



**OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.**  
**Milano, Italia**

## **Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino**

## **Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine (Rev.2)**

**Doc. No. P0029592-1-H3 Rev. 1 - Settembre 2023**

<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato da</b>	<b>Controllato da</b>	<b>Approvato da</b>	<b>Data</b>
1	Revisione	F. Fossa	A. Giovanetti	M. Compagnino	Settembre 2023
0	Prima Emissione	F. Fossa	A. Giovanetti	M. Compagnino	Maggio 2023

**RINA Consulting S.p.A.** | Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA S.p.A.  
Via Cecchi, 6 - 16129 GENOVA | P. +39 010 31961 | rinaconsulting@rina.org | www.rina.org  
C.F./P. IVA/R.I. Genova N. 03476550102 | Cap. Soc. € 20.000.000,00 i.v.

Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto di RINA Consulting S.p.A.

## INDICE

	Pag.
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>2</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>2</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
1.1 PREMESSA	3
1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO	3
<b>2 MONITORAGGIO DEL RUMORE SOTTOMARINO E DELLA PRESENZA DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE NELLA FASE DI ESERCIZIO</b>	<b>5</b>
2.1 CONTENUTI DEL PIANO ATTUALMENTE APPROVATO	5
2.1.1 Monitoraggio del Rumore Sottomarino	5
2.1.2 Monitoraggio della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine	5
2.2 STATO ATTUALE E CRITICITÀ RICONTRATE	6
2.3 PROPOSTA DI MODIFICA DEL PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE SOTTOMARINO E DELLA PRESENZA DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE	7
2.3.1 Frequenza delle Indagini Acustiche ed Estensione della Durata del Campionamento	10
2.3.2 Metodo e Profondità di Campionamento Acustico	11
2.3.3 Metodologia di Analisi dei Dati e Modellizzazione del Rumore Sottomarino	16
2.3.4 Frequenza e Metodologia di Monitoraggio Visivo	17
<b>3 SINTESI DELLE MODIFICHE PROPOSTE</b>	<b>19</b>
<b>4 CONCLUSIONI SULLA PROPOSTA DEL NUOVO PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE SOTTOMARINO E DELLA PRESENZA DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE</b>	<b>23</b>
4.1 ASPETTI AUTORIZZATIVI	23
4.2 CARATTERISTICHE DELLA NUOVA METODOLOGIA PROPOSTA	23
4.3 VANTAGGI OFFERTI DALLA NUOVA METODOLOGIA PROPOSTA	23
<b>REFERENZE</b>	<b>26</b>

## LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1:	Modifiche proposte alle Modalità di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine	19
Tabella 4.1:	Dettaglio delle indagini relative rumore Sottomarino e Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine	25

## LISTA DELLE FIGURE

Figura 2.1:	Posizione delle Stazioni dell'attuale Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino	5
Figura 2.2:	Posizione dei transetti ortogonali (blu) per il monitoraggio acustico della presenza di cetacei ed ubicati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale e dei transetti circolari (fuxia) per il monitoraggio visivo a 1, 3 e 6 miglia di distanza dal Terminale.	6
Figura 2.3:	Schema indicativo di ancoraggio degli strumenti (© JASCO Applied Sciences)	9
Figura 2.4:	Posizionamento indicativo degli strumenti per il monitoraggio del Rumore Sottomarino secondo la nuova proposta di monitoraggio (uno dei quali equipaggiato con idrofono dedicato a rilevare la presenza di cetacei) (© JASCO Applied Sciences)	10
Figura 2.5:	Foto degli strumenti proposti del relativo ancoraggio (© JASCO Applied Sciences)	12
Figura 2.6:	Diagramma a rosa della direzionalità di una nave da pesca registrata con due idrofoni (1, sinistra e 2, destra). I livelli sono espressi in dB re 1 $\mu$ Pa riferiti a 1 m dalla sorgente usando la perdita di trasmissione effettivamente calcolata (tratto da Gaggero et al., 2013).	13
Figura 2.7:	Distanza calcolata fra le stazioni di monitoraggio fisse (allibo 2022) e le navi presenti prima che l'allibo avesse luogo, cioè in una fase paragonabile all'attività del rigassificatore stand-alone (© JASCO Applied Sciences).	14
Figura 2.8:	Diagramma a rosa che mostra i livelli ricevuti sui tre strumenti combinati, nelle diverse direzioni durante il periodo di monitoraggio mostrato in Figura 2.7 (© JASCO Applied Sciences).	15
Figura 2.9:	Profilo della velocità del suono secondo i dati dell'anno VIII di monitoraggio.	16
Figura 2.10:	Sintesi dei tipi di modello e della loro applicabilità e accuratezza in base a vari scenari (© JASCO Applied Sciences, 2019 riadattato da Etter, 2009).	17

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 PREMESSA

OLT Offshore LNG Toscana S.p.A. (di seguito OLT) ha preparato il Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino Rev.0 (di seguito Piano Rev.0) in ottemperanza alla prescrizione 7 del Prot. DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010. Il Piano è stato preparato sulla base di quanto concordato con ISPRA ed è stato concepito, in ogni sua componente, come uno strumento "flessibile", ossia prevedendo la possibilità di apportare eventuali modifiche o integrazioni al Piano stesso, in funzione dei risultati acquisiti nella fase iniziale delle attività di monitoraggio.

Con provvedimento DVA 2012 – 0011592 del 15/05/2012 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, sulla base del parere favorevole della Commissione VIA No. 907 del 13 Aprile 2012 e di ISPRA, acquisito con prot. CTVA 2012-0001043 del 20/03/2012, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto attiene la definizione del Piano.

OLT con nota prot. 2021/OUT/GENER/B/0009 del 25 Gennaio 2021 ha presentato al MiTE (oggi MASE) il documento "Piano di monitoraggio del Rumore del Terminale "FSRU Toscana" (inviato congiuntamente al Piano di monitoraggio dell'ambiente Marino) in allegato all'istanza di modifica della Prescrizione 7 contenuta nel provvedimento Prot. DVA-2010-0025280 di esclusione dalla Procedura di VIA del 20 ottobre 2010, ai sensi dell'art. 28 del D.Lgs 152/2006 e s.m.i., con lo scopo di illustrare le motivazioni alla base della richiesta di modifica alla Prescrizione No. 7 e contestualmente di ottemperare alla prescrizione No. 4 del Parere CTVA No. 3216 del 6 Dicembre 2019 (ID VIP 4570) che richiedeva un piano di monitoraggio del rumore in mare durante gli allibi al Terminale di tutte le varie tipologie di navi.

Per ottemperare alla prescrizione contenuta nel decreto di ottemperanza relativo alla citata prescrizione 7 del V anno di monitoraggio del Terminale (**Provvedimento No. 188 del 25 Giugno 2020**), nell'Agosto 2022 OLT ha presentato agli Enti competenti (prot. 2022/OUT/GENER/B/0198) i risultati del monitoraggio del rumore sottomarino durante un allibo eseguito nel mese di Giugno 2022 (Doc. No. P0029592-1-H2 Rev. 0) di seguito Allibo 2022 (Giugno), ottenuti sulla base di una metodologia di campionamento e di analisi dei dati aggiornata, previamente discussa e concordata con ISPRA ed ARPAT.

Infatti, nel corso del 2021-2022 hanno avuto luogo dei confronti (interlocuzioni) con i tecnici competenti di ISPRA e ARPAT finalizzati a concordare le modifiche da apportare alla metodologia di campionamento ed analisi dei dati sin qui utilizzate per il monitoraggio del rumore sottomarino per allinearle con le migliori pratiche ingegneristiche del settore, le più aggiornate tecniche di modellizzazione del rumore sottomarino, le linee guida aggiornate della letteratura scientifica e con la nomenclatura ISO attualmente in vigore.

Successivamente, la Direzione Generale Valutazioni Ambientali del MASE, in risposta a quanto richiesto da OLT in data 25 Gennaio 2021 (nota prot. 2021/OUT/GENER/B/0009), con Decreto Direttoriale N. 126 del 02 Marzo 2023 (ID VIP 6049) corredato dal Parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS – Sottocommissione VIA n. 646 del 09 Gennaio 2023, ha decretato la modifica della prescrizione No. 7.

Il presente documento contiene la proposta di aggiornamento del Piano di monitoraggio del rumore sottomarino e della presenza di cetacei e tartarughe marine rispetto al Piano rev 1. Si evidenzia che tale proposta è formulata sulla base delle modalità discusse e concordate nel corso delle interlocuzioni tenutesi con gli Enti tecnici competenti (ISPRA e ARPAT).

La presente revisione (Doc. No. P0029592-1-H3, Rev. 1 - Settembre 2023) tiene conto, in particolare, delle indicazioni riportate nel documento "Osservazioni tecniche di ISPRA al piano di monitoraggio per l'ambiente marino presentato da OLT (rif. Doc. No. P0032489-1-H9 Rev.0 – Maggio 2023)", trasmesso da ISPRA con prot. 0044363/2023 del 10/08/2023.

Gli aggiornamenti del presente documento rispetto alla precedente revisione (Doc. No. P0029592-1-H3, Rev. 0, Maggio 2023) sono evidenziati nel testo in colore blu e con barra laterale.

### 1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di illustrare le motivazioni alla base della proposta di aggiornamento del Piano di Monitoraggio relativamente agli aspetti del rumore sottomarino e della presenza di cetacei e tartarughe marine, descrivere la proposta stessa, comprensiva delle diverse fasi di operatività del Terminale (stand-alone, allibo di navi metaniere e Small Scale LNG Carriers) ed evidenziare i vantaggi offerti dalla metodologia proposta, alla luce delle modalità discusse e concordate nel corso delle interlocuzioni tenutesi con gli Enti tecnici competenti (ISPRA e ARPAT).

Il documento è strutturato nei seguenti capitoli:

- ✓ Capitolo 2 – Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine della Fase di Esercizio: descrive lo stato dell'arte dopo 9 anni di monitoraggio della fase di esercizio: relativamente alle componenti rumore sottomarino e presenza di cetacei riassume i relativi contenuti e le tempistiche (frequenze indagini) e ne presenta i limiti evidenziati dalle Autorità nel corso degli anni;
- ✓ Capitolo 3 – Sintesi delle modifiche proposte: descrive le modalità proposte per il monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine, la metodologia di campionamento, le tecniche di analisi dei dati e di modellizzazione del rumore sottomarino;
- ✓ Capitolo 4 – Conclusioni sulla Proposta di aggiornamento del Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine: descrive l'obiettivo del piano e ne presenta le migliori e vantaggi alla luce dei limiti evidenziati dalle Autorità nel corso degli anni e delle modalità discusse e concordate nel corso delle interlocuzioni tenutesi con gli Enti tecnici competenti (ISPRA e ARPAT).

Per quanto concerne la redazione della proposta di aggiornamento del piano di monitoraggio, per la parte relativa al rumore sottomarino e alla verifica della presenza acustica dei cetacei nei pressi del terminale FSRU Toscana, RINA Consulting si è avvalsa del supporto tecnico specialistico di JASCO Applied Sciences:

- ✓ Dott. Roberto Racca;
- ✓ Dott.ssa Federica Pace.

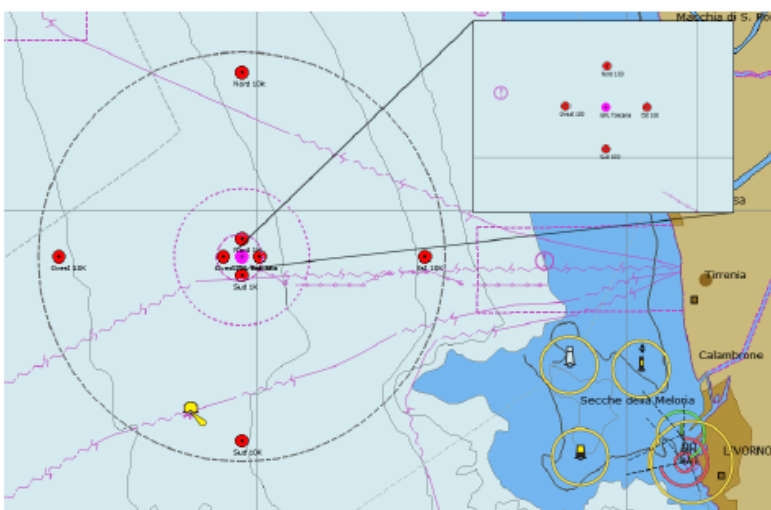
## 2 MONITORAGGIO DEL RUMORE SOTTOMARINO E DELLA PRESENZA DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE NELLA FASE DI ESERCIZIO

### 2.1 CONTENUTI DEL PIANO ATTUALMENTE APPROVATO

#### 2.1.1 Monitoraggio del Rumore Sottomarino

Il Piano Rev.0 approvato con provvedimento DVA 2012 – 0011592 del 15 Maggio 2012 prevede, per quanto riguarda la componente Rumore Sottomarino, l'esecuzione stagionale di monitoraggi puntuali su un totale di 12 stazioni di campionamento, come di seguito descritte.

Nella figura seguente si riporta l'area di monitoraggio del Rumore sottomarino.



WGS84	Latitude N	Longitudine E
Est 100	43° 38,665	09° 59,408
Est 1K	43° 38,666	10° 00,076
Est 10K	43° 38,666	10° 06,791
Sud 100	43° 38,611'	09° 59,333
Sud 1K	43° 38,126	09° 59,330
Sud 10K	43° 33,266	09° 59,330
Ovest 100	43° 38,667'	09° 59,260
Ovest 1K	43° 38,666	09° 58,584
Ovest 10K	43° 38,666	09° 51,868
Nord 100	43° 38,719'	09° 59,335
Nord 1K	43° 39,206	09° 59,330
Nord 10k	43° 44,065	09° 59,330

Figura 2.1: Posizione delle Stazioni dell'attuale Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino

Secondo la metodologia fino ad oggi adottata, i monitoraggi vengono condotti con cadenza stagionale (4 campagne all'anno) in corrispondenza dei medesimi punti di misura di cui alla precedente Figura 2.1 (su 4 direzioni - Nord, Sud, Est, Ovest; in ciascuna direzione, 3 stazioni - 100 m, 1000 m e 10000 m dal Terminale). In ciascuna delle suddette stazioni vengono effettuate delle acquisizioni del rumore sottomarino in corrispondenza di 2 quote di profondità di campionamento, una al di sopra, ed una al di sotto della quota del termocline stagionale. La durata delle acquisizioni è attualmente stabilita in 20 minuti ciascuna e la frequenza di campionamento è stabilita in 96 kHz. Il monitoraggio avviene calando l'idrofono da un'imbarcazione, risultando in misurazioni mobili.

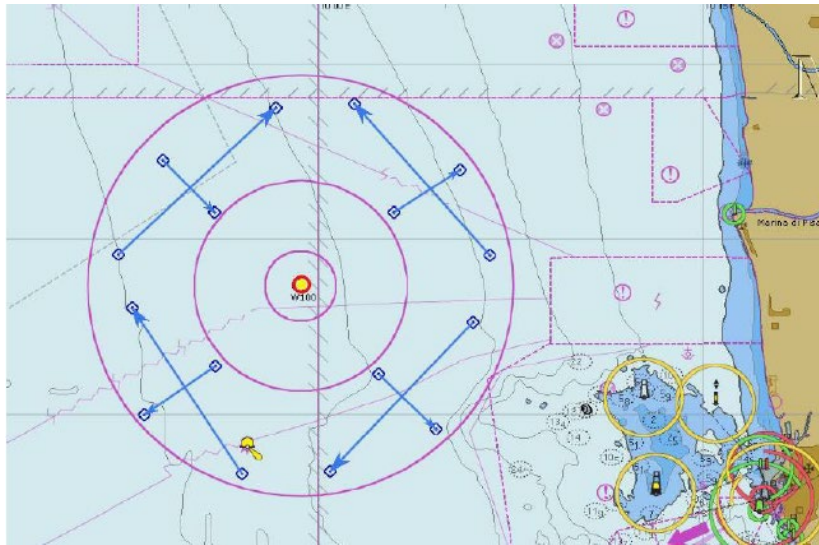
Sulla base di quanto riportato nel Decreto Direttoriale 126 del 02 Marzo 2023 del MASE, la metodologia sino ad oggi adottata per monitorare il rumore sottomarino andrebbe modificata prevedendo di effettuare le misure "su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m, 1 km e 10 km dal terminale sia durante il funzionamento normale del Terminale (Stand-alone), nel periodo estivo e nel periodo invernale con cadenza triennale, che durante le fasi di allibo (sia per grandi metaniere, sia per metaniere small scale), nel periodo estivo e nel periodo invernale con cadenza annuale per i primi 4 anni, quindi triennale, al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare". Tale richiesta risulta ad oggi superata a seguito delle interlocuzioni OLT-ISPRA-ARPAT avvenute tra il 2021-2022.

#### 2.1.2 Monitoraggio della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine

##### 2.1.2.1 Monitoraggio Acustico della Presenza di Cetacei

Per quanto riguarda la metodologia di indagine finalizzata al rilevamento della presenza acustica di cetacei il Piano Rev.0 approvato con provvedimento DVA 2012 – 0011592 del 15 Maggio 2012 e tutt'ora in essere prevede la

registrazione delle emissioni acustiche dei cetacei lungo 2 transetti ortogonali a 5 km e 10 km dalla posizione dell'impianto eseguita, rappresentati in blu nella Figura 2.2.



**Figura 2.2:** Posizione dei transetti ortogonali (blu) per il monitoraggio acustico della presenza di cetacei ed ubicati nei settori NE, SE, SW, NW ad una distanza tra 5 e 10km dal Terminale e dei transetti circolari (fuxia) per il monitoraggio visivo a 1, 3 e 6 miglia di distanza dal Terminale.

I monitoraggi acustici vengono condotti con cadenza stagionale (4 campagne all'anno) in corrispondenza dei transetti ortogonali di cui alla precedente Figura 2.2. Per il monitoraggio è stato sino ad ora utilizzato un idrofono a trascinamento posizionato a circa 30 metri a poppavia di un'imbarcazione. Sulla base di quanto riportato nel Decreto Direttoriale 126 del 02 Marzo 2023 del MASE, la prescrizione Ministeriale relativamente a verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei è rimasta invariata.

#### 2.1.2.2 Monitoraggio Visivo della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine

Il piano di monitoraggio visivo della presenza/passaggio di cetacei e tartarughe marine attualmente in essere prevede che l'attività venga effettuata su un'area di indagine costituita da un cerchio di 12 miglia di diametro, di superficie pari a circa 200 km<sup>2</sup>, centrata sul Terminale, lungo transetti circolari concentrici disposti ad 1, 3 e 6 miglia di distanza dal Terminale, rappresentati in fuxia nella Figura 2.2.

## 2.2 STATO ATTUALE E CRITICITÀ RICONTRATE

Dal momento della approvazione del Piano Rev.0, sono state realizzate ed inviate all'Autorità preposta le campagne di monitoraggio per i primi 9 anni di esercizio (dall'Autunno 2013 all'Estate 2022), per ciascuna delle quali (con l'eccezione del 7°, dell'8° e del 9° anno, per cui ad oggi non è ancora stato emesso un Provvedimento Ministeriale) è stata verificata l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 del Provvedimento Prot. DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010, per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al periodo di funzionamento del Terminale.

Tuttavia, nel corso degli anni, l'Autorità ha sottoposto all'attenzione di OLT alcune criticità:

- ✓ Nel corso della verifica di ottemperanza del 5° anno di monitoraggio, il MATTM nel decretarne l'ottemperanza (Provvedimento No. 188 del 25 Giugno 2020), ha prescritto che "Entro un anno solare dalla emissione del presente decreto dovranno essere eseguite, in accordo con la Capitaneria di Porto e ISPRA, delle misure specifiche di rumore per ogni tipologia di nave, durante tutto il periodo di operazioni di arrivo, ormeggio, scarico del GNL e allontanamento delle stesse navi dal Terminale". Successivamente alla presentazione da parte di OLT delle risultanze del monitoraggio delle fasi di un allibo effettuato nel settembre del 2020 (nota prot. N. 2021/OUT/GENER/B/0010 del 25 Gennaio 2021, acquisita al prot. MATTM/8201 del 27 Gennaio 2021), il Ministero della Transizione Ecologica (MITE), mediante la Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS Sottocommissione VIA, ha espresso, con **Parere n. 300 del 6 Luglio 2021**, la parziale ottemperanza alla prescrizione, evidenziando una serie di migliorie riguardanti alcuni aspetti del linguaggio, terminologia e dell'approccio metodologico sia in fase di campionamento, che in fase di analisi

dei dati e modellizzazione del rumore. OLT, come condiviso con ISPRA ed ARPAT, ha dunque operato una profonda revisione della metodologia di descrizione ed analisi dei dati di rumore ed adattamento del linguaggio, che risultano essere oggetto del documento presentato da OLT No. P0029592-1-H2 Rev. 0 "Caratterizzazione dei Livelli di Sorgente ed Analisi della Propagazione del Rumore Sottomarino durante le Operazioni di Allibo" (inviato all'autorità il 4 agosto 2022 con nota prot. 2022/OUT/GENER/B/0198);

- ✓ a corredo della documentazione di ottemperanza per il 6° anno di monitoraggio, il Ministero ha condiviso con OLT le note tecniche di ISPRA e ARPAT relative al monitoraggio della componente rumore sottomarino (rif. **VIP\_5267**) che sono state recepite, per gli aspetti relativi al monitoraggio della componente rumore sottomarino, laddove possibile, già a partire dal report del 7° anno e messe in atto da OLT per quel che riguarda alcune richieste di modifiche nella raccolta dati sul campo e dell'analisi e presentazione dei risultati, a partire dalla campagna della primavera 2021 (P21) dell'8° anno di monitoraggio;
- ✓ le note tecniche di ISPRA e ARPAT relative al monitoraggio delle componenti cetacei e tartarughe marine (rif. **VIP\_5267**) hanno altresì evidenziato alcune imprecisioni ed incongruenze nella metodologia e nella frequenza delle indagini e la conseguente conduzione del monitoraggio e la successiva restituzione del dato, sottolineando l'opportunità di effettuare un ripensamento.

La presente proposta di modifica del Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine tiene in conto sia le indicazioni fornite da ISPRA e ARPAT nella **nota tecnica VIP\_5267**, emessa a corredo della documentazione di ottemperanza per il 6° anno di monitoraggio, sia di quelle riportate nel **Parere n. 300 del 6 Luglio 2021** prevedendo, anche per il nuovo Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei, un adeguamento della terminologia, della metodologia di campionamento e di analisi e delle relative tecniche di modellizzazione del rumore sottomarino, in conformità con le richieste avanzate dalle Autorità. Inoltre, la presente proposta contiene anche il monitoraggio del rumore durante gli allibi in conformità alla prescrizione 4 del Decreto Direttoriale 229 del 27/07/2020 (ID 4570) relativo all'esclusione della VIA per il progetto SSLNG.

Infine, la nuova proposta considera i risultati dei monitoraggi condotti finora e la presente proposta rappresenta un allineamento della metodologia di monitoraggio alle *best practices* internazionali attualmente in vigore, aggiornandola rispetto a quelle in vigore al tempo della prima stesura del Piano.

Si sottolinea infine che al momento della preparazione della presente proposta di modifica del Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine, OLT ha sottomesso all'Autorità il rapporto annuale relativo alle attività di monitoraggio del rumore sottomarino anche per il 9° anno di esercizio del Terminale (dall'Autunno 2021 all'Estate 2022), preparato in maniera conforme al Piano Rev 0 ed integrato di tutti i suggerimenti delineati dalle Autorità.

### 2.3 PROPOSTA DI MODIFICA DEL PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE SOTTOMARINO E DELLA PRESENZA DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE

La proposta prevede una revisione dettagliata del Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e, contestualmente, della metodologia di Monitoraggio della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine; tale revisione si basa sui risultati delle analisi dei dati delle campagne di monitoraggio finora eseguite e prende in considerazione sia le criticità rilevate ed espresse dalle Autorità (si veda Paragrafo 2.2), sia le considerazioni tecniche tratte dai risultati sin qui ottenuti, sia per quanto riguarda il monitoraggio del Terminale *stand-alone*, sia durante le fasi di un allibo. Le ragioni a supporto della proposta di modifica del piano sono dettagliate nei Paragrafi da 2.3.1 a 2.3.3.

La metodologia di monitoraggio del rumore sottomarino riportata nella presente proposta è la stessa discussa e concordata con ISPRA ed ARPAT come richiesto dal provvedimento n 188 del 25 Giugno 2020 e dal Parere 300 del 6 Luglio 2021 ed utilizzata da OLT per il monitoraggio del rumore sottomarino durante un allibo eseguito nel mese di Giugno 2022 (Doc. No. P0029592-1-H2 Rev. 0). I risultati del monitoraggio dell'allibo condotto in Giugno 2022 sono stati presentati da OLT agli Enti competenti nell'Agosto del 2022 (prot. 2022/OUT/GENER/B/0198). La proposta prevede inoltre di utilizzare la stessa metodologia di acquisizione di dati acustici anche per rilevare la presenza di cetacei nell'area del Terminale, equipaggiando uno degli strumenti utilizzati per il monitoraggio del rumore sottomarino con un idrofono dedicato.

In estrema sintesi, la proposta di modifica del piano di monitoraggio del rumore sottomarino e della presenza di cetacei e tartarughe marine, avrà le seguenti caratteristiche:

- ✓ posizione degli strumenti per il monitoraggio del rumore sottomarino: saranno posizionati tre strumenti (con ancoraggio sul fondale marino) a circa 1 km dal Terminale ubicati indicativamente lungo tre direzioni cardinali



opportunamente scelte considerando la massima distanza di propagazione del suono: Ovest (W), Nord (N) e Sud (S) (si vedano Figura 2.3 Figura 2.4). Gli strumenti saranno programmati per acquisire dati acustici in continuo dal momento di attivazione prima della messa in acqua fino al recupero degli strumenti con una frequenza di 128 kHz per una banda di frequenza utilizzabile da 10 Hz to 64 kHz con guadagno pari a 0. Il canale di registrazione utilizzato avrà una risoluzione di 24-bit. Gli strumenti saranno montati su piastre metalliche per garantire una posizione statica fissa dal fondale con lo scopo di minimizzare ogni potenziale rumore generato dall'ancoraggio (si veda Figura 2.5). Una copertura attorno all'idrofono fatta di gomma e lycra acusticamente trasparente è stata utilizzata per minimizzare il rumore di flusso;

- ✓ metodologia per rilevare la presenza acustica dei cetacei: utilizzo di strumento statico dedicato posizionato sul fondale anziché rilevamento mobile effettuando transetti ortogonali;
- ✓ posizione dello strumento per rilevare la presenza acustica dei cetacei: su uno dei 3 strumenti dedicati alla misura del rumore sottomarino sarà posizionato un idrofono aggiuntivo dedicato ad individuare acusticamente i cetacei eventualmente presenti nell'area del Terminale. Nel dettaglio, l'idrofono dedicato a rilevare l'eventuale presenza dei cetacei verrà posizionato sullo strumento ad ovest del Terminale, in quanto più prossimo alle batimetriche più profonde e potenzialmente più favorevoli a rilevare acusticamente il possibile passaggio nell'area delle specie indicate come comunemente presenti nel Santuario Pelagos e che sono solite occupare un areale di acque più profonde rispetto a quelle ove si trova il Terminale;
- ✓ frequenza di monitoraggio acustico: si propone un monitoraggio del rumore sottomarino e della presenza acustica dei cetacei con cadenza annuale (una volta all'anno possibilmente nel periodo invernale, come meglio dettagliato nel seguito del presente documento), per circa 10-15 giorni di registrazione continuativa, in maniera da ricomprendere tutte le fasi che caratterizzeranno le possibili attività del Terminale durante il suo Esercizio;
- ✓ frequenza del monitoraggio visivo: si propone l'implementazione di un protocollo di avvistamento che il personale qualificato Marine Mammal Observer (MMO) ed imbarcato a bordo di un mezzo nautico costantemente presente nei pressi del Terminale (nave guardiana) adotterà al fine di verificare visivamente la presenza/passaggio di cetacei e tartarughe marine fino ad una distanza di 1 miglio dal Terminale. Il monitoraggio sarà articolato in maniera da distribuire lo sforzo di avvistamento uniformemente durante i 12 mesi dell'anno e sarà mantenuto costante prima e durante le operazioni di allibo. Sarà garantita una comunicazione costante tra il personale incaricato del monitoraggio a bordo della nave guardiana ed il Terminale al fine di permettere al personale operativo di FSRU Toscana di adottare le opportune misure di mitigazione (ad esempio: posticipo delle operazioni di allibo in caso di presenza di cetacei entro un'area di 1 miglio dal Terminale);
- ✓ metodologia di analisi dei dati acustici: analisi e metriche riportate conformi a standard internazionali, modellizzazione in linea con la *best practice* del settore, soglie di disturbo per i mammiferi marini secondo le più recenti linee guida riconosciute a livello internazionale, rilevamento della presenza di mammiferi marini durante tutto il periodo di messa a mare degli strumenti.

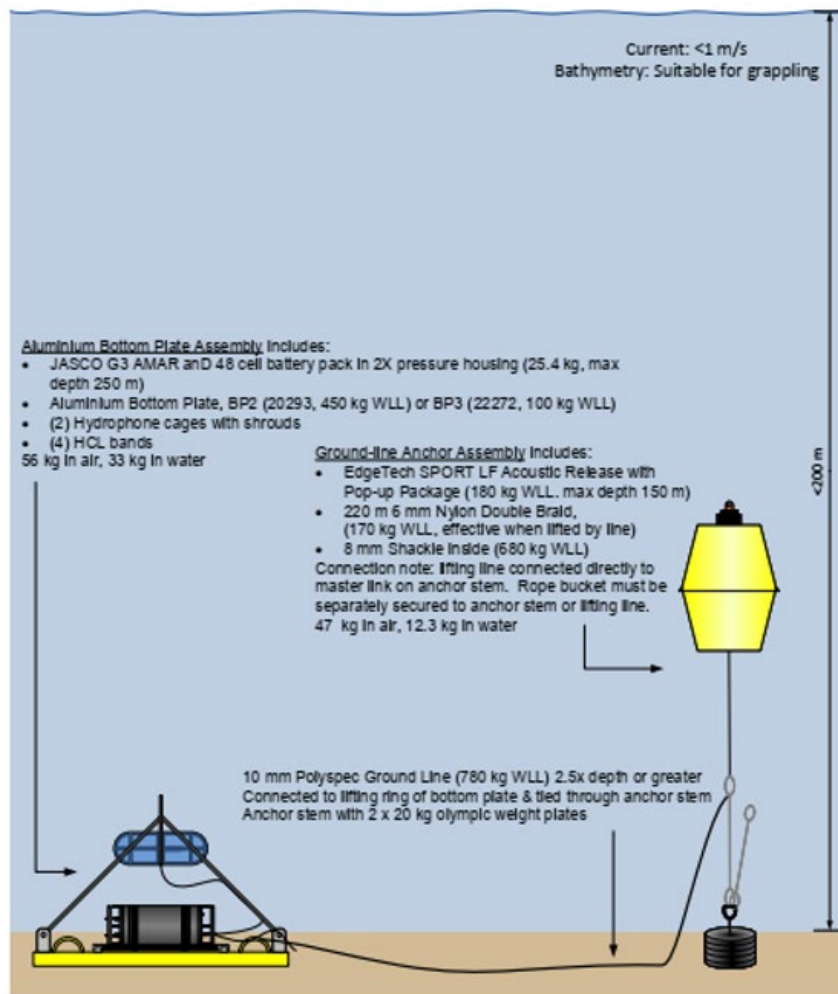
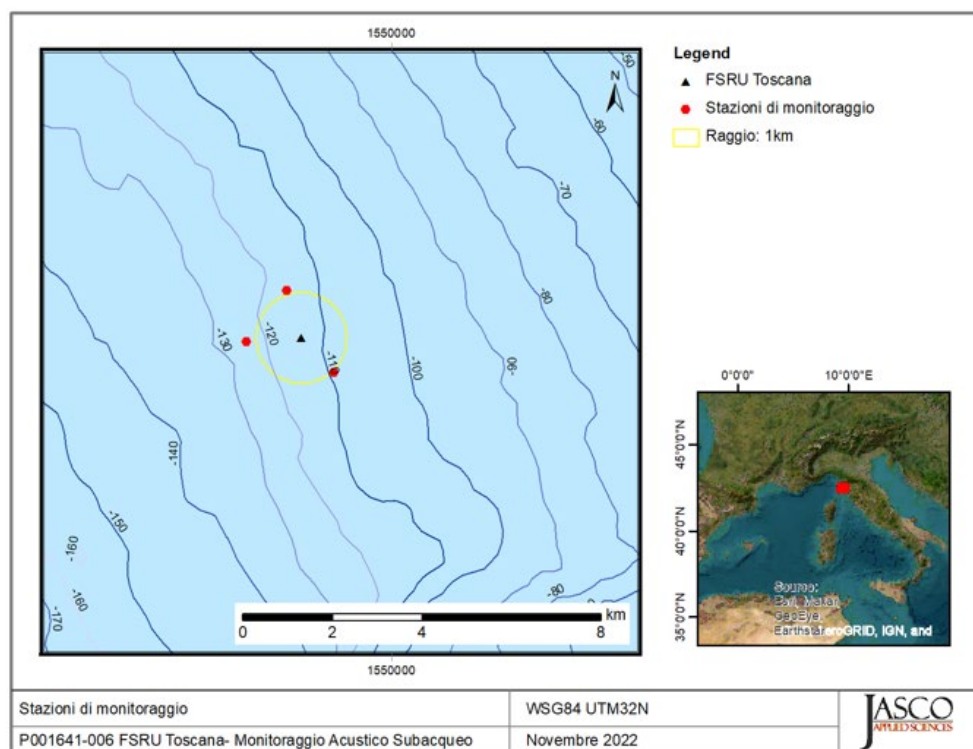


Figura 2.3: Schema indicativo di ancoraggio degli strumenti (© JASCO Applied Sciences)



**Figura 2.4: Posizionamento indicativo degli strumenti per il monitoraggio del Rumore Sottomarino secondo la nuova proposta di monitoraggio (uno dei quali equipaggiato con idrofono dedicato a rilevare la presenza di cetacei) (© JASCO Applied Sciences)**

### 2.3.1 Frequenza delle Indagini Acustiche ed Estensione della Durata del Campionamento

Si propone di effettuare il campionamento acustico una volta all'anno anziché stagionalmente e di estendere la durata del campionamento a circa 10-15 giorni, periodo durante il quale l'acquisizione del suono subacqueo avverrà in maniera continuativa a 96 kHz (frequenza di campionamento già approvata per il monitoraggio dell'allibo del Giugno 2022).

Questa proposta scaturisce dalle seguenti osservazioni:

- ✓ il monitoraggio stagionale ha consentito di qualificare quale sia il periodo di maggiore (e minore) propagazione del suono in relazione al profilo della velocità del suono. Un'analisi di questo fattore è presentata nel Paragrafo 2.3.2.2;
- ✓ l'estensione della durata del monitoraggio ad un periodo di raccolta di dati continuo di circa 10-15 giorni permetterà di ottenere uno scenario più completo e dettagliato di come le attività del rigassificatore impattino sull'ambiente acustico marino, come dimostrato dai dati raccolti utilizzando questo approccio per l'allibo 2022 (Giugno). Un vantaggio di questo approccio è che oltre a monitorare le operazioni di allibo in maniera completa, si otterranno dati acustici per il Terminale in stato *stand alone* e se possibile in stato di *holding* (normale operatività di rigassificazione) per più giorni permettendo di ottenere dati quando altre navi non sono presenti e di ottenere una minima distribuzione statistica. Inoltre, l'utilizzo di registratore autonomi permette maggiore flessibilità riguardo all'incertezza sul calendario degli allibi;
- ✓ ai fini del rilevamento acustico della possibile presenza di cetacei nell'area del Terminale, l'estensione della durata del campionamento ad un periodo continuo di circa 10-15 giorni permetterà di acquisire una quantità di dati acustici notevolmente superiore rispetto alla situazione attuale che nei primi 8 anni di analisi dei dati di monitoraggio presentati all'Autorità non ha evidenziato alcun segnale acustico ricollegabile alla possibile presenza di cetacei;
- ✓ l'analisi dei dati acustici ha evidenziato che per la stima dei livelli di sorgente e il calcolo dei raggi di impatto sui mammiferi marini si possa effettuare in maniera accurata sui dati entro ~1km dal Terminale, mentre per

dati sul rumore sottomarino raccolti a 10km di distanza dal Terminale, l'influenza di possibili sorgenti differenti dal Terminale stesso (presenza di altre navi, etc.), determinano un'eccessiva incertezza nella caratterizzazione della sorgente e non arricchiscono lo studio di impatto.

È importante specificare che l'attuale programmazione delle navi metaniere è circa una nave ogni 7-8 giorni e che sebbene l'attuale programmazione degli allibi non permetta di conoscere nel dettaglio quando le metaniere Small Scale LNG Carriers (SSLNGC) saranno in allibo, la presente proposta di modifica è strutturata con l'obiettivo di monitorare il rumore sottomarino emesso anche durante tali fasi operative; è infatti intenzione di OLT ottimizzare la programmazione dell'allibo delle metaniere SSLNGC in maniera da effettuarlo, laddove possibile, nel periodo che intercorre tra due allibi di navi metaniere ed in funzione dell'allocatione del servizio.

### 2.3.2 Metodo e Profondità di Campionamento Acustico

La nuova proposta di monitoraggio consiste nella messa in acqua di sistemi di acquisizione autonomi posizionati sul fondo marino, uno dei quali sarà equipaggiato con idrofono dedicato a rilevare acusticamente la presenza di mammiferi marini.

Tale scelta è stata dettata dalle seguenti osservazioni effettuate sui dati registrati fino ad ora:

- ✓ Sono stati rilevati rumore di flusso dell'idrofono sotto i 40 Hz (vedi relazione VII anno) e variabilità nei livelli sonori registrati oltre al rumore del cavo dell'idrofono. **Soluzione:** il posizionamento dell'idrofono sul fondo anziché tramite un cavo dalla superficie dell'acqua permette di ridurre il rumore spurio dato che sul fondo la corrente e il moto ondoso sono minimizzati; inoltre, rispetto al sistema di un idrofono calato da una barca, permette di ottenere registrazioni più robuste in quanto indipendente dai movimenti della barca di supporto e del moto della superficie dell'acqua, oltre ad avere maggiore regolarità della profondità di campionamento. Infatti, quando l'idrofono viene calato dalla barca, la profondità di campionamento non può essere garantita perché soggetta alle correnti. Non è possibile effettuare un controllo che i dati vengano effettivamente campionati alla profondità desiderata. Queste considerazioni (e le relative soluzioni di mitigazione) sono state evidenziate nelle linee guida per il monitoraggio del rumore subacqueo (Robinson et al. 2014);
- ✓ Nonostante siano acquisiti dati acustici a diverse distanze dal rigassificatore, i livelli di sorgente possono essere calcolati solamente utilizzando le distanze di 100 m (quando non intaccate dalla presenza di mezzi di supporto (ad es. rimorchiatori) e 1 km. I dati a 10 km sono inutilizzabili perché sono condizionati dal rumore locale (vedi relazione VIII anno). Inoltre, i dati acquisiti a 100 m dal Terminale sono molto variabili in quanto sia la posizione del Terminale, sia quella della imbarcazione di acquisizione dei dati acustici, sono variabili; questo fatto ha determinato un campionamento dei dati a distanze diverse dai 100 m previsti dal piano di monitoraggio, con la conseguenza di incrementare l'incertezza nella stima dei livelli di sorgente. **Soluzione:** l'utilizzo di registratori acustici fissi permette di mantenere una posizione costante del ricevitore che può essere efficacemente correlata con la posizione del Terminale utilizzando i dati AIS (Automatic Identification System) delle navi presenti nell'area e dotate di tale sistema automatico per stimare la distanza reciproca e i relativi livelli di sorgente in modo accurato. Inoltre, la scelta della distanza di monitoraggio dal Terminale a 1 km permette di ottenere dati robusti sulle caratteristiche acustiche del Terminale. L'esclusione del monitoraggio a 100 m è utile per prescindere da effetti non-lineari dell'acustica che possono essere riscontrati nel "near-field", cioè in prossimità del Terminale, e da incertezze che derivano dalla lunghezza del Terminale (cioè 306 m). La distanza proposta di 1 km è già stata messa in atto con successo per il monitoraggio dell'Allibo 2022 (Giugno). L'utilizzo di tre registratori in direzioni cardinali differenti permette di valutare i livelli sonori in maniera indipendente dall'orientamento del rigassificatore che ruota durante la sua attività in relazione alle condizioni meteorologiche (vedi Paragrafo 2.3.2.2);
- ✓ Il campionamento sequenziale, invece che simultaneo, nelle diverse direzioni geografiche non consente di trarre paragoni conclusivi su effetti dovuti alla propagazione del suono, perché le differenze riscontrate sono soggette all'incertezza che diverse operazioni abbiano luogo in tempi diversi, come riscontrato durante il monitoraggio dell'allibo 2022 (Giugno);
- ✓ Il profilo di velocità del suono è stato ottenuto per ogni campagna di monitoraggio del rumore subacqueo e dati sui parametri fisici della colonna d'acqua sono stati regolarmente raccolti anche durante le campagne di monitoraggio della colonna d'acqua con cadenza stagionale. Questo ha permesso di ottenere un'ottima panoramica della variabilità della velocità del suono nell'arco dell'anno. Un'analisi dettagliata è presentata nella sezione 2.3.2.2. Sulle basi dell'analisi condotta, si è potuto stabilire il periodo di massima propagazione del suono. Inoltre, l'attività del Terminale *stand-alone* durante l'attività di *holding (rigassificazione)*, cioè la sua regolare attività, non dipende dalla stagionalità ma dalle allocazioni commerciali. Pertanto, si ritiene che per ottemperare la richiesta delle Autorità di monitorare il rumore nel caso di normale attività sia sufficiente fare riferimento a una sola stagione.



Figura 2.5: Foto degli strumenti proposti del relativo ancoraggio (© JASCO Applied Sciences)

#### 2.3.2.1 Considerazioni Generali in Supporto alla Nuova Proposta

La nuova proposta prevede il posizionamento degli idrofoni in prossimità del fondo del mare ad una profondità che catturerà più segnale acustico rispetto ad un posizionamento più vicino alla superficie, in accordo con quanto specificato, ad esempio, nello standard di misurazione Joint Industry Program (JIP) (de Jong et al. 2021).

Inoltre, le linee guida per il monitoraggio del rumore subacqueo consigliano di posizionare gli strumenti con un sistema di ormeggio sul fondo marino per ottenere registrazioni di dati acustici di alta qualità riducendo i rischi di rumore generati dallo stesso sistema di acquisizione dei dati e dal relativo ormeggio (Robinson et al. 2014, Ainslie et al. 2022). Un motivo importante per evitare di posizionare l'idrofono più in alto nella colonna d'acqua è che le cime di ormeggio spesso aggiungono rumore sostanziale, degradando così le misurazioni. I movimenti di tali ormeggi portano anche ad una maggiore variabilità che non è correlata alle variazioni di rumore delle sorgenti importanti. Pertanto, il fondo è la posizione ottimale per questa misurazione che permette di ridurre al minimo il rumore non acustico mantenendo l'idrofono completamente fermo.

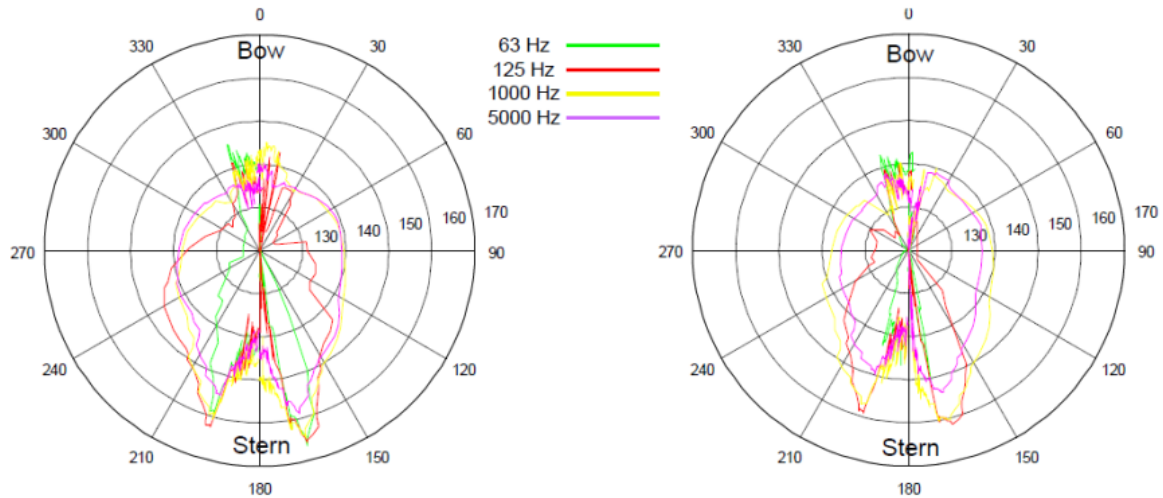
Al contrario, come evidenziato nella Good Practice Guide (GPG13) (Robinson et al. 2014), se gli idrofoni vengono posizionati in prossimità della superficie, la posizione effettiva dell'idrofono potrebbe essere influenzata dallo spostamento del cavo sotto l'influenza della corrente. Se, da un lato, attaccare l'idrofono a un cavo di supporto con un peso all'estremità del cavo stesso potrebbe mitigare l'effetto, dall'altro potrebbe comunque comportare uno spostamento che influirebbe sulla posizione laterale e sulla profondità raggiunta dall'idrofono.

Infine, un lavoro svolto recentemente dalla JASCO per lo sviluppo di uno standard internazionale (ISO) per misurare i livelli di sorgente di navi in acque poco profonde, ha dimostrato che si possono ottenere risultati coerenti e robusti utilizzando un solo idrofono posizionato sul fondale, con un setup comparabile a quello proposto per il monitoraggio dell'allibito del Giugno 2022 (Ainslie et al. 2022, MacGillivray et al. 2022). Infatti, questo tipo di ancoraggio si è dimostrato preferibile rispetto a idrofoni schierati verticalmente lungo la colonna d'acqua.

#### 2.3.2.2 Direzionalità del Suono Radiato da Navi

È noto che il rumore sottomarino radiato dalle navi sia direzionale; in altre parole, i livelli riscontrati presso il ricevitore possono variare sostanzialmente a seconda dell'orientamento della sorgente; ciò è dovuto alla

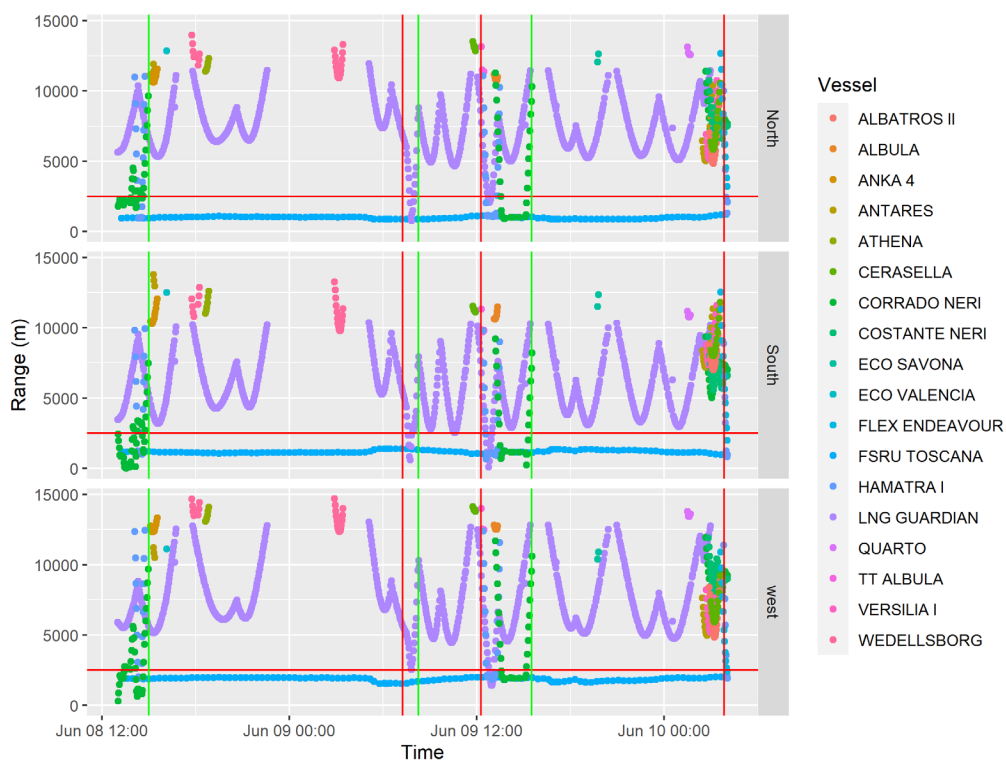
localizzazione delle sorgenti sonore a bordo di una nave, come dimostrato, per esempio, nelle misurazioni presentate da Gaggero et al., 2013 (Figura 2.6), di seguito riportata.



**Figura 2.6:** Diagramma a rosa della direzionalità di una nave da pesca registrata con due idrofoni (1, sinistra e 2, destra). I livelli sono espressi in dB re  $1\mu\text{Pa}$  riferiti a 1 m dalla sorgente usando la perdita di trasmissione effettivamente calcolata (tratto da Gaggero et al., 2013).

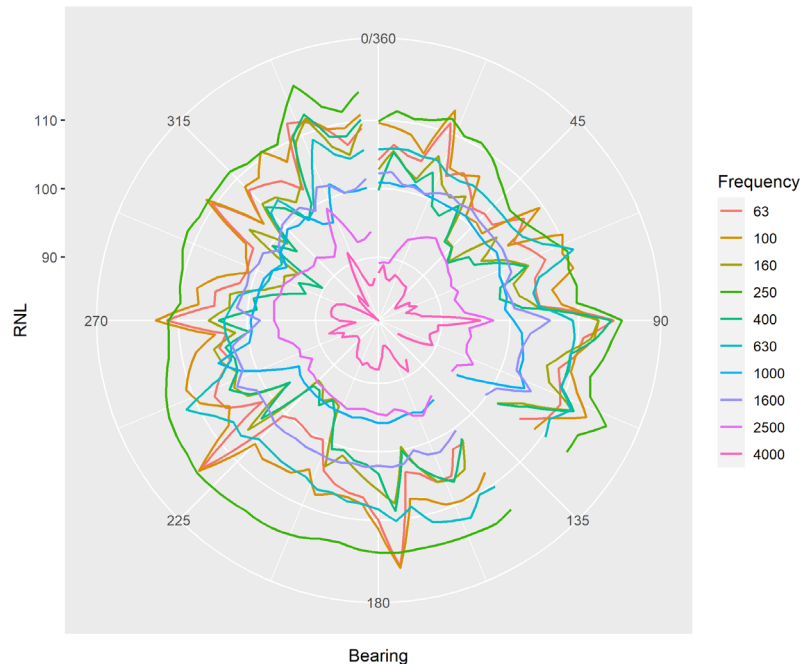
Considerando che il terminale FSRU Toscana ruota intorno al proprio fulcro per adeguare la posizione della nave alle condizioni meteo-marine, non è dunque possibile predire come sarà posizionato durante il periodo di monitoraggio acustico, come dimostrato dai dati raccolti durante il monitoraggio dell'allibo del Giugno 2022.

Al fine di investigare se fosse possibile definire la direzionalità del suono per il Terminale in fase *stand-alone*, è stata condotta un'analisi limitata ad una porzione di dati ottenuti il giorno prima del monitoraggio dell'allibo del Giugno 2022. I dati ottenuti nel periodo in cui nessuna nave (sulla base dei dati AIS) era presente entro un raggio di 2 km dal Terminale, sono identificati nella figura sottostante, rappresentando con linee verticali verdi per l'inizio del periodo d'analisi e linee verticali rosse per la fine (Figura 2.7).



**Figura 2.7:** Distanza calcolata fra le stazioni di monitoraggio fisse (allibo 2022) e le navi presenti prima che l'allibo avesse luogo, cioè in una fase paragonabile all'attività del rigassificatore stand-alone (© JASCO Applied Sciences).

I risultati ottenuti, basandosi sulla retro-propagazione sferica del suono dal ricevitore alla sorgente, mostrano direzionalità alle frequenze comprese fra 200-630 Hz (Figura 2.8), che sono le bande di interesse per le sorgenti riscontrate a bordo del rigassificatore.



**Figura 2.8:** Diagramma a rosa che mostra i livelli ricevuti sui tre strumenti combinati, nelle diverse direzioni durante il periodo di monitoraggio mostrato in Figura 2.7 (© JASCO Applied Sciences).

Sulla base di queste considerazioni, la presente proposta di modifica del piano di monitoraggio prevede di mantenere gli strumenti posizionati in diverse direzioni cardinali, al fine di garantire di poter stimare i livelli di sorgente in maniera indipendente dall'orientamento del Terminale, in quanto la rotazione dello stesso può variare durante il monitoraggio.

### 2.3.2.3 Analisi del Profilo della Velocità del Suono

Durante l'arco dell'anno si possono osservare quattro tipi di profili della velocità del suono, cioè:

- ✓ velocità costante – vedi stagione autunnale (ad es. I21);
- ✓ rifrangente verso l'alto – vedi stagione invernale (ad es. A20);
- ✓ rifrangente verso il basso – vedi stagione estiva (ad es. E21);
- ✓ riduzione costante – vedi stagione primaverile (ad es. P21).

I profili più adatti alla propagazione del suono nelle condizioni locali di relativamente poca profondità dell'acqua, specialmente per le basse frequenze, sono i primi due.

Per stabilire quale dei due sia lo scenario più gravoso per un possibile impatto sui mammiferi marini, è stato effettuato un test di confronto per il sito specifico di FSRU Toscana tra i due profili relativamente alla perdita di propagazione per il profilo a "velocità costante" e quello "rifrangente verso l'alto" (Figura 2.9). Il test è consistito nel calcolare la perdita di trasmissione lungo lo stesso transetto ma applicando i differenti profili di velocità del suono che sono stati successivamente sottratti allo stesso livello di sorgente per stimare i raggi di impatto.



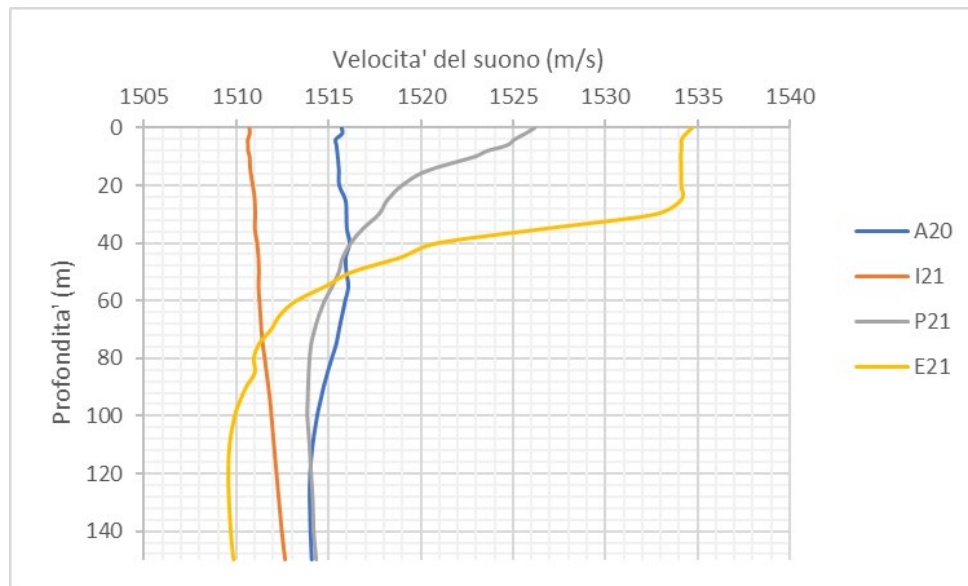


Figura 2.9: Profilo della velocità del suono secondo i dati dell'anno VIII di monitoraggio.

Il profilo I21 cioè “velocità costante” si è dimostrato quello più favorevole alla propagazione del suono e risultante, dunque, in raggi di possibile impatto sui mammiferi marini più estesi.

Sulla base di queste considerazioni, la presente proposta di modifica prevede di effettuare il monitoraggio del rumore sottomarino possibilmente durante il periodo invernale.

La metodologia di campionamento con un singolo idrofono situato in prossimità del fondale marino è stata accordata con gli enti dato che il profilo del suono nel periodo in cui è presente nell'area di indagine un termoclino stagionale è “downward refracting” cioè il suono viene rifratto verso il fondale invece che verso la superficie. La profondità dell'acqua è relativamente bassa (fino a 120m) e pertanto le onde sonore a bassa frequenza, che sono l'oggetto di interesse, non sono particolarmente influenzate dal fenomeno della formazione di zone d'ombra che comporterebbero la necessità di effettuare il campionamento a più di una profondità, sopra e sotto il termoclino.

### 2.3.3 Metodologia di Analisi dei Dati e Modellizzazione del Rumore Sottomarino

Rispetto al lavoro presentato per il monitoraggio stagionale delle emissioni sonore subacquee del Terminale fino all'anno VII, la metodologia di analisi e modellizzazione è stata già modificata a partire dalla relazione relativa all'anno VIII, per rispondere alle criticità riscontrate dalle Autorità. Rispetto all'ultima relazione presentata non si prevedono quindi modifiche. Rispetto al piano di monitoraggio approvato, si evidenziano però le seguenti differenze:

- ✓ Riferimenti e conformità alle linee guida più recenti: da quando il vecchio piano di monitoraggio del 2013 è stato approvato, nuove linee guida sulla metrica e i criteri da utilizzare per il disturbo del rumore antropogenico sui mammiferi marini sono stati pubblicati. I riferimenti appropriati sono di seguito riportati:
  - Borsani and Farchi (2011): uniche linee guida disponibili a livello nazionale. Questo documento è tutt'ora utilizzato e i criteri presentati rimarranno inclusi nelle relazioni presentate,
  - Southall et al. (2007): criteri internazionali su cui si sono stabilite le linee guida di Borsani and Farchi (2011). Questo studio è soprasseduto dal più recente lavoro Southall et al. (2019). Mentre i valori soglia non sono differenti dal lavoro del 2007, i gruppi uditivi sono stati rivalutati. Nelle nuove relazioni, si farà dunque riferimento ai gruppi uditivi come categorizzati in Southall et al. (2019),
  - Gomez et al. (2016): pubblicazione scientifica che riepiloga le soglie di disturbo comportamentale per i mammiferi marini in risposta al rumore antropogenico,
  - ACCOBAMS (2013) linee guida in supporto dell'implementazione di misure di mitigazione per l'industria, revisionate nel 2016 e nel 2019.

In particolare, si segnala che per i futuri monitoraggi le distanze corrispondenti all'eccedenza del criterio di disturbo comportamentale verranno calcolate secondo (Borsani and Farchi 2011, ACCOBAMS, 2013, ACCOBAMS, 2020) usando:

- le linee guida di Borsani e Farchi (2011) e Gomez et al. (2016) che identificano soglie comportamentali variabili a seconda dei gruppi uditivi come segue:
  - a) Cetacei di bassa frequenza: Lp 100–110 dB re 1 µPa non ponderato,
  - b) Cetacei di media frequenza: Lp 110–120 dB re 1 µPa non ponderato,
  - c) Cetacei di alta frequenza: Lp 140–150 dB re 1 µPa non ponderato;
- ✓ La terminologia utilizzata nella relazione sarà adeguata allo standard internazionale ISO 18405 pubblicato nel (2017);
- ✓ L'analisi dei dati è conforme alle linee guida per l'analisi del rumore subacqueo di tipo continuo, qui elencate:
  - Robinson et al. (2014): Linee guida per il monitoraggio acustico subacqueo,
  - Dekeling et al. (2014): Strategia di implementazione della direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino;
- ✓ La finestra di analisi per la misura di Lp avrà una durata temporale compresa tra 10 secondi ed 1 minuto, in linea con quanto evidenziato nelle linee guida di Dekeling et al. (2014);
- ✓ Dato che l'argomento del rumore subacqueo e dei relativi impatti sulla fauna marina è in continuo sviluppo, eventuali linee guida di rilievo per l'analisi che saranno pubblicate in futuro verranno esaminate e utilizzate, se pertinenti;
- ✓ La modellizzazione viene effettuata utilizzando un modello che combina l'utilizzo dell'equazione parabolica per le basse frequenze e il modello Bellhop per le frequenze sopra 2 kHz. La scelta è motivata dal fatto che il Terminale si trovi in acque relativamente poco profonde (al di sotto di 150 m) e quindi questo modello combinato risulta essere il più accurato, come ampiamente discusso nella letteratura scientifica (Etter 2009, Farcas et al. 2016).

Model Type	Shallow Water				Deep Water				Accuracy	
	Low Frequency		High Frequency		Low Frequency		High Frequency			
	Range Ind.	Range Dep.	Range Ind.	Range Dep.	Range Ind.	Range Dep.	Range Ind.	Range Dep.		
Simple energy spreading	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Not applicable
Ray Theory			■	■	■	■	■	■	■	Not accurate
Parabolic equation	■	■			■	■	■	■	■	Limited in accuracy or speed of execution
Normal mode	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Accurate and practical
Wave number integration	■	■	■	■	■	■	■	■	■	Accurate and practical

Figura 2.10: Sintesi dei tipi di modello e della loro applicabilità e accuratezza in base a vari scenari (© JASCO Applied Sciences, 2019 riadattato da Etter, 2009).

### 2.3.4 Frequenza e Metodologia di Monitoraggio Visivo

Al fine di ottemperare alla Prescrizione 7 contenuta nel provvedimento Prot. DVA-2010-0025280 di esclusione dalla Procedura di VIA del 20 ottobre 2010 ed in particolare alla lettera "d" che prevede, oltre alla verifica acustica della presenza di cetacei, anche la verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad 1 miglio dal Terminale, il presente piano di monitoraggio prevede che l'attività di avvistamento cetacei e tartarughe marine nei pressi del Terminale, sia realizzata da operatori Marine Mammal Observer (MMO) **con comprovata esperienza (es: approvati dal Joint Nature Conservation Committee - JNCC)** che prenderanno posto su un mezzo nautico costantemente presente nell'area del Terminale ed operativo 365 giorni/anno (nave guardiana).

Nello specifico, il piano prevede che il personale incaricato di effettuare il monitoraggio segua un protocollo di avvistamento dedicato al fine di verificare visivamente la presenza/passaggio di cetacei e tartarughe marine fino ad una distanza di 1 miglio dal Terminale ottimizzando lo sforzo di ricerca ed effettuando il monitoraggio con una

---

cadenza il più possibile regolare in maniera tale da ottenere dati utili a stabilire la frequentazione di cetacei e tartarughe marine nell'area del Terminale durante tutti i 12 mesi dell'anno.

### 3 SINTESI DELLE MODIFICHE PROPOSTE

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle modifiche proposte alle modalità di monitoraggio del rumore sottomarino e della presenza di Cetacei e Tartarughe Marine in cui, per facilitare la comprensione, sono stati inseriti anche i riferimenti alla Prescrizione 7 ed in ultima colonna, le motivazioni che sono alla base delle modifiche proposte e che rappresentano i vantaggi offerti dalla nuova metodologia proposta.

**Tabella 3.1: Modifiche proposte alle Modalità di Monitoraggio del Rumore Sottomarino e della Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine**

	Sintesi della Modifica	Contenuto della Prescrizione 7	Proposta di Modifica	Motivazione alla base della proposta di Modifica
1	Esecuzione di un'unica campagna annuale per rumore sottomarino e presenza acustica dei cetacei	<p><i>“Per tutto il periodo di funzionamento del terminale dovranno essere effettuati i seguenti monitoraggi in mare con cadenza annuale (tranne dove diversamente specificato):</i></p> <p><i>c. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari a 100 m, 1 km e 10 km dal terminale sia durante il funzionamento normale del Terminale (Stand-alone), nel periodo estivo e nel periodo invernale con cadenza triennale, che durante le fasi di allibo (sia per grandi metaniere, sia per metaniere small scale), nel periodo estivo e nel periodo invernale con cadenza annuale per i primi 4 anni, quindi triennale, al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;</i></p> <p><i>d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno 1 miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km del terminale;</i></p> <p><i>...omissis... Il monitoraggio dovrà essere effettuato anche un anno dopo la dismissione del Terminale (una campagna estiva, in analogia alla fase ante operam).</i></p>	Monitoraggio del Rumore Sottomarino del Terminale <i>stand-alone</i> e durante le fasi di allibo (sia per grandi metaniere, sia per metaniere small scale) e della presenza di cetacei tramite idrofono fisso posizionato nei pressi del terminale da ripetere con cadenza annuale (1 volta all'anno) durante la fase di esercizio e per 1 ulteriore anno nella fase di post-esercizio	<p>L'analisi dei dati delle campagne precedenti ha permesso di determinare quale sia il periodo della massima propagazione del rumore.</p> <p>Tale periodo è stato riscontrato durante la stagione invernale, in linea con il fatto che il profilo di propagazione del suono favorisce la propagazione del suono nelle basse frequenze.</p>
2	Combinazione di raccolta dati per monitoraggio acustico del rumore e la presenza dei cetacei	<p><i>d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno 1 miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km del terminale;</i></p> <p><i>...omissis... Il monitoraggio dovrà essere effettuato anche un anno dopo la dismissione del Terminale (una campagna estiva, in analogia alla fase ante operam).</i></p>	Utilizzo di un canale dedicato (idrofono omidirezionale) per registrare le emissioni sonore di cetacei sullo stesso strumento usato per il monitoraggio del rumore sottomarino.	<p>Migliore qualità dei dati e possibilità di rilevamento dei cetacei dato il posizionamento dell'idrofono sul fondale e in maniera autonoma.</p> <p>Possibilità di monitoraggio della presenza dei cetacei sia di giorno che di notte.</p> <p>Estensione della durata di rilevamento acustico per incrementare possibilità di rilevare la presenza dei cetacei.</p>
3	Monitoraggio acustico tramite stazioni fisse	<p><i>...omissis... Il monitoraggio dovrà essere effettuato anche un anno dopo la dismissione del Terminale (una campagna estiva, in analogia alla fase ante operam).</i></p>	Monitoraggio tramite installazione di strumenti fissi sul fondale che verranno installati per una durata di circa 10-15 giorni	<p>Riduzione incertezza su posizione relativa di sorgente e ricevitore.</p> <p>Migliore qualità di dati acustici,</p>

	Sintesi della Modifica	Contenuto della Prescrizione 7	Proposta di Modifica	Motivazione alla base della proposta di Modifica
				coerentemente con le linee guida di GPG13
4	Monitoraggio acustico a una singola distanza dal Terminale		Monitoraggio a circa 1km dal Terminale	<p>Metodologia verificata durante la campagna di monitoraggio per l'allibo 2022 (Giugno). La singola distanza permette di ottenere livelli di sorgente affidabili se i dati sono acquisiti in diverse direzioni cardinali.</p> <p>Inoltre, il posizionamento di un idrofono dedicato su uno strumento posizionato nei pressi del fondale permetterà di verificare il passaggio di cetacei nei pressi del terminale durante tutto il tempo di raccolta dati del rumore sottomarino.</p>
5	Monitoraggio acustico ad un'unica quota di profondità nei pressi del fondale		Monitoraggio mediante un'unica misura da effettuarsi con un singolo idrofono posizionato nei pressi del fondale	<p>il profilo del suono nel periodo in cui è presente nell'area di indagine un termoclino stagionale è "downward refracting" cioè il suono viene rifratto verso il fondale invece che verso la superficie. La profondità dell'acqua è relativamente bassa (fino a 120m) e pertanto le onde sonore a bassa frequenza, che sono l'oggetto di interesse, non sono particolarmente influenzate dal fenomeno della formazione di zone d'ombra che comporterebbero la necessità di effettuare il campionamento a più di una profondità, sopra e sotto il termoclino.</p>

	Sintesi della Modifica	Contenuto della Prescrizione 7	Proposta di Modifica	Motivazione alla base della proposta di Modifica
6	Estensione durata di monitoraggio acustico	<p><i>“Per tutto il periodo di funzionamento del terminale dovranno essere effettuati i seguenti monitoraggi in mare con cadenza annuale (tranne dove diversamente specificato):</i></p> <p><i>[...]</i></p> <p><i>c. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari a 100 m, 1 km e 10 km dal terminale sia durante il funzionamento normale del Terminale (Stand-alone), nel periodo estivo e nel periodo invernale con cadenza triennale, che durante le fasi di allibo (sia per grandi metaniere, sia per metaniere small scale), nel periodo estivo e nel periodo invernale con cadenza annuale per i primi 4 anni, quindi triennale, al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;</i></p>	<p>La durata del monitoraggio sarà continua dalla messa in acqua al ritiro degli strumenti. Tale modalità permetterà il monitoraggio annuale del Terminale stand alone ed il monitoraggio degli eventuali allibi delle navi al terminale permettendo di effettuare la misura del rumore sottomarino e rilevare la presenza di cetacei nei pressi del terminale.</p> <p>La durata delle misure di 10-15 giorni permette sia il monitoraggio dello stand alone che il monitoraggio durante gli <b>allibi delle navi metaniere</b>, da considerarsi come la fase potenzialmente più gravosa per quel che riguarda l'immissione di rumore nell'ambiente sottomarino, e delle <b>navi SSLNG*</b></p> <p>Il monitoraggio degli allibi congiunto con lo stand alone è da ripetere ogni anno, con le modalità descritte al punto precedente**</p>	<p>È apparso necessario ottenere dati per un periodo più esteso rispetto alla durata attuale stabilita in 20 minuti per direzione cardinale e profondità, come da nota tecnica ISPRA IDVIP 5879_Osservazioni ISPRA_monitoraggio rumore subacqueo_V.O. V anno Rigassificatore OLT (Livorno) al fine di ottenere una distribuzione statistica dei livelli sonori e minimizzare l'influenza di eventuali passaggi di navi coinvolte con le attività del Terminale. Inoltre, questo approccio risulta più efficiente perché si ottengono più dati in condizioni meteo diverse e si può avere un'immagine più chiara dell'influenza della presenza delle navi coinvolti sul rumore subacqueo.</p> <p>Al fine di verificare la presenza di cetacei nei pressi del terminale, estendere la durata del monitoraggio a 10-15 giorni in continuo permetterà di disporre di un numero di ore di registrazioni dell'ambiente acustico nettamente superiore a quelle acquisite con la metodologia di indagine attuale</p>

	Sintesi della Modifica	Contenuto della Prescrizione 7	Proposta di Modifica	Motivazione alla base della proposta di Modifica
7	Monitoraggio visivo regolare durante tutto l'anno nei pressi del Terminale	<p><i>“Per tutto il periodo di funzionamento del terminale dovranno essere effettuati i seguenti monitoraggi in mare con cadenza annuale (tranne dove diversamente specificato):</i></p> <p>[...]</p> <p><i>d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno 1 miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km del terminale</i></p>	Si prevede di deputare il monitoraggio visivo a personale con qualifica di MMO imbarcato su mezzo nautico costantemente presente nell'area del Terminale. Il monitoraggio sarà effettuato secondo protocolli interni ben stabiliti.	La metodologia proposta permetterà di verificare durante tutti i mesi dell'anno la presenza di cetacei e tartarughe marine in un'area di almeno 1 miglio nei pressi del Terminale così come richiesto nella procedura di VIA conclusa con Decreto No. 450 del 27 Dicembre 2022.
8	Adeguamento dei criteri di impatto e della terminologia a studi recenti	Nessuna prescrizione o variazione del Piano approvato	Il presente piano di monitoraggio del rumore e della presenza di cetacei e tartarughe marine prevede una revisione della metodologia di analisi e di modellizzazione, nonché della terminologia.	Nuovi studi e standard internazionali sono stati pubblicati.

\*In particolare, la **Prescrizione No. 4** del Parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS No. 3216 del 6 Dicembre 2019 stabilisce che *“Entro sei mesi dalla notifica del presente atto, in accordo con ISPRA e la Capitaneria di Porto, nel rispetto delle condizioni di sicurezza, dovrà essere presentato al MATTM un piano di monitoraggio del rumore in mare durante gli allibi al Terminale di tutte le varie tipologie di navi utilizzate”*.

\*\*OLT compatibilmente con la programmazione commerciale farà il massimo sforzo per monitorare ogni tipologia di allibo (nave metaniera e nave SSLNG)

## 4 CONCLUSIONI SULLA PROPOSTA DEL NUOVO PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE SOTTOMARINO E DELLA PRESENZA DI CETACEI E TARTARUGHE MARINE

### 4.1 ASPETTI AUTORIZZATIVI

Lo scopo del monitoraggio del rumore sottomarino è quello di ottemperare alla Prescrizione No. 7 del Provvedimento DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010 così come modificata dal Decreto Direttoriale 126 del 02 Marzo 2023 del MASE, realizzando le misure di acquisizione del rumore sottomarino nell'area del Terminale durante il funzionamento del Terminale, nella fase cosiddetta "Stand-alone" e durante le fasi di allibo (sia per grandi metaniere, sia per metaniere small scale).

Le modifiche proposte tengono inoltre conto della Prescrizione No. 4 del Parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS No. 3216 del 6 Dicembre 2019 ricevuta in merito al procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA relativa all'implementazione di un servizio Small Scale LNG per la distribuzione via mare di GNL, tramite metaniere di piccola-media taglia (SSLNGC), in aggiunta alle attività svolte dal Terminale. Infatti, nei 10-15 giorni del monitoraggio del rumore verranno monitorati anche gli allibi delle navi metaniere e delle navi SSLNG se commercialmente presenti. In particolare, sebbene l'attuale programmazione degli allibi dello SSLNG non permetta di conoscere nel dettaglio quando le navi small scale saranno in allibo, è intenzione di OLT di ottimizzare l'allibo delle SSLNGC in maniera da programmarlo, laddove possibile, nel periodo che intercorre tra due allibi di metaniere programmato (se acquistato il servizio) ogni 7-8 giorni.

### 4.2 CARATTERISTICHE DELLA NUOVA METODOLOGIA PROPOSTA

La presente proposta di monitoraggio prevede il campionamento del rumore sottomarino mediante l'utilizzo di tre registratori autonomi posizionati in prossimità del fondale da svolgersi in un'unica sessione di monitoraggio della durata di circa 10-15, con cadenza annuale possibilmente nel periodo invernale, in maniera da ricomprendere tutte le fasi che caratterizzeranno le possibili attività del Terminale durante il suo Esercizio.

Nella fattispecie, il nuovo piano di monitoraggio del rumore sottomarino permetterà di valutare le distanze di propagazione del rumore, durante le seguenti fasi operative:

- ✓ normale operatività del Terminale, o fase cosiddetta "stand-alone", come previsto in ottemperanza alla Prescrizione No. 7 del Provvedimento DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010, successivamente modificata dal MASE con la nota ID\_VIP 6049 del 02 Marzo 2023;
- ✓ tutte le fasi dell'allibo di una metaniere e di una nave SSLNG (dall'avvicinamento, siano all'allontanamento della metaniere, una volta completate le operazioni di allibo). L'allibo delle grandi metaniere può essere ragionevolmente considerato il complesso di operazioni maggiormente gravoso dal punto di vista delle emissioni del rumore in ambiente marino, per via in primo luogo, delle dimensioni e del numero dei mezzi navali coinvolti.

Inoltre, la presente proposta di monitoraggio prevede di effettuare il campionamento dell'ambiente acustico nei pressi del Terminale equipaggiando uno dei 3 registratori autonomi con un canale di acquisizione (idrofono omnidirezionale) autonomo dedicato ad individuare la possibile presenza di mammiferi marini nell'area del Terminale durante il suo Esercizio.

Infine, la proposta prevede di effettuare il monitoraggio visivo di cetacei e tartarughe marine durante tutti i mesi dell'anno nei pressi del terminale FSRU Toscana. Le osservazioni verranno condotte da personale qualificato MMO imbarcato a bordo di un mezzo nautico costantemente presente nell'area del Terminale (nave guardiana) che verificherà l'eventuale presenza di cetacei e tartarughe marine entro almeno 1 miglio, lavorando con procedure dettagliate ed in costante comunicazione con il Terminale stesso.

### 4.3 VANTAGGI OFFERTI DALLA NUOVA METODOLOGIA PROPOSTA

Come dettagliato nel presente documento la nuova metodologia proposta per il monitoraggio e la modellizzazione del rumore sottomarino permette di ottenere una serie di vantaggi in termini di:

- ✓ riduzione del rumore spurio, maggiore accuratezza nella definizione dei livelli di sorgente, valutazione del rumore indipendente dall'orientamento del Terminale, riduzione dell'incertezza delle misure di operazioni prolungate nel tempo grazie alla misura contemporanea di più ricevitori e possibilità di effettuare un'unica



campagna prolungata di misura del rumore la cui congruenza è garantita dalla conoscenza dei dati di velocità di propagazione del suono acquisiti ad oggi (Paragrafo 2.3.2);

- ✓ piena rispondenza alle norme di buona pratica, linee guida più aggiornate e studi bibliografici di settore (Paragrafo 2.3.2.1);
- ✓ corretta stima dei livelli di sorgente in maniera indipendente dall'orientamento del Terminale (Paragrafo 2.3.2.2);
- ✓ esecuzione della campagna di monitoraggio annuale nel periodo corrispondente a quello di maggior propagazione del suono (Paragrafo 2.3.2.3);
- ✓ accuratezza e rispondenza della tecnica utilizzata per la modellizzazione del rumore agli aspetti di criticità evidenziati dalle autorità (Paragrafo 2.3.3).

L'utilizzo di registratori acustici semipermanenti autonomi, presenta degli ulteriori vantaggi; in breve, questi sono:

- ✓ possibilità di registrare in maniera continua lungo le 24 ore e per più giorni: ciò consente di estrarre delle statistiche e di paragonare per esempio differenze fra giorno e notte e di esplorare eventuali correlazioni fra l'attivazione di strumenti a bordo del Terminale con il suono subacqueo (ad es. attivazione di pompe);
- ✓ caratterizzazione dei livelli di sorgente di altre imbarcazioni desiderate: data la presenza delle stazioni fisse di monitoraggio indipendenti, è possibile richiedere a navi coinvolte di effettuare passaggi dedicati presso le stazioni di monitoraggio per determinare i loro livelli di sorgente, com'è stato effettuato per le navi coinvolte nell'allibo 2022 (Giugno);
- ✓ possibilità di studiare la correlazione direzionale di eventuali variabilità temporali del livello sonoro, che può aiutare ad identificarne le cause, come evidenziato nelle indagini condotte per l'allibo del Giugno 2022;
- ✓ presenza di eventuale ridondanza nel caso di una malfunzione in uno dei sistemi che permetterebbe di eseguire almeno una porzione delle analisi senza dover ripetere le misure.

La possibilità di effettuare il monitoraggio acustico finalizzato a verificare la presenza di cetacei nell'area del terminale, equipaggiando uno dei 3 registratori autonomi con un canale dedicato, comporta altresì una serie di vantaggi, quali:

- ✓ un aumento considerevole del numero di ore di registrazioni utili a verificare la presenza di contatti acustici attribuibili a cetacei nell'area di indagine rispetto alla metodologia attualmente in atto;
- ✓ l'estensione del periodo di rilevamento acustico a diversi giorni in continuo permetterebbe di incrementare in maniera sostanziale la possibilità di rilevare la presenza dei cetacei rispetto all'attuale metodologia di esecuzione del monitoraggio;
- ✓ il campionamento in continuo e per diversi giorni permetterebbe di monitorare la presenza di cetacei nell'area del Terminale sia di giorno, sia di notte, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche;
- ✓ l'utilizzo di registratori autonomi permette di ottenere dati di miglior qualità che non risentono di componenti di rumore spurio sulle basse frequenze e facilitano l'individuazione di segnali acustici riconducibili a cetacei anche per le frequenze più basse.

Di seguito si riporta un riepilogo della proposta di monitoraggio aggiornata (Tabella 4.1).

**Tabella 4.1: Dettaglio delle indagini relative rumore Sottomarino e Presenza di Cetacei e Tartarughe Marine**

	Fasi di indagine	Piano Rev. 2 di Monitoraggio		
		Analisi	Esercizio	Post-esercizio (1 anno)
Indagini generali	<b>Misura del Rumore</b>	Monitoraggio della bioacustica e del Rumore Sottomarino del Terminale <i>stand-alone</i> e durante le fasi di allibo tramite l'installazione di strumenti fissi sul fondale per 10-15 giorni	1 campagna/anno	1 campagna
	<b>Bioacustica</b>			
Biota	<b>Cetacei e tartarughe marine</b>	monitoraggio visivo effettuato da personale con qualifica di MMO imbarcato su mezzo nautico LNG Guardian presente 365 giorni l'anno	Monitoraggio attivo diurno	-

FFO02/ANGIO/MACOM:cattr

## REFERENZE

- [ACCOBAMS] Agreement for the Conservation of Cetaceans in the Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic area and [CMS] The Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals. 2013. *Anthropogenic noise and marine mammals: Review of the effort in addressing the impact of anthropogenic underwater noise in the ACCOBAMS and ASCOBANS areas*. Fifth Meeting of the Parties to ACCOBAMS, 5-8 Nov 2013. Document Number 22, Rev 1, Tangier. 61 p.
- [ISO] International Organization for Standardization. 2017. *ISO 18405:2017. Underwater acoustics – Terminology*. Geneva. <https://www.iso.org/standard/62406.html>.
- Ainslie, M.A., S.B. Martin, K.B. Trounce, D.E. Hannay, J.M. Eickmeier, T.J. Deveau, K. Lucke, A.O. MacGillivray, V. Nolet, et al. 2022. International harmonization of procedures for measuring and analyzing of vessel underwater radiated noise. *Marine Pollution Bulletin* 174: 113124. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113124>.
- Borsani, J.F. and C. Farchi. 2011. *Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne:: 2a Parte*. 36 p.
- de Jong, C., H.M.J. Jansen, M.B. Halvorsen, D. Hannay, M. Ainslie A., and R. R. 2021. *Measurement procedures for underwater sound sources associated with oil and gas exploration and production activities*. Document Number R11210-A. TNO. 69 p.
- Dekeling, R.P.A., M.L. Tasker, M.A. Ainslie, M. Andersson, M. André, M. Castellote, J.F. Borsani, J. Dalen, T. Folegot, et al. 2014. *Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications*. In: Dekeling, R.P.A., M.L. Tasker, M. Ferreira, and N. Zampoukas (eds.). EUR 26555. Publications Office of the European Union, Luxembourg. <http://dx.doi.org/10.2788/27158>.
- Etter, P.C. 2009. *Review of ocean-acoustic models*. *OCEANS 2009*, 26-29 Oct. 2009, pp. 1-6.
- Farcas, A., P.M. Thompson, and N.D. Merchant. 2016. Underwater noise modelling for environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 57: 114-122. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.11.012>.
- Gaggero, T., M. Schaar, R. Salinas, P. Beltrán, E. Rizzuto, and M. André. 2013. *Directivity Patterns of Ship Underwater Noise Emissions*.
- Gomez, C., J.W. Lawson, A.J. Wright, A.D. Buren, D.J. Tollit, and V. Lesage. 2016. A systematic review on the behavioural responses of wild marine mammals to noise: The disparity between science and policy. *Canadian Journal of Zoology* 94(12): 801-819. <https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0098>.
- JASCO Applied Sciences. 2019. *Underwater Acoustics: Noise and the Effects on Aquatic Life. A Pocket Handbook*. 4th (interim) edition.
- MacGillivray, A.O., S.B. Martin, Ainslie M.A., Dolman J.N., Li Z., Warner G.A., Lawrence C.B., Pace F., Schuster M., et al. 2022. *Towards a Standard for Vessel URN Measurement in Shallow Water*. Document Number 02427. Technical report by JASCO Applied Sciences for Transport Canada Innovation Centre.
- Robinson, S.P., P.A. Lepper, and R.A. Hazelwood. 2014. Good Practice Guide for Underwater Noise Measurement. In National Measurement Office, Marine Scotland, and The Crown Estate (eds.). *NPL Good Practice Guide No. 133*. National Physical Laboratory. p. 97.
- 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, et al. 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals* 33(4): 411-521. <https://doi.org/10.1578/AM.33.4.2007.411>.
- Southall, B.L., J.J. Finneran, C. Reichmuth, P.E. Nachtigall, D.R. Ketten, A.E. Bowles, W.T. Ellison, D.P. Nowacek, and P.L. Tyack. 2019. Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Updated Scientific Recommendations for Residual Hearing Effects. *Aquatic Mammals* 45(2): 125-232.