantenute nel tempo e rientrano rapidamente (David 2002, 2003) mentre le risposte a lungo termine possono provocare deviazioni più o meno permanenti dei comportamenti (Richardson et al., 1995; Hudnall 1978; Baker e Herman, 1989) e perdita dell'udito, dovuta a lesioni degli apparati uditivi, come conseguenza di esposizione ripetuta e prolungata al rumore delle navi (Erbe, 2002).

Nonostante questo, i dati riportati in letteratura confermano la presenza di mammiferi marini anche in aree ad intenso traffico marittimo dove generalmente tollerano il rumore prodotto delle navi con frequenze comprese tra i 10 e i 1000 Hz (Richardson et al., 1995; Wenz, 1962). Sembra, infatti, che alcuni mammiferi marini abbiano la capacità di adattarsi al rumore antropico costante cambiando la frequenza delle vocalizzazioni per essere sentiti (Lombard o cocktail party effect) (Holt et al., 2009; Hotchkin et al., 2013) o "abituandosi" al rumore, in termini di aumento della soglia di tolleranza (spesso legata ad una diminuzione della risposta agli stimoli uditivi).

Uno studio di bio-acustica effettuato nel Canale di Sicilia, lungo le coste di Lampedusa, ha mostrato come i tursiopi reagiscano in maniera diversa al disturbo prodotto da diversi tipi di imbarcazioni ed entro certi limiti di tolleranza (La Manna et al., 2013). I delfini sembrano tollerare meno le imbarcazioni a motore rispetto ai pescherecci a strascico. Il disturbo prodotto dalle imbarcazioni a motore è molto variabile, dipende dalla velocità e dalla direzione scelta dal pilota (e non prevedibile dall'animale) ed è più frequente e più concentrato in determinati orari e zone. I pescherecci invece navigano a velocità costante in direzione lineare in un'ampia area. La tolleranza sembra dipendere anche dal beneficio che l'animale può trarre dall'imbarcazione: i pescherecci creano migliori e più efficienti occasioni di caccia per cui risultano essere entro certi limiti una risorsa per l'animale. In generale, questo studio evidenzia come la permanenza degli individui in una data area si riduca notevolmente (oltre il 50%) in presenza di imbarcazioni e di un disturbo acustico costante.

Un ulteriore lavoro di bio-acustica effettuato da Papale (2020) nello stretto di Sicilia, evidenzia come nonostante ci sia una certa interazione tra i pescherecci ed i delfini, tanto da influenzarne i ritmi stagionali e giornalieri, l'aumento di imbarcazioni in un'area, con conseguente aumento del rumore prodotto, porta ad una riduzione del numero di vocalizzazione degli animali e ad un probabile allontanamento degli animali dall'area.

Quindi se è vero che la percentuale di presenza/assenza dei delfini in una determinata area sembra essere indipendente dalla presenza/assenza di imbarcazioni, bisogna anche considerare che in presenza di imbarcazioni gli animali restano nell'area, tollerando il disturbo entro certi limiti. Più è persistente il disturbo meno gli animali si trattengono nell'area.

Analizzando i dati relativi alla densità del traffico marittimo nell'area di realizzazione del parco eolico, forniti da www.marinetraffic.com, è emerso che i mezzi impiegati per la realizzazione del parco prevedibilmente avranno un'incidenza molto bassa rispetto al numero di mezzi che già transitano sulle rotte del Canale di Sicilia. Inoltre, considerando anche la temporaneità del cantiere e l'area di intervento limitata, si ritiene che le suddette attività determineranno un impatto irrilevante e reversibile nel breve periodo, tale da rendere trascurabile la comparsa di eventuali effetti cumulativi.

6 CONCLUSIONI

Sulla base delle considerazioni effettuate in questo studio, non sono state rilevate conseguenze a lungo termine sulla cetofauna locale prodotte dalla realizzazione del parco eolico. Nello specifico per quanto riguarda il traffico navale è emerso che i mezzi impiegati per la realizzazione del parco eolico avranno un'incidenza molto bassa rispetto al numero di mezzi che già transitano sulle rotte del Canale di Sicilia soprattutto considerando la temporaneità del cantiere e l'area di intervento limitata. Dallo studio emerge che le suddette attività determineranno un impatto irrilevante e reversibile nel breve periodo, tale da rendere trascurabile la comparsa di eventuali effetti cumulativi. Per quanto riguarda l'impatto acustico, durante le attività di realizzazione del parco eolico non sono previste perforazioni dei fondali per l'impilamento, ma l'utilizzo di strutture galleggianti per il sostegno delle turbine che verranno assemblate in area portuale. Come conseguenza si prevede una drastica riduzione del rumore prodotto in fase di installazione. Inoltre le uniche imbarcazioni utilizzate in modo costante seppur transitorio sono i rimorchiatori, che tuttavia presentano livelli di emissione sonora compatibili con i valori soglia critici per la cetofauna locale discussi in questa relazione. Durante la fase operativa il valore di picco stimato del livello di pressione sonora risulta nettamente inferiore ai valori soglia PTS e TTS relative alle specie sottoposte allo stress. Considerando la posizione del baricentro del parco eolico essere esterna alla regione ritenuta habitat per i cetacei che popolano il Canale di Sicilia, tenuto conto che già a 500 m di distanza dalle installazioni il valore di SPL scende al di sotto dei livelli soglia critici per le specie presenti nell'area, considerando che l'inquinamento acustico medio rilevato nel Mediterraneo è ben al di sopra del rumore prodotto dalle attività di installazione, non sussiste la possibilità di indurre alcun danno significativo alla cetofauna presente nel Canale di Sicilia. Per quanto riguarda le emissioni elettromagnetiche, sulla base dei rilievi effettuati da "iLStudio", il campo elettromagnetico emesso dal cavo risulta nettamente inferiore al valore di 3 μ T, in osservanza della normativa "CEI - 106 - 11", in quanto già a 4 m di distanza dallo stesso si riduce a 3 μ T. Tali emissioni elettromagnetiche tendono a diventare irrilevanti man mano che ci si allontana dal cavo. Considerando che l'intensità geomagnetica nell'area del Mediterraneo varia tra i 43 e i 47 μ T e che i cavi che verranno posati sul fondale avranno una geometria avvolta a spirale in modo da annullare reciprocamente le emissioni elettromagnetiche, tale impatto non rappresenta un fattore di rischio per la cetofauna locale. In conclusione, sulla base degli studi bibliografici condotti e sulle informazioni relative alla realizzazione dell'impianto in nostro possesso non risultano elementi di rischio per la cetofauna del Canale di Sicilia. Tuttavia, in osservanza del Principio di Precauzione, si ritiene necessario redigere un protocollo utile a sviluppare un piano di monitoraggio e relative strategie di mitigazione, da applicare qualora si verificasse la necessità, durante le fasi di realizzazione dell'impianto eolico.

**Carmelo
Fanizza**

Firmato digitalmente da
Carmelo Fanizza
ND: cn=Carmelo Fanizza,
o=Jonian Dolphin
Conservation,
ou=Presidente,
email=carmelo@joniandolp
hin.it, c=IT
Data: 2021.11.30 12:14:15
+01'00'

7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Agardy T., Aguilar N., Cañadas A., Engel M., Frantzis A., Hatch L., Hoyt E., Kaschner K., LaBrecque E., Martin V., Notarbartolo di Sciara G., Pavan G., Servidio A., Smith B., Wang J., Weilgart L., Wintle B. Wright A., 2007. A Global Scientific Workshop on Spatio-Temporal Management of Noise, Report of the Scientific Workshop. 1-51.
- Aïssi M., Celona A., Comparetto G., Mangano R., Würtz M., Moulins A., 2008. Large-scale seasonal distribution of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Central Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 88, 1253–1261.
- Aïssi M., Fiori C., Alessi J., 2012. Mediterranean submarine canyons as stepping stones for pelagic top predators: the case of sperm whale. In *Mediterranean Submarine Canyons: Ecology and Governance*, Würtz M (ed). Gland, Switzerland and Malaga, Spain; 99–104.
- Aïssi M., Alessi J., Fiori C., 2013a. PROMETEOS Project: Evidence of seamount and submarine canyons effects on cetacean aggregation in the central Mediterranean. In *27th Conference of the European Cetacean Society Setubal*. 249–250.
- Aïssi M., Ouammi A., Fiori C., Alessi J., 2013b. Modelling predicted sperm whale habitat in the central Mediterranean: requirement for protection beyond the Pelagos Sanctuary boundaries. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*: n/a–n/a.
- Arcangeli A., Caltavuturo G., Marini L., Salvati E., Trincali M., Valentini T., Villetti G., 1997. Avvistamenti invernali di cetacei nel Canale di Sicilia. In *Atti del Terzo Convegno Nazionale sui Cetacei*, Borri M, Cagnolaro L, Podestà M, Renieri T (eds), Napoli. 5–9.
- Au W.W.L., 1993. *The Sonar of dolphins*, Springer, Berlin-New York.
- Bailey H., Brookes K. L., Thompson P. M., 2014. Assessing environmental impacts of offshore wind farms: lessons learned and recommendations for the future. *Aquatic Biosystems*. 10, 1–13.
- Baker C.S., Herman L.M., 1989. Behavioural responses of summering humpback whales to vessel traffic. Experimental and opportunistic observation. Report from Kewalo Basin Marine Mammal Laboratory, University of Hawaii, Honolulu, for the US National Park Service, Anchorage, Alaska, 50 pp. NTIS PB90-198409.
- Bearzi G., 2002. Interactions between cetaceans and fisheries in the Mediterranean Sea. In: Notarbartolo di Sciara G (ed) *Cetaceans of Mediterranean and Black Seas: State of*

Knowledge and Conservation Strategies. A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, p. 20.

- Begall S.B., Burda H., Malkemper E.O., 2014. Magnetoreception in mammals. *Advances in the Study of Behavior*. 46, 45–88.
- Bellante A., Sprovieri M., Buscaino G., Buffa G., Salvagio Manta D., Bonanno A. Report on research activities carried out for determination of Cadmium and Arsenic in tissues of different cetacean species. Technical Report. IAS-CNR, Capo Granitola. (Unpublished).
- Béranger K., Mortier L., Gasparini G. P., Gervasio L., Astraldi M., Crépon M., 2004. The dynamics of the Sicily Strait: a comprehensive study from observations and models. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 51(4-5), 411-440.
- Bradley D.L., Stern R., 2008. Underwater sound and the marine mammal's acoustic environment. A Guide to Fundamental Principles. US Marine Mammal Commission.
- Buscaino G., Buffa G., Filiciotto F., Maccarrone V., Di Stefano V., Ceraulo M., Mazzola S., Alonge G., 2015. Pulsed signal properties of free-ranging bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the central Mediterranean Sea. *Marine Mammal Science*. 31, 891–901.
- Canese S., Cardinali A., Fortuna C.M., Giusti M., Lauriano G., Salvati E., Greco S., 2006. The first identified winter feeding ground of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 86, 903–907.
- Cardinale B.J., Duffy J.E, Gonzalez A., Hooper D.U., Perrings C., Venail P., Narwani A., Mace G.M., Timan D., Wardle D.A., Kinzing A.P., Loreau M., Grace J.B., Loring A., Srivastava D.S., Naeem S., 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486(7401), 59-67.
- Carlucci, R., Capezzuto, F., Cipriano, G., D'Onghia, G., Fanizza, C., Libralato, S., Maglietta, R., Maiorano, P., Sion, L., Tursi, A., Ricci, P., 2021. Assessment of cetacean–fishery interactions in the marine food web of the Gulf of Taranto (Northern Ionian Sea, Central Mediterranean Sea). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(1), 135-156.
- Civile D., Lodolo E., Alp H., Ben-Avraham Z., Cova Á., Baradello L., Accettella D., Burcă M., Centonze J., 2013. Seismic stratigraphy and structural setting of the Adventure Plateau (Sicily Channel). *Marine Geophysical Research*. 35, 37-53.
- Civile D., Lodolo E., Caffau M., Baradello L., Ben-Avraham Z., 2015. Anatomy of a submerged archipelago in the Sicilian Channel (Central Mediterranean Sea). *Geological Magazine*. 1-19

- Coltelli M., Cavallaro D., D'Anna G., D'Alessandro A., Grassa F., Mangano G., Patanè D., Gresta S., 2017. Exploring the submarine Graham Bank in the Sicily Channel. *Annals of geophysics*. 59(2), S0208.
- David L., 2002. Disturbance to Mediterranean cetaceans caused by vessel traffic. In: Notarbartolo di Sciara G (ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: State of knowledge and conservation strategies*. Report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco, February 2002. 11, 21.
- David L., 2003. Male and female of bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* have different strategies to avoid interaction with tour boats in Doubtful Sound, New Zealand. *Marine Ecology Progress Series*. 257, 267–274.
- Di Lorenzo M., Sinerchia M., Colloca F., 2018. The North sector of the Strait of Sicily: a priority area for conservation in the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*. 821, 235–253.
- Duarte C.M., Chapuis L., Collin S.P., Costa D.P., Devassy R.P., Eguiluz V.M., Erbe C., Gordon T., Halpern B.S., Harding H.R., Havlik M.N., Meekan M., Merchant N.D., Miksis-Olds J.L., Parsons M., Predragovic M., Radford A.N., Radford C.A., Simpson S.D., Slabbekoorn H., Staaterman E., Van Opzeeland I.C., Winderen J., Zhang X., Juane F., 2021. The soundscape of the Anthropocene ocean. *Science*, 371 (6529).
-
- Dusenbery, D.B., 1992. *Sensory ecology. How organisms acquire and respond to information*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Erbe C., Marley S.A., Schoeman R.P., Smith J.N., Trigg L.E., Embling C.B., 2019. The Effects of Ship Noise on Marine Mammals. A Review. *Frontiers in Marine Science*. 6, 606.
- Erbe C., 2002. Underwater noise of whale-watching boats and potential effects on killer whales (*Orcinus orca*), based on an acoustic impact model. *Marine Mammal Science*. 18, 394–418.
- Estes J.A., Terborgh J., Brashares J.S., Power M.E., Berger J., Bond W.J., Carpenter S.R., Essington T.E., Holt R.D., Jackson J.B.C., Marquis R.J., Oksanen L., Oksanen T., Paine R.T., Pickett E.K., Ripple W.J., Sandin S.A., Scheffer M., Schoener T.W., Shurin J.B., Sinclair A.R.E., Soulé M.E., Virtanen R., Wardle D.A., 2011. Trophic downgrading of planet Earth. *Science*. 333, 301–306.
- FAO. 2020. *The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020*. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome.
- Falcini F., Palatella L., Cuttitta A., Buongiorno Nardelli B., Lacorata G., Lanotte A.S., Bernardino Patti B., Santoleri R., 2015. The Role of Hydrodynamic Processes on Anchovy Eggs

and Larvae Distribution in the Sicily Channel (Mediterranean Sea): A Case Study for the 2004 Data Set. PLoS ONE. 10(4), e0123213.

- Fernández A., Edwards J.F., Rodríguez F., Espinosa de los Monteros A., Herráez P., Castro P., Jaber J.R., Martín, V., Arbelo M., 2005a. Gas and fat embolic syndrome involving a mass stranding of beaked whales (family Ziphiidae) exposed to anthropogenic sonar signals. *Veterinary Pathology*. 42, 446–457.
- Ferrari T.E., 2017. Cetacean beachings correlate with geomagnetic disturbances in Earth's magnetosphere: an example of how astronomical changes impact the future of life. *International Journal of Astrobiology*. 16, 163–175.
- Finneran, J.J., 2016. Auditory weighting functions and TTS/PTS exposure functions for marine mammals exposed to underwater noise. Space and Naval Warfare Systems Center Pacific San Diego United States.
- Gill A., Huang Y., Gloyne-Philips I., Metcalfe J., Quayle V., Spencer J., Wearmouth V., 2009. COWRIE 2.0 Electromagnetic Fields (EMF) Phase 2: EMF Sensitive Fish Response to EM Emissions from Sub-sea Electricity Cables of the Type used by the Offshore Renewable Energy Industry. Report by Centre for Environment Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS), Centre for Intelligent Monitoring Systems (CIMS), Centre for Marine and Coastal Studies Ltd (CMACS), Cranfield University, and University of Liverpool. 128.
- Gilman E., Brothers N., McPherson G.R., Dalzell P., 2006. A review of cetacean interactions with longline gear. *Journal of Cetacean Research and Management*. 8(2), 215–223.
- Grancini G., Michelato A., 1987. Current structure and variability in the Strait of Sicily and adjacent area. *Annales Geophysicae*. 5, 75–88.
- Hamilton S., Baker G.B., 2019. Technical mitigation to reduce marine mammal bycatch and entanglement in commercial fishing gear: lessons learnt and future directions. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*. 29, 223–247.
- Holt M. M., Noren D. P., Veirs V., Emmons C. K., Veirs S., 2009. Speaking up: Killer whales (*Orcinus orca*) increase their call amplitude in response to vessel noise. *Journal of Acoustical Society of America*. 125, 27–32.
- Hotchkin C., Parks S., 2013. The Lombard effect and other noise-induced vocal modifications: Insight from mammalian communication systems. *Biological reviews of the Cambridge Philosophical Society*. 88, 809–824.

- Hudnall J. 1978. A report on the general behaviour of humpback whales near Hawaii, and the need for the creation of a whale park. *Oceans*. 11, 8–15.
- ISPRA, 2012. *Strategia per l'ambiente marino*.
- Kirschvink, J.L., 1990. Geomagnetic sensitivity in cetaceans: an update with live strandings records in the United States. *Sensory Abilities of Cetaceans*, ed. Thomas J. & Kastelein R., Plenum Press, NY. 639–649.
- Kirschvink, J. L., Dizon, A. E., Westphal, J. A., 1986. Evidence from strandings for geomagnetic sensitivity in cetaceans. *Journal of Experimental Biology*. 120, 1–24.
- Klinowska, M., 1983. Is the cetacean map geomagnetic? Evidence from strandings. *Aquatic Mammals*. 10, 17.
- Klinowska, M., 1985. Cetacean stranding sites relate to geomagnetic topography. *Aquatic Mammals*. 1, 27–32.
- Klinowska, M., 1988. Cetacean “navigation” and the geomagnetic field. *Journal of Navigation*. 41, 52–71.
- Klinowska, M., 1989. The cetacean magnetic sense—Evidence from drive fisheries. *Proceedings from the 1989 conference of the Royal Institute of Navigation: Orientation and navigation—Birds, humans, and other animals*, London: Royal Institute of Navigation.
- La Manna G., Manghi M., Pavan G., Lo Mascolo F., Sar`a G., 2013. Behavioural strategy of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in response to different kinds of boats in the waters of Lampedusa Island (Italy). *Aquatic Conservation*. 23, 745–757.
- Lermusiaux P. F. J., Robinson A. R., 2001. Features of dominant mesoscale variability, circulation patterns and dynamics in the strait of sicily. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*. 48, 1953–1997.
- Licitra G., Marsico, G., Pavan, G., Borsani J. F., 2015. La bioacustica marina per lo studio dei cetacei nella implementazione della marine strategy in Italia. *Rivista Italiana di Acustica*.
- MacGillivray A., Racca R., Li Z., 2014. Marine mammal audibility of selected shallow-water survey sources. *Journal of the Acoustical Society of America*. 135(1), EL35–EL40.
- Manda M., Chambodut A., 2020. Processi di campo geomagnetico e loro implicazioni per la meteorologia spaziale. *Surveys in Geophysics*. 41, 1611-1627.

- Jouini M., Béranger K., Arsouze T., Beuvier J., Thiria S., Crépon M., Taupier-Letage I., 2016. The Sicily Channel surface circulation revisited using a neural clustering analysis of a high-resolution simulation. *Journal of Geophysical Research*. 121 (7), 4545 - 4567.
- Mann D., Hill-Cook M., Manire C., Greenhow D., Montie E., Powell J., Wells R., Bauer G., Cunningham-Smith P., Lingenfelter R., DiGiovanni Jr R., Stone A., Brodsky M., Stevens R, Kieffer G., Hoetjes P., 2010. Hearing Loss in Stranded Odontocete Dolphins and Whales. *PLoS ONE*. 5(11): e13824.
- Manzella, G. M. R., Gasparini G.P., Astraldi M., 1988. Water exchange between the eastern and western Mediterranean through the strait of Sicily. *Deep Sea Research Part A, Oceanographic Research Papers*. 35, 1021–1035.
- Manzella G.M., 1994. The seasonal variability of the water masses and transport through the Strait of Sicily. *Coastal and estuarine studies*, 33-33.
- McCarthy E., 2004. *International Regulation Of Underwater Sound: Establishing Rules And Standards To Address Ocean Noise Pollution*, Kluwer Academic.
- Menna M., Poulain P.M., Ciani D., Doglioli A., Notarstefano G., Gerin R., Rio M.H. , Santoleri R., Gauci A., Drago A., 2019. New Insights of the Sicily Channel and Southern Tyrrhenian Sea Variability. *Water*. 11, 1355.
- Mintzer V.J., Diniz K., Frazer T.K., 2018. The use of aquatic mammals for bait in global fisheries. *Frontiers in Marine Science*. 5, 191.
- Morato T., Varkey D.A., Damaso C., Machete M., Santos M., Prieto R., Santos R.S., Pitcher T.J., 2008. Evidence of a seamount effect on aggregating visitors. *Marine Ecology Progress Series*. 357, 23–32.
- Moretti M., Sansone E., Spezie G., De Maio, A., 1993. Results of investigations in the Sicily Channel (1986–1990). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*. 40(6), 1181-1192.
- Nedwell J., Langworthy J.; Howell D., 2003. Assessment of sub-sea acoustic noise and vibration from offshore wind turbines and its impact on marine wildlife; initial measurements of underwater noise during construction of offshore windfarms, and comparison with background noise. (Report No. 544 R 0424). Report by Subacoustech Ltd. Report for The Crown Estate.
- Notabartolo Di Sciara G., Birkun A.J., 2010. *Conserving whales and dolphins in the Mediterranean and Black seas.*, Monaco.

- Palano, M., Ursino, A., Spampinato, S. et al. 2020. Crustal deformation, active tectonics and seismic potential in the Sicily Channel (Central Mediterranean), along the Nubia–Eurasia plate boundary. *Scientific Reports*. 10, 21238.
- Papale, E., Ceraulo, M., Giardino, G., Buffa, G., Filiciotto, F., Grammauta, R., Maccarrone, V., Mazzola, S., Buscaino G., 2016. Association patterns and population dynamics of bottlenose dolphins in the Strait of Sicily (central Mediterranean Sea): implication for management. *Population Ecology*. 59, 55–64.
- Papale E., Alonge G., Grammauta R., Ceraulo M., Giacomina C., Mazzola S., Buscaino G., 2020. Year-round acoustic patterns of dolphins and interaction with anthropogenic activities in the Sicily Strait, central Mediterranean Sea. *Ocean & Coastal Management*. 197, 105320.
- Patrino R., 2008. Prevention of marine pollution from ships in the Mediterranean region: economic, legal and technical aspects. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*. 31, 211–214.
- Pavan G., 2007a. Acoustic Risk Mitigation in the Mediterranean Sea, Proceedings Underwater Defence Technology, Napoli, Published on CDROM.
- Pavan G., 2007b. Guidelines to address the issue of the impact of anthropogenic noise on marine mammals in the ACCOBAMS area. Report prepared for the 4th ACCOBAMS Scientific Committee. ACCOBAMS SC4 Doc 18.
- Pavan G., 2008. The shipping noise issue, a challenge for the survival and welfare of marine life? In: “Maritime Traffic Effects on Biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and Identification of Biodiversity Offsets. Vol. 1.” (A.Abdulla & O.Linden Eds.). IUCN (2008), pp. 10-21.
- Pellegrino G., Ruvolo A., Monaco C. Abate D., Aïssi M., Crosti R., Tringali L.M., Arcangeli A., 2015. Interaction between cetacean and maritime traffic in the “Sicilian-Tunisian”. channel Conference: 29th Annual Conference of the European Cetacean Society. *Marine Mammal Conservation - from Local to Global*. Malta.
- Pierini, S., Rubino, A., 2001. Modeling the oceanic circulation in the area of the Strait of Sicily: the remotely forced dynamics. *Journal of physical oceanography*. 31(6), 1397-1412.
- Richardson W.J., Greene C.R., Malme C.I., Thomson D.H., 1995. *Marine mammals and noise*, Academic Press, London.

- Richardson W.J., Greene C.R., Malme C.I., Thompson D.H., 1995. Marine Mammals and Noise. Academic Press, San Diego, 576.
- Robinson A., Golnaraghi M., Leslie W., Artegiani A., Hecht A., Lazzoni E., Michelato A., Sansone E., Theocharis A., Unluata U., 1991. The Eastern Mediterranean general circulation: features, structure and variability. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 15, 215–240.
- Roman J., Estes J.A., Morissette L., Smith G., Costa D., McCarthy J., Stephen J.B., Pershing N.A., Smetacek V., 2014. Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 12(7), 377–385.
- Robinson A. R., Sellschopp J., Warn-Varnas A., Leslie W. G., Lozano C. J., Haley P. J., Anderson L. A., Ler-musiaux P. F. J., 1999. The Atlantic Ionian stream. *Journal of Marine Systems*. 20, 129–156.
- Sarà G., Dean J.M., D’Amato D., Buscaino G., Oliver A., Genovese S., Ferro G., Buffa G., Lo Martire M., Mazzola S., 2007. Effect of boat traffic on the behaviour of the bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*. 331, 243–253.
- Southall B. L., Bowles A. E., Ellison W. T., Finneran J. J., Gentry R. L., Greene Jr C. R., Kastak D., Ketten D.R., Miller J.H., Nachtigall P.E., Richardson W.J., Thomas J.A., Tyack P. L. 2009. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 125(4), 2517-2517.
- Smith Stegen K., Seel M., 2013. The winds of change: How wind firms assess Germany’s energy transition. *Energy Policy*. 61, 1481–1489.
- Spitz J., Ridoux V., Trites A.W., Laran S., Authier M., 2018. Prey consumption by cetaceans reveals the importance of energy-rich food webs in the Bay of Biscay. *Progress in Oceanography*. 166, 148–158.
- UNEP-MAP-RAC/SPA, 2014. Status and conservation of cetaceans in the Sicily Channel/Tunisian Plateau. By M. Aïssi. Draft internal report for the purposes of the Mediterranean Regional workshop to Facilitate the Description of Ecologically or Biologically Significant Marine Areas, Malaga, Spain, 7–11 April 2014.
- Urick R.J., Principles of underwater sound, McGraw-Hill, New York, 1983.
- Vanselow, K.H., Rickles, K., 2005. Are solar activity and sperm whale strandings around the North Sea related?. *Journal of Sea Research*. 53, 319–327.

- Vanselow K.H., Rickles K., Colijn F., 2009. Solar driven geomagnetic anomalies and sperm whale (*Physeter macrocephalus*) stranding around the North Sea: an analysis of long-term datasets. *The Open Marine Biology*. 3, 89–94.
- Vella A., Vella J., 2012. Central-southern Mediterranean submarine canyons and steep slopes: role played in the distribution of cetaceans, bluefin tunas and elasmobranchs. *Mediterranean Submarine Canyons: Ecology and Governance*. (Ed.) Wurtz M. Gland, Switzerland and Malaga, Spain: IUCN. 216.
- Walker M.M., Kirschvink J.L., Ahmid G, Dizon, A.E., 1992. Evidence that Fin Whales respond to the geomagnetic field during migrations. *The Journal of Experimental Biology*. 171, 67–78.
- Warn-Varnas A, Sellschopp J, Haley PJ, Ward-Geiger L, Lozano CJ. 1999. Masse d'acqua del Canale di Sicilia. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*. 29, 437-469.
- Wartzok D., Ketten D. R., 1999. Marine mammal sensory systems. *Biology of marine mammals*. 1, 117-175.
- Watkins W.A., Tyack P., Moore K.E., 1987, The 20 Hz signals of finback whales (*Balaenoptera Physalus*). *Journal of the Acoustical Society of America*. 82, 1901-12.
- Weir C.R., Dolman S.J., 2007. Comparative review of the regional marine mammal mitigation guidelines implemented during industrial seismic surveys, and guidance towards a worldwide standard, *Journal of International Wildlife Law and Policy*. 10, 1-27.
- Wenz G.M., 1962. Acoustics Ambient Noise in the ocean: spectra and sources. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 34, 1936-1956.
- Wiltschko R., Wiltschko W., 1995. *Magnetic orientation in animals*. Berlin: Springer.