



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

Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino

Richiesta di Modifica della Prescrizione No. 7 del Provvedimento
Prot. DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010

Doc. No. P0022951-1-H1 Rev. 0 – Gennaio 2021

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	F. Montani	L. Volpi	M. Compagnino	Gennaio 2021

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.
LISTA DELLE TABELLE	2
LISTA DELLE FIGURE	2
1 INTRODUZIONE	3
2 ITER AUTORIZZATIVO DEL TERMINALE	6
3 STATO DELL'ARTE DOPO SEI ANNI DI MONITORAGGIO DELLA FASE DI ESERCIZIO	9
3.1 COLONNA D'ACQUA	14
3.2 POPOLAMENTI PLANCTONICI	14
3.3 SEDIMENTI	14
3.4 BIOTA	14
3.5 FAUNA ITTICA	15
3.6 AVVISTAMENTO CETACEI E BIOACUSTICA	15
3.7 RUMORE SOTTOMARINO	15
3.8 CONCLUSIONE GENERALE	15
4 MODIFICHE RICHIESTE	16
4.1 MODIFICA DELLA FREQUENZA DELLE INDAGINI	17
4.2 RUMORE SOTTOMARINO	18
5 VALUTAZIONI TECNICO-AMBIENTALI A SUPPORTO DELLE MODIFICHE RICHIESTE PER LA CAMPAGNA DI INDAGINE ANNUALE	19
5.1 ELIMINAZIONE DEL PUNTO E) DALL'ELENCO RIPORTATO NELLA PRESCRIZIONE NO. 7 DEL PROVVEDIMENTO DI ESCLUSIONE DALLA VIA DVA-2010-25280	20
5.2 RAZIONALIZZAZIONE DELLE MISURE DI IRRADIANZA SPETTRALE (COLONNA ACQUA) E MODIFICA DEI SITI DI INDAGINE PER LE CARATTERISTICHE FISICHE-CHIMICHE BIOLOGICHE E SAGGI ECOTOSSICOLOGICI	20
5.3 AGGIUNTA DI NO.3 SITI DI CONTROLLO PER LO STUDIO DEI POPOLAMENTI FITO-ZOO PLANCTONICI	20
5.4 BIOMARKERS (AUMENTO DEL NUMERO DELLE REPLICHE)	21
5.5 SOSTITUZIONE DEL SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ <i>P. LIVIDUS</i> CON SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ CON <i>CRASSOSTREA GIGAS</i> E QUELLO CON <i>D. LABRAX</i> CON IL SAGGIO SU <i>ACARTIA TONSA</i> (COLONNA D'ACQUA)	21
5.6 SOSTITUZIONE DEL SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ <i>P. LIVIDUS</i> CON SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ CON <i>CRASSOSTREA GIGAS</i> . AGGIUNTA DI DUE SITI DI CONTROLLO (SEDIMENTI)	21
5.7 AGGIUNTA DI NO.2 SITI DI CONTROLLO (SEDIMENTI)	22
5.8 INDAGINE ITTICA BENTONECTONICA CON RETI DA POSTA E RETE A STRASCICO (BIOTA)	22
5.8.1 Raddoppio dei Siti di Indagine Ittica Bentonectonica con Reti da Posta	22
5.8.2 Aggiunta di un Controllo sull'Indagine Ittica Bentonectonica con Rete a Strascico	22
5.9 ELIMINAZIONE DELLO STUDIO DELLA FAUNA ITTICA PELAGICA (BIOTA)	22
5.10 BIOACUSTICA	23
6 PROPOSTA DI MODIFICA DELLA PRESCRIZIONE NO. 7	24
REFERENZE	25

APPENDICE A: Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino - Revisione 1

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 3.1:	Struttura del Piano Rev.0 con l'indicazione delle indagini e loro frequenza temporale suddivise per comparto ambientale ed indagini generali (tratta e modificata dalla Tabella 4.1.1 del Piano Rev.0).	10
Tabella 3.2:	Coordinate Teoriche (WGS 84) dei Punti di Campionamento	11
Tabella 4.1:	Modifiche proposte per la formulazione del Piano Rev.1	16
Tabella 5.1:	Schema riassuntivo delle modifiche proposte, con riferimento alla sezione di pertinenza del Piano (Rev.0)	19

LISTA DELLE FIGURE

Figura 3.1:	Area di indagine per il Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino attorno al Terminale	9
Figura 3.2:	Disposizione dei Punti di Campionamento	11
Figura 3.3:	Area di Monitoraggio Cetacei e Tartarughe Marine (Visivo)	12
Figura 3.4:	Area di Monitoraggio bioacustica	12
Figura 3.5:	Posizione delle Stazioni di Campionamento Acustico	13
Figura 3.6:	Gabbie utilizzate sul Terminale FSRU (sx) e in Gorgona (dx).	13
Figura 5.1:	Area di indagine per la bioacustica.	23

1 INTRODUZIONE

Il Terminale galleggiante offshore di rigassificazione e stoccaggio di GNL (FSRU – Floating Storage Regassification Unit) promosso dalla società OLT Offshore LNG Toscana S.p.A. (di seguito OLT) è un'infrastruttura al servizio del sistema energetico italiano, operativo dalla fine del 2013.

Il Terminale, una volta completata la conversione presso i cantieri navali “Dry Docks World” di Dubai (conversione della nave metaniera “Golar Frost” in un Terminale galleggiante di rigassificazione), è arrivato presso il sito individuato (12 miglia nautiche al largo della costa Toscana) per il suo ancoraggio il 30 Luglio 2013.

Le operazioni di avviamento e collaudo dell'impianto hanno permesso di testarlo in diverse condizioni operative e si sono concluse il 20 Dicembre 2013, giorno in cui il Terminale è entrato in esercizio commerciale.

A regime il Terminale ha una capacità massima di rigassificazione pari a 3,75 miliardi di metri cubi annui (che corrispondono circa al 5% dell'intero fabbisogno nazionale), una capacità massima di rigassificazione di 15 milioni di metri cubi al giorno e una capacità di stoccaggio di 137.100 metri cubi di GNL.

Dal punto di vista ambientale OLT ha ottenuto la pronuncia positiva di compatibilità ambientale espressa con Decreto VIA No. 1256 del 15 Dicembre 2004.

Inoltre, nel 2010, OLT ha presentato istanza di Verifica di Assoggettabilità alla procedura di VIA per alcuni aggiornamenti di carattere progettuale. Tali aggiornamenti progettuali sono stati esclusi dalla procedura di VIA con emissione del Provvedimento **Prot. DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010**, a condizione del rispetto di alcune prescrizioni.

In particolare, la **Prescrizione No. 7** stabilisce quanto segue:

“In accordo con ISPRA e con costi a carico del proponente, dovranno essere definiti ed attuati, prima dell'arrivo della nave-terminale (per definire l'ante operam) e durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale:

- a. misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su 4 punti a distanza di 100 m da terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d'acqua;*
- b. verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare lungo due transetti ortogonali fino ad una distanza di almeno 200 m dal terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;*
- c. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m fino a una distanza di 5 km dal terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;*
- d. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale;*
- e. verifica dell'eventuale risospensione dei sedimenti di fondo nei periodi considerati critici a causa del getto di acqua di riscaldamento emesso dalla nave.*

Il monitoraggio dovrà estendersi nel tempo fino ad un anno dopo la dismissione del Terminale.”

In ottemperanza alla prescrizione di cui sopra è stato elaborato il Piano di monitoraggio dell'ambiente marino Rev.0 (di seguito Piano Rev.0) redatto sulla base di quanto concordato con ISPRA. Il Piano Rev.0 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 (di seguito MATTM), 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**.

Con provvedimento DVA 2013 – 0030107 del 23/12/2013 il MATTM, sulla base del parere favorevole della Commissione VIA n. 4137 del 20 Novembre 2013 e di ISPRA, documento prot. 39481 del 04/10/2013, acquisito con prot. CTVA 2013-3904 del 05/10/2013, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda **l'attuazione dei monitoraggi relativi alla fase ante operam (BIANCO)** inviati dalla OLT prot. B/0114 del 21/02/2013.

Successivamente sono state realizzate le campagne di monitoraggio per i primi 7 anni di esercizio (dall'Autunno 2013 all'Estate 2020), per ciascuna delle quali (con l'eccezione del 7° anno, per cui ad oggi non è ancora stato inviato il report e quindi non è stato emesso un Provvedimento Ministeriale) è stata verificata l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda **l'attuazione dei monitoraggi relativi al periodo di funzionamento del Terminale**.

Nel corso della verifica di ottemperanza del 5° anno di monitoraggio, tuttavia, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare nel decretarne l'ottemperanza (Decreto 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”*.

Nel Marzo 2019, OLT Offshore ha presentato istanza di avvio del procedimento di Verifica di Assoggettabilità a VIA per un progetto di modifica del Terminale al fine di implementare, in aggiunta alle attività già svolte e autorizzate, un servizio SSLNG per la distribuzione via mare di GNL, tramite metaniere di piccola-media taglia (SSLNG).

Tali modifiche sono state escluse dalla procedura di VIA con Decreto Direttoriale No. 229 del 27 Luglio 2020, a condizione che siano rispettate le prescrizioni di cui al parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS No. 3216 del 6 Dicembre 2019.

In particolare, la **Prescrizione No. 4** del Parere 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”*.

Si evidenzia che l'operatività del Terminale in questi 7 anni di monitoraggio è risultata variabile e in particolare caratterizzata per i primi due anni, in cui il Terminale è stato destinato al servizio di Peak Shaving (servizio di emergenza stabilito dal Piano Emergenza Gas approvato dal Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 27 Dicembre 2013) da un basso utilizzo e successivamente, dal 2018 in poi, da un utilizzo sempre maggiore, fino al raggiungimento della massima capacità, dal 2019 ad oggi.

L'analisi dei risultati delle No.24 campagne di monitoraggio (6 anni) finora presentate agli Enti, confrontati con la campagna di Bianco, nonostante la variazione delle condizioni operative del terminale (soprattutto in considerazione degli ultimi 2 anni, in cui il Terminale ha esercito a pieno regime), permette di asserire che non si sono verificate alterazioni dell'ambiente marino, in questi anni, riconducibili alla presenza ed all'esercizio del Terminale, in alcuna delle stagioni indagate, per nessuna delle componenti analizzate (si veda anche quanto riportato al Capitolo 3).

Con riferimento al 7° anno di monitoraggio, si precisa che questo è stato caratterizzato da alcune limitazioni operative legate all'insorgenza dell'emergenza nazionale legata al COVID-19.

Per la maggior parte delle analisi effettuate, in sintesi:

- ✓ la ripetizione stagionale dei monitoraggi non ha evidenziato variazioni significative;
- ✓ il confronto con il Bianco è apparso valido soprattutto rispetto alle campagne estive.

Dall'esperienza maturata in questi anni, è inoltre emerso che:

- ✓ alcune misure risultano ridondanti;
- ✓ per certi parametri mancano siti di controllo oppure sono troppo vicini al Terminale;
- ✓ le condizioni meteomarine dell'area pongono severi limiti operativi in alcune stagioni;
- ✓ alcune indagini richiedono un diverso o maggiore numero di siti, al fine di migliorare l'interpretazione statistica dei dati.

Tutto ciò premesso, e proprio in considerazione della natura “flessibile” del Piano (Rev.0), si è ritenuto di procedere con un aggiornamento dello stesso, volto a:

- ✓ migliorare gli aspetti ed i punti che in questi anni si sono rivelati statisticamente più rilevanti, talvolta riportati anche nei pareri degli Enti di Controllo;
- ✓ rivedere gli obiettivi del Piano, in un'ottica di monitoraggio di potenziali effetti cronici legati alla presenza ed all'esercizio del Terminale, rilevabili sul lungo periodo;
- ✓ eliminare gli elementi ridondanti e che forniscono informazioni non più ritenute utili/significative alla luce dei risultati ottenuti in questi anni ed in base ai nuovi obiettivi del Piano (monitoraggio dei potenziali effetti cronici);
- ✓ rispondere alle ulteriori richieste pervenute nell'ambito delle nuove autorizzazioni (Prescrizione No. 4 del Procedimento di Verifica di Assoggettabilità a VIA per il progetto dello Small Scale LNG) e nell'ambito delle Verifiche di Ottemperanza passate (Prescrizione del Parere relativo al 5° anno di monitoraggio).

Lo scopo del presente documento è pertanto quello di illustrare le motivazioni alla base della **richiesta di modifica alla Prescrizione No. 7 del Provvedimento di Esclusione da VIA DVA-2010-25280 e contestualmente di ottemperare alla prescrizione No. 4 relativa al progetto dello Small Scale LNG ed a quella dell'ottemperanza per il 5° anno di monitoraggio**.

Il presente documento, che riporta la **Descrizione delle Modifiche** e le **Valutazioni Tecniche ed Ambientali** a supporto delle medesime è strutturato nei seguenti capitoli:

- ✓ Capitolo 1 – Introduzione: riporta lo scopo del presente documento e le motivazioni che hanno portato a proporre una revisione del Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino;
- ✓ Capitolo 2 – Iter autorizzativo: riporta, in sintesi, l'intero iter autorizzativo del Terminale;
- ✓ Capitolo 3 – Stato dell'arte dopo sei anni di monitoraggio della fase di esercizio: riassume i contenuti e le tempistiche (frequenze indagini) del Piano Rev.0 di Monitoraggio dell'Ambiente Marino e i risultati salienti ottenuti nel Bianco e durante i primi sei anni di monitoraggio della Fase di Esercizio;
- ✓ Capitolo 4 - Modifiche richieste: riporta e riassume in una tabella le modifiche richieste;
- ✓ Capitolo 5 - Valutazioni Tecniche ed Ambientali a supporto delle modifiche richieste: riporta la descrizione delle motivazioni tecnico-scientifiche che supportano le modifiche proposte;
- ✓ Capitolo 6 – Proposta di modifica alla Prescrizione 7: riporta la proposta di modifica della Prescrizione No.7 del Provvedimento di Esclusione da VIA DVA-2010-25280.

In Appendice A si riporta integralmente il Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino – Revisione 1.

2 ITER AUTORIZZATIVO DEL TERMINALE

Il progetto del Terminale "FSRU Toscana" è stato avviato nel 2002 ed è stato sottoposto ad un lungo e complesso iter autorizzativo.

Nel seguito sono elencati i principali passaggi autorizzativi con particolare riferimento a quelli legati al monitoraggio ambientale:

- ✓ il Terminale FSRU ha ottenuto la pronuncia positiva di compatibilità ambientale espressa con **Decreto VIA No. 1256 del 15 Dicembre 2004**;
- ✓ nel 2010, con Provvedimento **Prot. DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010**, gli aggiornamenti di carattere progettuale apportati in fase di ingegneria esecutiva sono stati esclusi dalla procedura di VIA a condizione del rispetto di alcune prescrizioni, tra le quali, la Prescrizione No. 7 di seguito riportata:

"In accordo con ISPRA e con costi a carico del proponente, dovranno essere definiti ed attuati, prima dell'arrivo della nave-terminale (per definire l'ante operam) e durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale:

- f. misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su 4 punti a distanza di 100 m da terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d'acqua;*
- g. verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare lungo due transetti ortogonali fino ad una distanza di almeno 200 m dal terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;*
- h. misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m fino a una distanza di 5 km dal terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;*
- i. verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale;*
- j. verifica dell'eventuale risospensione dei sedimenti di fondo nei periodi considerati critici a causa del getto di acqua di riscaldamento emesso dalla nave.*

Il monitoraggio dovrà estendersi nel tempo fino ad un anno dopo la dismissione del Terminale.";

- ✓ con provvedimento **DVA 2012 – 0011592 del 15 Maggio 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 Marzo 2012, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 di cui al precedente provvedimento (Prot. DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010), per quanto attiene la definizione di un Piano di Monitoraggio dell'Ambiente Marino;
- ✓ con provvedimento **DVA 2013 – 0030107 del 23 Dicembre 2013** il MATTM, sulla base del parere favorevole della Commissione VIA No. 4137 del 20 Novembre 2013 e di ISPRA, documento prot. 39481 del 04 Ottobre 2013, acquisito con prot. CTVA 2013-3904 del 05 Ottobre 2013, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi alla fase ante operam (BIANCO) inviati dalla OLT prot. B/0114 del 21 Febbraio 2013.
- ✓ con provvedimento **DVA-DEC-2017 – 0000100 del 04 Aprile 2017** il MATTM, sulla base del parere positivo con prescrizioni della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 2347 del 24 Marzo 2017, ha verificato l'ottemperanza della prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 1° anno di esercizio, inviati dalla OLT con prot. 2015/OUT/GENER/B/0123 del 11 Marzo 2015 ed integrati con nota prot. No. 2015/OUT/GENER/B/0238 del 21 Maggio 2015, con le seguenti prescrizioni, relative alle future campagne di monitoraggio:
 - *"mantenere un record accurato di tutte le attività del terminale durante i monitoraggi;*
 - *ripresentare i dati delle campagne di monitoraggio pregresse di "bianco" e del "primo anno" all'interno del piano di monitoraggio del secondo anno e successivi per ogni stazione di misura in modo da poter meglio valutare eventuali variazioni misurate;*
 - *rappresentare i dati in modo tale che siano chiaramente individuabili le stazioni di campionamento, e che i relativi dati graficati siano rappresentati in modo chiaro e leggibile, evitando aggregazioni che pongono problemi interpretativi;*
 - *relativamente alle misurazioni con CTD, fornire indicazioni riguardanti le attività di calibrazione dei sensori;*
 - *restituire i risultati relativi al macrozoobenthos secondo una matrice di abbondanza degli organismi ritrovati in una tabella stazione/specie, così come già fatto per il meiobenthos;*
 - *accompagnare i report del piano di campionamento da una scheda di bordo che riporti le condizioni meteo-marine e altre indicazioni correlabili con le caratteristiche chimico-fisiche delle acque (soleggiamento ecc.);*

- per quanto riguarda i dati correntometrici, auspicabilmente dotare il terminale, oltre che dei già installati correntometri orizzontali, anche di un correntometro doppler (ADCP) che rilevi le caratteristiche idrodinamiche verticali dell'intera colonna d'acqua;
 - fornire l'intera documentazione con i dati grezzi per tutti i parametri monitorati con il rispettivo tempo di misura, relativi alle singole stazioni di campionamento e ai singoli campionamenti, in modo da consentire eventuali elaborazioni e valutazioni generali;
 - argomentare le anomalie di dati o variazioni particolarmente significative, specialmente per quanto riguarda ad esempio pH e sua variabilità, torbidità, temperatura, clorofilla, ecc;
 - completare il modello di diffusione delle acque di scarico per tutta l'estensione della colonna d'acqua, analizzando diverse condizioni di densità dell'acqua e velocità della corrente (che includa anche la condizione zero-corrente);
 - fornire le caratteristiche del sistema di scarico delle acque di raffreddamento dei vaporizzatori anche con immagini;
 - argomentare la possibile relazione esistente tra risospensione dei sedimenti ed il sistema di ancoraggio e riser; in particolare si richiede di fornire uno schema del sistema di ancoraggio in cui risultino le dislocazioni delle catene delle ancore, la loro lunghezza ed eventualmente una stima dell'area di sedimento interessata dal loro movimento;
 - per le analisi del biota, esprimere le concentrazioni dei metalli e degli altri inquinanti su peso umido anziché su peso secco, come riportato nel D.M. 260/2010 e nel D.Lgs 172/2015".
- ✓ con provvedimento **DVA-DEC-2017 – 0000277 del 28 Settembre 2017** il MATTM, sulla base del parere positivo con prescrizioni della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 2494 del 08 Settembre 2017, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 2° anno di esercizio, inviati dalla OLT con prot. 2016/OUT/GENER/B/0054 del 19 Aprile 2016 e integrati con Nota prot. No. 2017/OUT/GENER/B0298, assunta agli atti con prot. No. DVA-17367 del 21 Luglio 2017, con pressoché le medesime prescrizioni del provvedimento relativo al 1° anno di monitoraggio, relative alle future campagne di monitoraggio, con l'aggiunta della seguente:
- *“valutare l'effetto degli anodi sacrificali in tutte le componenti del terminale al contenuto di metalli nell'acqua di mare”;*
- ✓ con provvedimento **CRESS-DEC-2020 – 0000187 del 25 Giugno 2020** il MATTM, sulla base del parere positivo della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3371 del 24 Aprile 2020, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 3° anno di esercizio, inviati dalla OLT con prot. 2017/OUT/GENER/B/0093 del 17 Marzo 2017 e successivamente integrati. Il Parere richiama le criticità indicate nel parere ISPRA assunto agli atti con prot. CTVA/248 in data 23 Gennaio 2019 e riportate espressamente nel parere della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3371 del 24 Aprile 2020, indicando come queste dovranno essere risolte nel corso delle future campagne di monitoraggio;
- ✓ con provvedimento **CRESS-DEC-2020 – 0000189 del 25 Giugno 2020** il MATTM, sulla base del parere positivo della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3397 del 8 Maggio 2020, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 4° anno di esercizio, inviati dalla OLT con prot. 2018/OUT/GENER/B/0084 del 26 Aprile 2018. Il Parere richiama le criticità indicate nel parere ISPRA assunto agli atti con prot. CTVA/248 in data 23 Gennaio 2019 e riportate espressamente nel parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3397 del 8 Maggio 2020, indicando come queste dovranno essere risolte nel corso delle future campagne di monitoraggio;
- ✓ con provvedimento **CRESS-DEC-2020 – 0000188 del 25 Giugno 2020** il MATTM, sulla base del parere positivo della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3398 del 8 Maggio 2020, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 5° anno di esercizio, inviati dalla OLT con prot. 2019/OUT/GENER/B/0103 del 4 Aprile 2019. Il Parere riporta la seguente prescrizione:
- *“Entro un anno solare dalla emissione del presente decreto dovranno essere eseguite, in accordo con la Capitaneria di Porto ed 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”;*
- ✓ con Provvedimento **CRESS-DEC-2020 – 0000229 del 27 Luglio 2020** le modifiche proposte per il carico, lo stoccaggio e il successivo scarico su navi metaniere di GNL dedicato ad uso combustibile (servizio Small Scale LNG) sono state escluse dalla procedura di VIA a condizione del rispetto di alcune prescrizioni, tra le quali, la Prescrizione No. 4 di cui al Parere della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS No. 3216 del 6 Dicembre 2019, di seguito riportata:

“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”;

- ✓ con provvedimento **CRESS-DEC-2020 – 0000355 del 23 Ottobre 2020** il MATTM, sulla base del parere positivo della Commissione Tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS – Sottocommissione VIA No. 18 del 4 Settembre 2020, ha verificato l'ottemperanza della Prescrizione No. 7 per quanto riguarda l'attuazione dei monitoraggi relativi al 6° anno di esercizio, inviati dalla OLT con prot. 2020/OUT/GENER/B/0104 del 24 Aprile 2020.

3 STATO DELL'ARTE DOPO SEI ANNI DI MONITORAGGIO DELLA FASE DI ESERCIZIO

Il Piano Rev.0 approvato, e tutt'ora in essere, con provvedimento DVA 2012 – 0011592 del 15/05/2012 prevede l'esecuzione di monitoraggi su:

- ✓ Acque marine:
 - Profili idrologici,
 - Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche,
 - Plancton (Fitoplancton e Zooplancton);
- ✓ Sedimenti:
 - Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche m(analisi granulometriche, analisi chimiche e analisi microbiologiche),
 - Stato ecotossicologico;
- ✓ Caratterizzazione biocenotica:
 - Macrozoobenthos,
 - Meiozoobenthos,
 - Bioaccumulo,
 - Biomarkers,
 - Cetacei e tartarughe marine (avvistamenti, livelli di rumore acustico subacqueo).

Nella Figura seguente è riportata la posizione del Terminale al largo della costa toscana e l'area di indagine oggetto del Piano (Rev.0), da cui è esclusa la condotta sottomarina di collegamento a terra, in quanto non di competenza di OLT.



- | | |
|--|--|
| <p>Area di Monitoraggio A
 Analisi su più punti degli assi riferite a:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sedimenti per benthos, analisi chimico-fisiche ed ecotossicologiche - acqua per analisi chimico-fisiche ed ecotossicologiche - plancton - profili CTD | <p>Area di Monitoraggio B
 Area per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - misura del rumore - avvistamento di cetacei e tartarughe marine <p>Condotta sottomarina
 (non monitorata da OLT)</p> |
|--|--|

Figura 3.1: Area di indagine per il Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino attorno al Terminale

Il Piano viene ad oggi attuato dal CIBM (Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata "G. BACCI" Livorno) del Comune di Livorno.

Di seguito si riporta la tabella di sintesi di quanto previsto dal Piano (Rev.0).

Tabella 3.1: Struttura del Piano Rev.0 con l'indicazione delle indagini e loro frequenza temporale suddivise per comparto ambientale ed indagini generali (tratta e modificata dalla Tabella 4.1.1 del Piano Rev.0).

		Piano di Monitoraggio Rev.0 (DVA 2012 – 0011592 del 15/05/2012)			Frequenza delle indagini svolte durante la fase di esercizio
		Bianco	Esercizio	Post - esercizio (1 anno)	
Colonna d'acqua	Caratteristiche chimico-fisiche	X	X	X	Trimestrale
	Profili idrologici	X	X	X	Trimestrale
	Parametri oceanografici e correntometrici	X	X	X	Costanti nel tempo
	Modello dispersione	-	X	X	1 *
	Plancton (fitoplancton, zooplancton)	X	X	X	Trimestrale
	Saggi ecotossicologici	X	X	X	Semestrale
Sedimenti	Caratteristiche chimico-fisiche	X	X	X	Annuale
	Saggi ecotossicologici	X	X	X	Annuale
Biota	Macrozoobenthos	X	X	X	Trimestrale
	Meiozoobenthos	X	X	X	Trimestrale
	Bioaccumulo (Mitili)	-	X	X	Trimestrale
	Biomarkers (Mitili)	-	X	X	Trimestrale
	Fauna ittica Bentonectonica	X	X	X	Semestrale
	Fauna ittica Pelagica	X	X	X	Annuale
	Cetacei e tartarughe marine	X	X	X	Trimestrale
Indagini generali	Misura del rumore	X	X	X	Trimestrale
	Bioacustica	X	X	X	Trimestrale
	Batimetria - Morfologia	X	X	X	Decennale

Nota: * creazione di un modello di dispersione in funzione delle principali condizioni meteomarine

Come descritto nel Piano Rev.0 e nella tabella sopra riportata, alcune attività di monitoraggio sono effettuate su base stagionale, mentre altre sono limitate ad una o due campagne annuali. Ai fini della definizione della stagionalità sono stati individuati No.3 scenari operativi:

- ✓ campagna completa (Estate);
- ✓ campagna intermedia (Inverno);
- ✓ campagna minima (Autunno e Primavera).

Di seguito si riportano le aree di studio previste dal Piano (Rev.0) per i diversi monitoraggi e i punti di campionamento.

Nella figura seguente si riporta l'area di indagine per colonna d'acqua, sedimenti, macro e meiozoobenthos. L'origine degli assi rappresenta la posizione del Terminale.

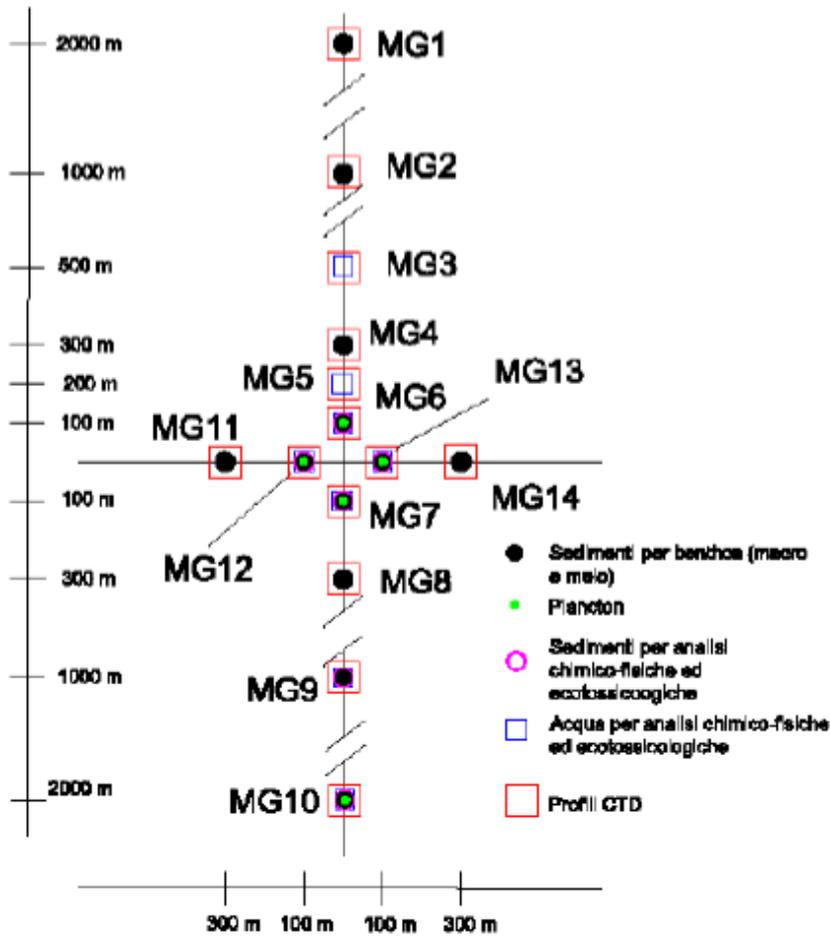


Figura 3.2: Disposizione dei Punti di Campionamento

Le coordinate dei punti di campionamento sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 3.2: Coordinate Teoriche (WGS 84) dei Punti di Campionamento

Punto di Campionamento	Latitudine N	Longitudine E	Punto di Campionamento	Latitudine N	Longitudine E
MG1	43° 39,745'	9° 59,348'	MG8	43° 38,503'	9° 59,327'
MG2	43° 39,205'	9° 59,339'	MG9	43° 38,125'	9° 59,321'
MG3	43° 38,935'	9° 59,334'	MG10	43° 37,585'	9° 59,312'
MG4	43° 38,827'	9° 59,333'	MG11	43° 38,667'	9° 59,107'
MG5	43° 38,773'	9° 59,332'	MG12	43° 38,663'	9° 59,256'
MG6	43° 38,719'	9° 59,331'	MG13	43° 38,685'	9° 59,399'
MG7	43° 38,611'	9° 59,329'	MG14	43° 38,659'	9° 59,553'

Nelle figure seguenti si riportano le aree di monitoraggio visivo dei cetacei e delle tartarughe marine e della bioacustica.



Figura 3.3: Area di Monitoraggio Cetacei e Tartarughe Marine (Visivo)

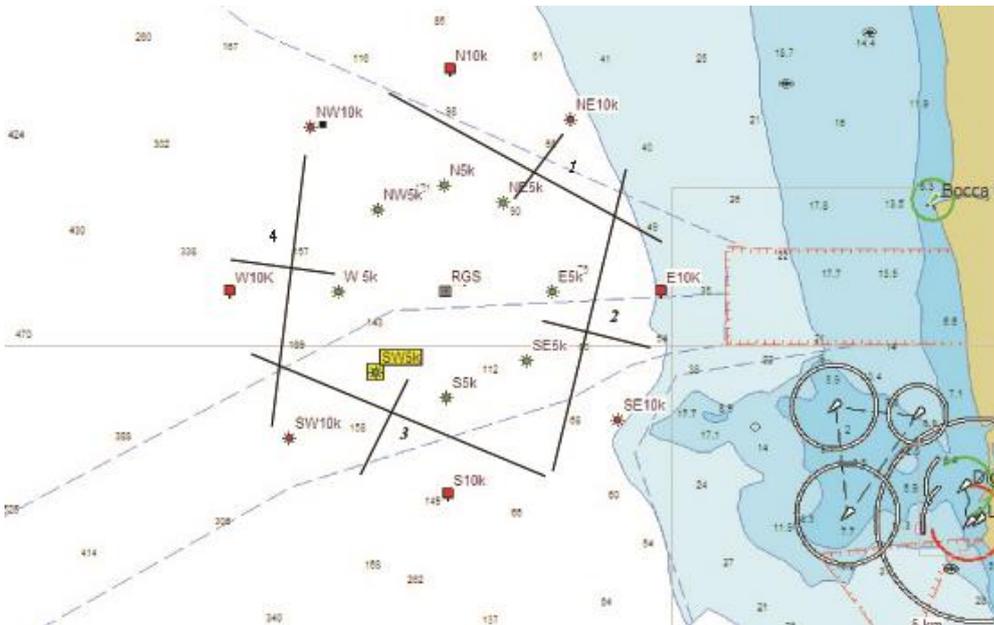
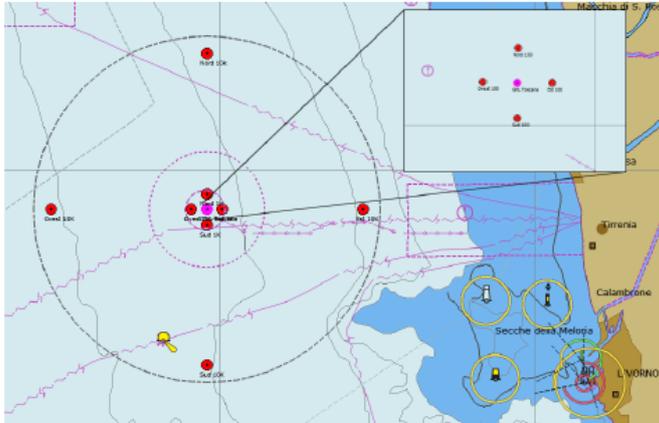


Figura 3.4: Area di Monitoraggio bioacustica

In particolare, i survey effettuati per la bioacustica vengono svolti su transetti ortogonali posizionati nei settori a NE, SE, SO, NO, a distanza tra 5 e 10km dal Terminale FSRU Toscana.

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



WGS84	Latitude N	Longitude 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 3.5: Posizione delle Stazioni di Campionamento Acustico

Con riferimento alle indagini sulla pesca, queste si dividono in:

- ✓ **Fauna ittica bentonectonica.** Le indagini vengono effettuate per mezzo di:
 - 1) **Reti da posta:** calate sperimentali, realizzate in 4 siti in prossimità del Terminale (entro l'area interdetta alla navigazione). La stessa tipologia di campionamento viene ripetuta in un sito al di fuori della zona interdetta alla navigazione, ma avente le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche,
 - 2) **Reti a traino di fondo:** 4 pescate (cale) sperimentali realizzate a differenti quote batimetriche in prossimità dell'area di installazione del Terminale e 1 cala localizzata a maggiore distanza.

Per il campionamento con reti da posta vengono utilizzate cinque reti da posta ad imbocco, ciascuna lunga 1000 m, aventi maglie stirate di 40 mm ed una altezza di 3 m. Le reti vengono calate nella tarda mattinata per essere poi salpate la mattina del giorno successivo, rimanendo in pesca tra le 12 e le 24 ore.

- ✓ **Fauna ittica pelagica.** Lo studio della fauna ittica pelagica viene effettuato mediante l'uso di reti da posta galleggianti da posizionare in prossimità del Terminale, dalla superficie fino a 25-30m di profondità. L'attività richiede 2 giornate di pesca. Il primo giorno la rete, lunga 1000 m, viene calata in prossimità del Terminale galleggiante e lasciata in pesca per circa 3 ore. Nei giorni successivi la medesima rete viene calata a maggiore distanza dal Terminale (controllo) e tenuta in pesca per circa 3 ore.

Le stazioni di campionamento vengono identificate con il codice campione delle precedenti survey. Dal terzo anno di monitoraggio, invece, sono state indicate con le sigle PD (stazione prossima al Terminale) e PDC (stazione assunta come "controllo" ossia distante dal Terminale in modo da non esserne influenzata).

Nelle figure seguenti si riporta infine il dettaglio delle indagini sui mitili (bioaccumulo e biomarkers), che avvengono attraverso il posizionamento di mitili provenienti da La Spezia e posizionati in gabbie calate direttamente dal Terminale e in gabbie posizionate in corrispondenza dell'Isola di Gorgona, come sito di controllo.

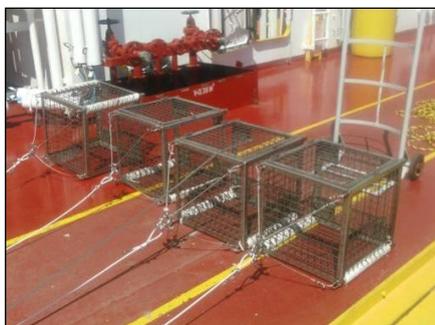


Figura 3.6: Gabbie utilizzate sul Terminale FSRU (sx) e in Gorgona (dx)

Ad oggi sono concluse le attività relative al Bianco (condotto nell'Agosto-Settembre 2012) ed ai primi sette anni di esercizio.

Attualmente è in corso il monitoraggio relativo all'ottavo anno di esercizio del Terminale.

Di seguito sono riportati i risultati complessivi raggiunti ed inviati all'Autorità (sei anni). Per approfondimenti si veda il capitolo Confronti (Volume 2, Capitolo 7) del VI° Rapporto Annuale (Marzo 2020) che riporta quanto emerso dalla elaborazione congiunta dei dati acquisiti nel periodo temporale che va dall'Estate 2012 (Bianco) all'Estate 2019.

3.1 COLONNA D'ACQUA

Per quanto riguarda le caratteristiche fisiche della colonna d'acqua, i profili CTD acquisiti dall'Estate 2012 (Bianco) all'Estate 2019 hanno consentito di verificare le variazioni stagionali e interstagionali dei vari parametri oggetto di monitoraggio. Esse risultano più o meno marcate a seconda del parametro analizzato, ma nel complesso le caratteristiche fisiche delle masse d'acqua non risultano condizionate dalla presenza del Terminale, mentre, come atteso, risentono delle dinamiche stagionali tipiche della zona interessata dal monitoraggio.

L'analisi dei nutrienti consente di affermare che l'area è caratterizzata da una situazione di oligo-mesotrofia della zona, con una situazione di azoto-carezza, confermando quanto riscontrato nelle acque liguro-tirreniche e più in generale in diverse aree del Mediterraneo.

Nel complesso i valori dei nutrienti rilevati nella fase di esercizio, come quelli della Sostanza organica disciolta cromoforica, non si discostano in maniera significativa da quelli del Bianco.

Riguardo ai contaminanti in acqua, i dati consentono di affermare che per i tensioattivi non ionici e i cloroderivati non sono state osservate anomalie degne di nota essendo, nella quasi totalità dei casi, al di sotto del limite di rilevabilità strumentale.

I tensioattivi anionici, invece, esibiscono, talvolta, concentrazioni più elevate durante le stagioni invernali, indipendentemente dalla distanza dal Terminale e dalla profondità considerata. I valori assoluti sono, anch'essi, diffusamente bassi, tanto che dall'Inverno 2016 non sono più stati rilevati.

Anche gli Idrocarburi C>12 esibiscono concentrazioni basse, come si evince dal confronto con i valori riportati nel D.Lgs 152 Parte III, relativi agli standard di qualità per l'ambiente acquatico.

Questi risultati sono confortati da quelli ottenuti dai saggi ecotossicologici. Dalle analisi effettuate non emerge, infatti, alcun effetto sulle risposte delle specie testate associabile alla presenza del Terminale.

Analogamente, l'assenza di significative variazioni delle concentrazioni dei contaminanti nella colonna d'acqua risulta coerente con le indagini condotte sui mitili nei quali non sono stati rilevati particolari danni cellulari o fisiologici, né accumulo di contaminanti.

3.2 POPOLAMENTI PLANCTONICI

Anche i cicli stagionali delle densità fitoplanctoniche totali mostrano un andamento sostanzialmente coerente con quanto atteso dalle variazioni temporali del fitoplancton nelle acque liguri-tirreniche, con massimi di abbondanza prevalentemente invernali e minimi nei mesi estivi. Tutti i raggruppamenti fitoplanctonici presentano evidenti oscillazioni quantitative tra un anno e l'altro, come tipicamente accade per questi popolamenti, la cui dinamica non risulta alterata dalla presenza del Terminale.

Analogamente, lo studio dello zooplancton conferma che i popolamenti subiscono variazioni temporali naturali e che la presenza di termoclini stagionali associati al sistema locale di correnti persistenti in questo settore del Mar Mediterraneo sembra essere il maggior forzante nel determinare la distribuzione degli organismi zooplanctonici nella colonna d'acqua.

3.3 SEDIMENTI

Anche per quanto riguarda il comparto sedimenti non emergono indicazioni di effetti o alterazioni.

L'indagine condotta ha rilevato una ampia variabilità nei comportamenti delle varie stazioni senza individuare pattern esclusivi nelle stazioni prossime al Terminale riconducibili alla presenza di quest'ultimo.

Anche i risultati delle analisi ecotossicologiche testimoniano una elevata variabilità nell'intorno del Terminale, presumibilmente legata ai pregressi sversamenti dei fanghi portuali effettuati nella zona, come testimonia la presenza di tossicità già nella fase di Bianco.

3.4 BIOTA

Lo studio del benthos ha mostrato che la dinamica temporale delle comunità macrobentoniche presenti nelle stazioni prossime al Terminale è analoga a quella delle altre stazioni.

L'analisi statistica dimostra che le differenze già osservate tra i siti nella fase di Bianco (che risultano statisticamente significative), sono rimaste costanti nel tempo, portando ad accettare l'ipotesi secondo la quale i popolamenti più prossimi al Terminale non si modificano nel tempo in maniera diversa, rispetto a quelli dei siti di controllo. In altre parole, i popolamenti prossimi al Terminale, ossia quelli direttamente soggetti alla sua influenza, evolvono nel tempo parallelamente a quelli di controllo, ossia a quelli non sottoposti all'influenza del Terminale stesso.

Analoghi risultati sono stati ottenuti per il meiobenthos. Si evidenzia che per questa componente le analisi effettuate hanno rilevato una generale riduzione delle abbondanze avvenuta nel tempo, non riconducibile al Terminale e, più in generale, presumibilmente nemmeno a recenti cause di origine antropica. Si ricorda a tal proposito che l'area in cui è collocato il Terminale è stata, in passato, sede di sversamenti dei fanghi di dragaggio portuale.

3.5 FAUNA ITTICA

La serie storica dei dati relativa alla fauna ittica demersale non evidenzia effetti significativi del Terminale su questa componente. La struttura dei popolamenti delle stazioni campionate mostra un'elevata similarità, senza particolari differenze tra siti più vicini al terminale e quelli di controllo. Le principali differenze osservate sono legate alle dinamiche stagionali, caratteristiche di questa componente faunistica. Alcune specie, come il gattuccio, *Scylliorhinus canicula*, ed altri Elasmobranchi, organismi vulnerabili e indicatori di buono stato ambientale hanno mostrato un incremento della biomassa in prossimità del terminale, presumibilmente dovuto all'interdizione della pesca.

I campionamenti della fauna ittica neotonica non hanno invece, ad oggi, fornito informazioni utili per valutare un eventuale effetto FAD (Fish Aggregation Device) del Terminale.

Gli scarsi risultati ottenuti sono da mettere in relazione con le caratteristiche del tipo di pesca adottato per tale monitoraggio (fortemente vincolato dalle limitazioni operative in prossimità del Terminale, nonché dalle condizioni meteomarine che caratterizzano tale settore del Mar Tirreno, soprattutto nel periodo autunnale/invernale) e delle specie che si vanno a studiare. La concentrazione degli esemplari, in genere, è molto bassa ed organizzata in banchi, che non hanno una distribuzione continua. La possibilità di intercettarli durante le campagne di monitoraggio è pertanto scarsa.

Sulla base di quanto sopra si ritiene che i campionamenti sulla fauna ittica neotonica non forniscano informazioni utili per valutare eventuali effetti del Terminale.

3.6 AVVISTAMENTO CETACEI E BIOACUSTICA

Gli avvistamenti di cetacei (e tartarughe marine), così come i rilevamenti acustici di cetacei, sono risultati, negli anni di monitoraggio, in lieve calo rispetto al Bianco; occorre ricordare che la presenza dei pescatori rappresenta un forte richiamo per i mammiferi marini e che oggi, l'area intorno all'FSRU, un tempo abitualmente attraversata dalle flotte di pesca locali, è interdetta alla navigazione ed alla pesca.

3.7 RUMORE SOTTOMARINO

Per quanto riguarda il monitoraggio del rumore sottomarino, le misure effettuate sperimentalmente appaiono notevolmente inferiori a quanto ipotizzato nell'analisi di progetto e a quanto autorizzato con relativo Provvedimento VIA.

Questa indagine non è inficiata dalla stagionalità (a meno delle variazioni legate al Termoclino), in quanto le analisi vengono eseguite tenendo conto delle condizioni ambientali e delle caratteristiche di propagazione del suono presenti al momento della misura.

Inoltre, dai monitoraggi effettuati è emerso che i valori di pressione sonora e frequenza emessi dal Terminale sono ben al di sotto delle soglie di sicurezza per i mammiferi marini e anche al di sotto della soglia stabilita dalle Linee Guida per rumori capaci di originare le prime significative risposte comportamentali nei cetacei.

3.8 CONCLUSIONE GENERALE

I risultati delle campagne di monitoraggio eseguite durante la fase di esercizio del Terminale e della campagna di Bianco, permettono di asserire che non si sono verificate alterazioni riconducibili al Terminale in alcuna delle stagioni indagate, per nessuna delle componenti analizzate.

4 MODIFICHE RICHIESTE

I risultati delle campagne ad oggi realizzate su tutti gli aspetti indagati (colonna d'acqua, sedimenti, rumore, monitoraggio dei cetacei) hanno dimostrato che non vi sono differenze dovute alla presenza del Terminale (confronto con la fase di Bianco) e che non vi sono rischi per l'ecosistema marino dovuti all'attività dello stesso.

I risultati acquisiti durante gli anni di monitoraggio, periodo ragionevolmente medio-lungo, hanno permesso di analizzare in modo critico e circostanziato il Piano Rev.0 in essere. Da tale analisi è emersa la necessità di proporre alcune modifiche ritenute adeguate rispetto agli obiettivi del Piano e al contesto di riferimento.

Prima tra tutte, la modifica alla frequenza delle indagini, proponendo una campagna anno da svolgersi nel periodo estivo, ad eccezione di parte delle indagini sulla colonna d'acqua da ripetersi anche durante l'inverno, come meglio specificato in Tabella 4.1.

Tale indagine annuale, contiene al suo interno delle migliorie, ovvero l'inserimento di attività (o siti di indagine), o variazioni metodologiche utili per migliorare il set di informazioni per l'area di interesse e la razionalizzazione di quelle attività che, sulla base delle analisi effettuate negli anni, non hanno fornito risultati rilevanti ai fini della verifica dei potenziali effetti del Terminale sull'ambiente circostante.

Le modifiche proposte tengono inoltre conto della Prescrizione No. 4 ricevuta in merito al procedimento di verifica di assoggettabilità a VIA relativa al progetto presentato nel Marzo 2019, con cui OLT Offshore proponeva l'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.

Di seguito si riporta una tabella di sintesi delle modifiche proposte in cui, per facilitare la comprensione, sono stati inseriti anche i riferimenti al Piano oggi vigente (Rev. 0).

Tabella 4.1: Modifiche proposte per la formulazione del Piano Rev.1

	Modifiche Proposte	Argomento	Prescrizione o Sezione del Piano Rev.0 da modificare/eliminare	Descrizione
1	Campagna unica annuale, completa (Biota, Sedimenti, Colonna acqua e Biocustica)	Frequenza delle indagini esercizio e post esercizio	<i>In accordo con ISPRA ... omissisdovranno essere definiti ed attuati omissis durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale.....omissis.... Il monitoraggio dovrà estendersi nel tempo fino ad un anno dopo la dismissione del Terminale.</i>	Le attività saranno svolte una volta l'anno, mantenendo solo la campagna estiva , ad eccezione di: ✓ parte delle indagini sulla <i>colonna d'acqua</i> influenzate dal termoclino invernale e dalle temperature più basse (profili idrologici, fitoplancton, oloplancton, meroplancton, ittioplancton, solidi sospesi, sostanza organica particellata, clorofilla a, nutrienti, densità pigmentaria).
2	Distinzione delle misure sul rumore in base alle fasi operative del Terminale (in particolare sono aggiunte, oltre alle misure del Terminale Stand-alone , le misure durante gli allibi).	Indagini generali	Par. 4.7 pag. 47	Monitoraggio stand-alone : da ripetere ogni 3 anni, una campagna in estate ed una in inverno, con le modalità del Piano Rev 0. Monitoraggio durante gli allibi (Prescrizione No.4 SSLNG): monitoraggio da ripetere due volte l'anno per 4 anni e due volte l'anno ogni 3 anni successivamente, di No.2 metaniere grandi e No. 2 metaniere small scale

	Modifiche Proposte	Argomento	Prescrizione o Sezione del Piano Rev.0 da modificare/eliminare	Descrizione
				(compatibilmente con il programma degli allibi); per ciascuna categoria di nave, una campagna con il termocline superficiale invernale ed una con quello estivo. Metodo: posizionamento a oltre le 4 miglia nautiche dal terminale, tenendo conto della traiettoria d'avvicinamento della metaniera oggetto di indagine.

4.1 MODIFICA DELLA FREQUENZA DELLE INDAGINI

Attualmente lo studio prevede di investigare i diversi comparti ambientali con frequenze differenti (trimestrali, semestrali, annuali). I dati ad oggi acquisiti, dimostrano che il Terminale, in condizione di operatività, non ha effetti sul comparto ambientale. Tantomeno si rileva che la stagione rappresenti un forzante nel determinare gli effetti del Terminale.

Come atteso, la stagione comporta variazioni e cambiamenti nelle caratteristiche fisiche della colonna d'acqua e nel comparto biotico, riconducibili alla naturale alternanza di periodi caldi e freddi che nulla hanno a che vedere con la presenza del Terminale FSRU.

Gli anni di monitoraggio consentono anche di escludere l'esistenza di effetti acuti del Terminale sulle componenti indagate.

Diversamente, non consentono di valutare eventuali effetti cronici rilevabili sul lungo periodo.

L'obiettivo del Piano Rev.1 è quindi anche quello di dimostrare se le componenti indagate sottostanno ad una deriva temporale condizionata dalla presenza del Terminale.

In altri termini, il monitoraggio mira a verificare se il Terminale rappresenta un forzante che condiziona l'evoluzione delle componenti monitorate.

Per il raggiungimento di tale obiettivo le indagini devono essere focalizzate unicamente nel periodo estivo (tranne che per i popolamenti planctonici che raggiungono il massimo livello strutturale durante la stagione fredda), sia perché il Bianco è stato condotto unicamente in questa stagione, sia perché l'alternanza delle stagioni comporta naturali oscillazioni nei risultati (connesse all'alternanza dei periodi caldi e freddi), che non forniscono informazioni utili ai trend generali di lungo periodo.

Pertanto, al posto delle No.4 campagne (due minime, una intermedia e una completa) si propone per ciascun anno di esercizio e per l'anno post esercizio una campagna completa in analogia alla fase *ante operam* (BIANCO) e una campagna invernale/tardo primaverile limitatamente ai popolamenti planctonici, ad alcune misure di colonna d'acqua (profili idrologici e determinazione di solidi sospesi, sostanza organica particellata, clorofilla a, nutrienti e diversità pigmentaria) necessarie per l'interpretazione del comportamento di popolamenti planctonici e **alle misure del rumore sottomarino**, in considerazione della presenza di un termocline che può influenzare la propagazione del suono.

Non rientra nella proposta di variazione la batimetria/morfologia in quanto questo aspetto non è sottoposto a modifiche su scala così rapida. Quest'attività, pertanto, viene confermata così come da Piano Rev.0 in corso (cadenza decennale).

Per quanto riguarda il monitoraggio del rumore sottomarino, come anticipato, saranno effettuate No.2 campagne (estiva e invernale), secondo le seguenti modalità, distinte in base alle differenti fasi operative del Terminale:

- ✓ *Stand-alone*: campagne ogni 3 anni;
- ✓ Allibi: campagna annuale per i primi 4 anni e successivamente, nel caso in cui non vengano rilevate variazioni significative nell'arco di tale periodo, campagne ogni 3 anni.

Con riferimento al rumore sottomarino, ad ogni modo, si evidenzia che questo è oggetto di un Piano dedicato, al quale si rimanda per maggiori approfondimenti (Allegato 1 al Piano Rev.1, quest'ultimo appendice A del presente documento).

4.2 RUMORE SOTTOMARINO

Le misure del rumore sottomarino sin qui condotte hanno evidenziato come sostanzialmente il contributo del Terminale in termini di emissioni sonore sottomarine sia contenuto, con valori di pressione sonora e frequenza emessi ampiamente inferiori alle soglie di sicurezza per i mammiferi marini e ai valori soglia stabiliti dalle Linee Guida per rumori capaci di originare le prime significative risposte comportamentali nei cetacei.

Non sono inoltre state riscontrate variazioni significative inter-annuali, per cui si ritiene che nella condizione di esercizio del Terminale cosiddetta "Stand-alone", non siano prevedibili significative variazioni negli anni a venire. Misure del rumore in tale condizione operativa saranno pertanto effettuate, secondo la metodologia fin qui adottata e in corrispondenza dei medesimi punti di misura di cui alla precedente Figura 3.5, una volta ogni 3 anni (su 4 direzioni - Nord, Sud, Est, Ovest; in ciascuna direzione, 3 stazioni - 100 m, 1000 m e 10000 m dal Terminale).

In considerazione della variabilità stagionale dell'ambiente marino e dell'influenza che tali variazioni hanno sulla propagazione del suono, e in particolare con riferimento alla presenza di termoclino estivo o invernale, si prevede tuttavia di mantenere No.2 campagne di misura, una nel periodo estivo ed una nel periodo invernale, con misurazioni in ciascun punto sopra e sotto il termoclino.

Parallelamente sarà calata una sonda CTD fino alla misura più profonda.

Per quanto riguarda le condizioni operative del Terminale durante gli allibi, in presenza pertanto di grandi navi metaniere, così come di metaniere small scale, al fine di valutare eventuali significative alterazioni del clima acustico sottomarino e comunque rispetto alla condizione "Stand-alone" del Terminale, saranno effettuate misure annuali per i primi 4 anni. Anche in questo caso le misure saranno effettuate nel periodo estivo ed invernale e, compatibilmente con il programma degli allibi, le misure saranno effettuate sia in presenza di grandi metaniere, sia di metaniere small scale, con stazione fissa posizionata a oltre 4 miglia nautiche dal Terminale, tenendo conto della traiettoria di avvicinamento della metaniera oggetto di indagine.

Successivamente ai primi 4 anni di monitoraggio, se dovesse essere confermata l'assenza di emissioni significative in ambiente marino, si procederà a ridurre la frequenza di tale monitoraggio ad una volta ogni 3 anni, analogamente alla fase *Stand-alone*.

A validazione del piano di monitoraggio durante gli allibi, si evidenzia che nel periodo 9-10 Settembre 2020 sono state effettuate misurazioni del rumore durante un allibo al fine di ottemperare anche alla Prescrizione ricevuta nell'ambito dell'emissione del Parere di Verifica di Ottemperanza per il 5° anno di monitoraggio ("*Entro un anno solare dalla emissione del presente decreto dovranno essere eseguite, in accordo con la Capitaneria di Porto ed 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.*"). Tali misurazioni sono riportate del Documento "Valutazione del rumore sottomarino durante le fasi di allibo di una metaniera al terminale FSRU Toscana – Allibo settembre 2020"(inviato contestualmente al presente documento).

Le misure effettuate sono state utilizzate anche ai fini dello sviluppo del dedicato Piano di Monitoraggio del Rumore Sottomarino, al quale si rimanda per maggiori approfondimenti (Allegato 1 al Piano Rev.1).

5 VALUTAZIONI TECNICO-AMBIENTALI A SUPPORTO DELLE MODIFICHE RICHIESTE PER LA CAMPAGNA DI INDAGINE ANNUALE

Nella tabella seguente, si riporta il dettaglio delle modifiche apportate alla campagna di indagine estiva con a seguire, nel prosieguo del testo, le valutazioni tecnico-scientifiche che hanno portato alla loro formulazione.

Tabella 5.1: Schema riassuntivo delle modifiche proposte, con riferimento alla sezione di pertinenza del Piano (Rev.0)

	Modifiche Proposte	Argomento	Sezione del Piano Rev.0 da modificare/eliminare	Note
1	Eliminazione del <i>punto e)</i> Prescrizione No.7 del Provvedimento di Esclusione da VIA DVA-2010-25280	Colonna d'acqua – Profili idrologici (torbidità)	Tabella 4.1.2, pg. 17	Punto ottemperato nel <i>punto a)</i> , mediante le misure di torbidità effettuate con la sonda CTD sulla colonna d'acqua
2	Modifica delle stazioni di campionamento.	Colonna d'acqua – Analisi fisico-chimiche e biologiche - saggi ecotossicologici	Tabella 4.1.2, pg. 17 Cap. 4.2.1.2, pg. 22	Attualmente le misure risultano concentrate presso il Terminale: sostituzione delle stazioni poste a 500m e 200m con stazioni più lontane ed utilizzate come controlli
3	Razionalizzazione del numero di stazioni delle misure di irradianza spettrale.	Colonna d'acqua – Profili idrologici Irradianza spettrale	Tabella 4.1.2, pg. 17 Cap. 4.2.1.1, pg. 22	Attualmente le misure risultano troppo fitte: scelte No. 2 stazioni + No. 2 controlli sulle No. 14 stazioni presenti attualmente
4	Aggiunta di 3 siti di controllo anche per lo studio dei popolamenti fito-zoo planctonici	Colonna d'acqua – Fitoplancton e diversità pigmentaria, olo-mero-ittioplancton	Tabella 4.1.2, pg. 17-18 Cap. 4.2.2, pg. 26-30	Miglioramento dell'interpretazione dei dati per un disegno sperimentale bilanciato
5	Biomarkers (aumento del numero delle repliche) ed eliminazione della campagna post esercizio	Biota – Biomarkers	Tabella 4.1.3, pg. 19 Cap. 4.5, pg. 42-43	Aumento della potenza dei test ed eliminazione della campagna post esercizio per impossibilità tecnica
6	Sostituzione del saggio di embriotossicità <i>P. lividus</i> con saggio di embriotossicità con <i>Crassostrea gigas</i> e quello con <i>D. labrax</i> con il saggio su <i>Acartia tonsa</i>	Colonna d'acqua – Saggi ecotossicologici	Tabella 4.1.2, pg. 18 Cap. 4.2.3, pg. 30	I test sono del tutto equivalenti
7	Sostituzione del saggio di embriotossicità <i>P. lividus</i> con saggio di embriotossicità con <i>Crassostrea gigas</i> . Aggiunta di due siti di controllo.	Sedimenti – Saggi ecotossicologici	Tabella 4.1.2, pg. 18 Cap. 4.3.2, pg. 34	Il test è del tutto equivalente. Miglioramento dell'interpretazione dei dati. Disegno sperimentale bilanciato
8	Aggiunta di 2 siti di controllo sullo studio dei sedimenti	Sedimenti - caratteristiche fisiche e chimiche	Tabella 4.1.2, pg. 18 Cap. 4.3.1, pg. 32	Miglioramento dell'interpretazione dei dati. Disegno sperimentale bilanciato

	Modifiche Proposte	Argomento	Sezione del Piano Rev.0 da modificare/eliminare	Note
9	Aggiunta di un controllo sull'indagine ittica bentonectonica con rete a strascico e raddoppio dei siti di indagine con reti da posta (con eliminazione della fauna ittica pelagica)	Biota – Fauna ittica bentonectonica e pelagica	Tabella 4.1.3, pg. 19 Cap. 4.6.1, pg. 45 Cap. 4.6.2, pg. 46	Miglioramento dell'interpretazione dei dati
10	Diverse modalità di registrazione acustica dei cetacei	Biota - bioacustica	Tabella 4.1.3, pg. 19 Par. 4.7, pg. 47	Miglioramento della logistica del survey acustico

La descrizione dettagliata di tali modifiche è riportata nella versione del Piano (Rev. 1) che si allega al presente documento (Appendice A).

5.1 ELIMINAZIONE DEL PUNTO E) DALL'ELENCO RIPORTATO NELLA PRESCRIZIONE NO. 7 DEL PROVVEDIMENTO DI ESCLUSIONE DALLA VIA DVA-2010-25280

Come evidenziato nel Piano Rev.0 (Tabella 4.1.2) e riconfermato nel Piano Rev.1 (riportato integralmente in Appendice A alla presente Relazione) la verifica della eventuale risospensione dei sedimenti di fondo viene effettuata mediante il monitoraggio della torbidità misurata tramite profili di sonda multiparametrica. Queste misure consentono infatti di rilevare eventuali anomalie riconducibili a fenomeni di risospensione dei sedimenti fatto che creerebbe una condizione di elevata torbidità ad oggi mai registrata, come evidenziato nei due documenti di integrazione volontaria ai primi due anni di esercizio (lettera del 1/06/2016 prot. 0206 e lettera del 28/06/2016 prot. 0234) e nei successivi Rapporti Annuali di monitoraggio.

Pertanto, si ritiene il punto e) della Prescrizione No.7 ricompreso nel punto a) della medesima prescrizione.

5.2 RAZIONALIZZAZIONE DELLE MISURE DI IRRADIANZA SPETTRALE (COLONNA ACQUA) E MODIFICA DEI SITI DI INDAGINE PER LE CARATTERISTICHE FISICHE-CHIMICHE BIOLOGICHE E SAGGI ECOTOSSICOLOGICI

La misura dell'irradianza spettrale fa parte delle indagini svolte sulla Colonna d'acqua-profilo idrologici. In particolare, l'irradianza spettrale sottomarina viene misurata con lo spettroradiometro Licor LI1800UW e le misure sono state eseguite a diverse quote (radiazione discendente sottomarina a 5, 10, 25, 50, 70m e radiazione ascendente sottomarina a 5m).

Al momento le misure condotte per l'irradianza spettrale risultano troppo fitte, essendo acquisite in un'area molto ristretta, come dimostra la omogeneità dei dati ad oggi acquisiti.

Pertanto, un elevato numero di stazioni (14) come previsto dal Piano Rev.0 porta all'acquisizione di dati ripetitivi che non forniscono informazioni aggiuntive rispetto a quelle che si possono acquisire in un numero molto più limitato di punti. Si ritiene che siano sufficienti No.2 stazioni scelte tra quelle attualmente campionate (14) e No.2 ulteriori stazioni di "controllo".

Per quanto riguarda in generale le caratteristiche fisiche-chimiche biologiche ed i saggi ecotossicologici, si ritiene opportuno sostituire le stazioni poste a 500m e 200m dal Terminale, con stazioni più lontane, da utilizzare come stazioni di controllo.

5.3 AGGIUNTA DI NO.3 SITI DI CONTROLLO PER LO STUDIO DEI POPOLAMENTI FITO-ZOO PLANCTONICI

Lo studio della componente fitoplanctonica della Colonna d'acqua viene condotto attraverso il prelievo di acqua a quattro diverse quote batimetriche (0,5m, 12,5m, 50m, 70m). Lo studio della componente zooplanctonica avviene attraverso lo studio dei popolamenti oloplanctonici, meroplanctonici ed ittioplanctonici.

È noto che i popolamenti fito-zooplantonici sono caratterizzati nel loro complesso da un'elevata variabilità spaziale connessa alle caratteristiche del mezzo in cui vivono. Pertanto, per poter disporre di un disegno di campionamento bilanciato per incrementare la potenza dei test statistici e garantire una migliore interpretazione di dati si propone l'aggiunta di ulteriori No.3 siti di controllo.

5.4 BIOMARKERS (AUMENTO DEL NUMERO DELLE REPLICHE)

L'analisi dei biomarker ricade all'interno delle analisi biologiche (Biota) ed è finalizzata alla valutazione della variazione biochimica, cellulare o fisiologica che può essere misurata in un organismo sentinella che fornisce l'evidenza di un'esposizione e/o effetto di uno o più contaminanti. Il mitilo mediterraneo (*Mytilus galloprovincialis*) è stato scelto come organismo sentinella in quanto ampiamente utilizzato nel monitoraggio dell'ambiente marino. I test effettuati sono stati il **Neutral Red Retention Time (NRRT)**, il **Comet assay** e l'**Analisi istologica dell'apparato branchiale**.

Sulla base dei risultati ottenuti, al fine di incrementare il potere discriminante dei test effettuati sui Biomarkers si propone l'aumentato del numero delle repliche, poiché caratterizzate da una elevata variabilità inter-individuale.

Si ricorda che data l'assenza di *Mytilus galloprovincialis* fissi insediati sulla carena del Terminale, è stato prodotto uno studio di fattibilità e di sicurezza relativo alla possibilità di installare sulle fiancate del Terminale delle gabbie metalliche atte a contenere i mitili per il loro corretto trapianto. Lo studio ha consentito di scegliere No.4 postazioni sul lato sinistro del Terminale e progettare e costruire le opportune gabbie quadrate di 50 cm di lato, come meglio descritto nella lettera inviata ad ISPRA il 12 Maggio 2014 come proposta alternativa di monitoraggio dei mitili (PROT. 2014/OUT/GENER/B/0209 del 12 Maggio 2014).

Inoltre, si propone la eliminazione delle attività nella campagna di post esercizio in quanto, in assenza del Terminale (attuale sede dei punti di monitoraggio), non risulta tecnicamente percorribile l'ubicazione dei suddetti punti di monitoraggio date le condizioni meteomarine dell'area.

5.5 SOSTITUZIONE DEL SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ *P. LIVIDUS* CON SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ CON *CRASSOSTREA GIGAS* E QUELLO CON *D. LABRAX* CON IL SAGGIO SU *ACARTIA TONSA* (COLONNA D'ACQUA)

Ad oggi alcuni dei test eco-tossicologici sono stati condotti usando il riccio di mare (*Paracentrotus lividus*) e la spigola (*Dicentrarchus labrax*), come indicato nel Manuale per la Movimentazione dei sedimenti (ICRAM, APAT, 2007).

Tuttavia, la maturazione dei gameti nel riccio di mare avviene durante la stagione fredda (Spirlet et al., 1998; Fenaux, 1968) e quindi nel periodo estivo questo test non può essere eseguito. Pertanto, gli elutriati relativi al periodo estivo devono essere conservati in attesa della maturazione delle gonadi del riccio necessarie per poter fare il test, rischiando di andare oltre l'annualità prevista dal progetto. Per cui si propone di sostituire il riccio con l'ostrica (*Crassostrea gigas*) che, al contrario, consente invece di effettuare il saggio durante tutto l'anno e nel contempo è considerato un test del tutto analogo come da Decreto MATTM 173/16.

Analogamente, la scarsa disponibilità delle larve di *Dicentrarchus labrax*, rende difficile completare le analisi ecotossicologiche congiuntamente agli altri test. Pertanto, si propone di sostituire questa specie con il copepode *Acartia tonsa*, disponibile tutto l'anno.

Si precisa che le nuove specie proposte sono indicate nel Manuale per la Movimentazione dei sedimenti (ICRAM, APAT, 2007) come appropriate per stime di tossicità.

5.6 SOSTITUZIONE DEL SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ *P. LIVIDUS* CON SAGGIO DI EMBRIOTOSSICITÀ CON *CRASSOSTREA GIGAS*. AGGIUNTA DI DUE SITI DI CONTROLLO (SEDIMENTI)

Si propone la sostituzione del saggio di embriotossicità *P. lividus* con saggio di embriotossicità con *Crassostrea gigas* per le motivazioni riportate nel precedente paragrafo.

Per migliorare l'interpretazione dei risultati, si ritiene necessario aggiungere No.2 ulteriori controlli per avere un disegno sperimentale maggiormente bilanciato e garantire test statistici più robusti.

5.7 AGGIUNTA DI NO.2 SITI DI CONTROLLO (SEDIMENTI)

I sedimenti sono un comparto elettivo nei monitoraggi ambientali. Una corretta valutazione degli effetti, tuttavia, richiede un adeguato numero di controlli per scongiurare il rischio di attribuire le differenze osservate alla fonte di impatto quando in realtà rispecchiano la variabilità spaziale.

Nel Piano Rev.0 attuale sono previsti No.2 siti di controllo e No.4 siti prossimi al Terminale. L'aggiunta di No.2 ulteriori siti di controllo consente di avere un disegno sperimentale bilanciato e garantire test statistici più robusti.

5.8 INDAGINE ITTICA BENTONECTONICA CON RETI DA POSTA E RETE A STRASCICO (BIOTA)

Lo studio della fauna ittica necto-bentonica è effettuato attraverso due modalità di pesca, ovvero mediante reti da posta e reti a traino di fondo.

Per la tecnica "reti da posta", No.4 reti vengono posizionate all'interno dell'area interdetta alla pesca, mentre la quinta fuori dall'area su un fondale avente le stesse caratteristiche.

Le pesche "a strascico" sono effettuate invece utilizzando una rete tradizionale con maglia al sacco di 50 mm per la pesca di specie demersali e bentoniche.

5.8.1 Raddoppio dei Siti di Indagine Ittica Bentonectonica con Reti da Posta

L'indagine condotta con Reti da posta per lo studio della fauna ittica attualmente prevede No.4 siti di studio ed un solo sito di controllo.

I rendimenti di pesca con reti da posta sono caratterizzati da un'elevata variabilità in quanto influenzati da diversi fattori sia di tipo ambientale, sia legati alle caratteristiche biologiche delle specie da campionare. Le catture possono infatti variare sensibilmente da un giorno all'altro in conseguenza di variazioni di alcuni importanti fattori quali ad esempio le condizioni meteo-marine, le maree, la presenza di correnti marine, ecc. A questo si aggiunge anche una variabilità intrinseca nell'abbondanza delle specie ittiche che presentano spesso una distribuzione non omogenea degli individui nell'ambiente ma bensì contagiosa (a banchi più o meno numerosi). L'analisi dei dati raccolti nel corso degli anni di monitoraggio presso il Terminale, confermano l'influenza di tali fattori, almeno sulle specie ittiche più importanti. Al fine di ridurre la variabilità dei dati di cattura si ritiene quindi importante incrementare il numero dei campionamenti. Pertanto, si propone di raddoppiare i siti di indagine passando dagli attuali No.4 ad un totale di No.8. Analogamente si propone di aggiungere un sito di controllo.

5.8.2 Aggiunta di un Controllo sull'Indagine Ittica Bentonectonica con Rete a Strascico

L'indagine condotta con rete a strascico attualmente prevede No.4 siti di studio nell'intorno del Terminale ed un solo controllo. Si ritiene necessario aggiungere un secondo controllo che consente di stimare la variabilità spaziale in un'area non influenzata dalla presenza dell'FSRU. Tale variabilità, se non nota, potrebbe determinare un'errata interpretazione nel confronto tra controllo e siti all'interno dell'area del Terminale, imputando al Terminale variazioni o differenze nei popolamenti, che in realtà riflettono la loro variabilità naturale. Questo potrebbe determinare sia dei falsi positivi, sia dei falsi negativi, in quanto la variabilità spazio-temporale insita nelle dinamiche dei popolamenti ittici necto-bentonici (determinata essenzialmente da fattori come batimetria, correnti, ecc.) non può essere stimata avendo a disposizione un solo sito di controllo.

5.9 ELIMINAZIONE DELLO STUDIO DELLA FAUNA ITTICA PELAGICA (BIOTA)

Lo studio della fauna ittica pelagica è stato condotto per valutare l'effetto FAD (*Fishing Aggregating Device*) dovuto alla presenza del Terminale galleggiante. È infatti noto che qualsiasi struttura, anche di piccole dimensioni, presente in mare, ha la capacità di attrarre organismi marini, sia fornendo una sorta di protezione, sia attraendo secondariamente i predatori.

La tecnica più adeguata per questo tipo di indagine prevede l'uso di subacquei per l'effettuazione di censimenti visivi. Tale approccio metodologico non è stato però attuato in quanto non compatibile con le norme di sicurezza, dato che gli operatori subacquei avrebbero dovuto operare sotto il Terminale stesso durante la sua operatività.

Il monitoraggio è stato quindi condotto utilizzando reti derivanti galleggianti che dovevano essere posizionate in stretta vicinanza del Terminale e lasciate in pesca per alcune ore. Un ulteriore calo di reti veniva posizionato a maggiore distanza e aveva funzione di controllo.

È risultato però impossibile posizionare le reti in vicinanza del Terminale in quanto le correnti, non trascurabili nell'area in oggetto, ne determinano uno spostamento anche di alcune miglia in breve tempo. Le condizioni idrodinamiche dell'area quindi non consentono di ottenere dati sito-specifici.

Lo studio della fauna ittica pelagica attraverso l'uso delle reti derivanti non è quindi risultato appropriato alle finalità del monitoraggio dell'impianto di rigassificazione FSRU Toscana. Pertanto, si ritiene non utile proseguire il monitoraggio di questa componente e se ne richiede la cancellazione dal Piano Rev.1. (Piano Rev.1 allegato al presente documento).

Di contro, come meglio descritto sopra nel Paragrafo 5.8, sono state migliorate le indagini per la fauna ittica bentonectonica, raddoppiando i siti di indagine con reti da posta ed aggiungendo un controllo per le indagini con reti a strascico.

5.10 BIOACUSTICA

Al fine di migliorare la copertura dell'area da indagare, è stata proposta una modifica del monitoraggio bioacustico. Il nuovo piano di survey bioacustico si basa su un disegno con transetti lineari ad angolo fisso di virata di 30°, con copertura dell'area che ricade all'interno del cerchio delle 6 nm (con centro il Terminale). Tale metodica di survey rispetta i requisiti del programma di monitoraggio Distance (versione utilizzata 7.2) con velocità massima di 5 knt.

Durante tutto il survey acustico sarà utilizzato un idrofono analogico COLMAR GP 1280 omnidirezionale ad ampio spettro, da parte di operatori in costante visual/ascolto e con utilizzo dei programmi di ascolto e registrazione Rainbow Clicks e Sea Wave Pro. Tali programmi permettono, grazie all'utilizzo di filtri digitali, di tagliare frequenze di non interesse amplificando quelle biologiche tipiche dei cetacei (odontoceti e mysticeti) in transito o residenti nell'area.

La proposta di modifica della fase di bioacustica nell'area è basata sul fatto che il transetto lineare a zig-zag (così denominato) fornisce una maggiore copertura dell'area e quindi una migliore possibilità di incontro così come descritto da *Buckand et al.* (2004) e da *Lewis et al.* (2007).

In Figura 5.1 è riportata la proposta della nuova modalità di indagine per la bioacustica.

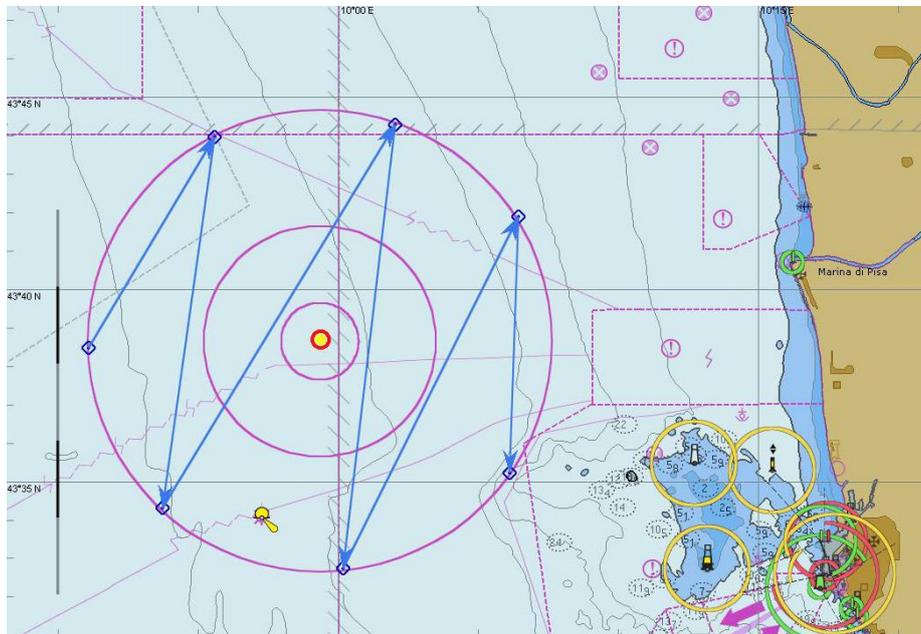


Figura 5.1: Area di indagine per la bioacustica

6 PROPOSTA DI MODIFICA DELLA PRESCRIZIONE NO. 7

Il provvedimento DVA-2010-0025280 del 20 Ottobre 2010 ha escluso dalla procedura di VIA alcuni aggiornamenti progettuali proposti in fase di ingegneria esecutiva, a condizione di alcune prescrizioni. In particolare, la Prescrizione No. 7 del Provvedimento stabilisce quanto segue:

“In accordo con ISPRA e con costi a carico del proponente, dovranno essere definiti ed attuati, prima dell’arrivo della nave-terminale (per definire l’ante operam) e durante tutto il periodo di funzionamento del terminale, i seguenti monitoraggi in mare con cadenza almeno trimestrale:

- a. *misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su 4 punti a distanza di 100 m da terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d’acqua;*
- b. *verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare lungo due transetti ortogonali fino ad una distanza di almeno 200 m dal terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;*
- c. *misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari dalla distanza di 100 m fino a una distanza di 5 km dal terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare;*
- d. *verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale;*
- e. *verifica dell’eventuale risospensione dei sedimenti di fondo nei periodi considerati critici a causa del getto di acqua di riscaldamento emesso dalla nave.”*

Il monitoraggio dovrà estendersi nel tempo fino ad un anno dopo la dismissione del Terminale”.

Considerando che:

- ✓ i risultati di monitoraggio ad oggi acquisiti dimostrano che in questi anni non sono stati rilevati effetti dovuti alla presenza e all’esercizio del Terminale sul comparto ambientale ed in particolare non sono state rilevate situazioni di rischio associabili alla presenza ed all’esercizio del Terminale sulla flora e fauna marina;
- ✓ la stagionalità non risulta un fattore condizionante gli effetti del Terminale (i cambiamenti osservati, in particolare nel comparto biotico, sono riconducibili alla naturale variabilità legata al susseguirsi delle stagioni e non sono inficiati dalla presenza del Terminale FSRU Toscana);

con la presente si richiede che la Prescrizione No. 7 sia modificata come segue:

Per tutto il periodo di funzionamento del terminale dovranno essere effettuati i seguenti monitoraggi in mare con cadenza annuale (tranne dove diversamente specificato):

- a. ***misura delle componenti chimico-fisiche-biotiche su No. 4 punti a distanza di 100 m dal Terminale ad intervalli regolari su tutta la colonna d’acqua (ad eccezione delle misure di irradianza, da effettuarsi in No. 2 punti a distanza di 100 metri dal Terminale);***
- b. ***verifica delle biocenosi esistenti sul fondo del mare in No. 12 punti di cui No. 4 posti a 100 m dal Terminale e monitoraggio della loro evoluzione nel tempo;***
- c. ***misura del rumore in acqua 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;***
- d. ***verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei fino ad una distanza di almeno un miglio dal terminale; verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni posti su due transetti ortogonali a 5 e 10 km dal terminale.***

Il monitoraggio dovrà essere effettuato anche un anno dopo la dismissione del Terminale (una campagna estiva, in analogia alla fase ante operam).

Per quanto riguarda il punto c), si richiede la modifica in considerazione della Prescrizione No. 4 di cui al Parere della Commissione Tecnica di verifica dell’impatto ambientale VIA e VAS No. 3216 del 6 Dicembre 2019 e coerentemente a quanto la Società OLT sta attuando conformemente al Piano Rev.0 approvato.

Le modifiche proposte sono state recepite in una nuova versione del Piano Rev.1 che si allega al presente documento (Appendice A).

FRAMO/LINVO/MACOM:linvo

REFERENZE

- Buckland, S., Anderson, D., Burnham, K., Laake, J., Borchers, D., Thomas, L. (2004). Advanced Distance Sampling: Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare DM 15 luglio 2016, n. 173. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. (16G00184) (GU Serie Generale n.208 del 06-09-2016 - Suppl. Ordinario n. 40).
- Fenaux, L. 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *P. microtuberculatus* (Echinides) à Villefranche-sur-Mer. *Vie Milieu*, 19: 1-52.
- ICRAM, APAT, 2007 Manuale per la Movimentazione dei sedimenti.
- Lewis, T., Gillespie, D., Lacey, C., Matthews, J., Danbolt, M., Leaper, R., McLanaghan, R., Moscrop, A. (2007). Sperm whale abundance estimates from acoustic surveys of the Ionian Sea and Straits of Sicily in 2003. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 87. 353 - 357.
- Spirlet, Ch., Grosjean, P., Jangoux, M., 1998. Reproductive cycle of echinoid *Paracentrotus lividus*: analysis by means of the maturity index. *Inter vertebrate Reproduction and Development*, 34: 69-81.

Appendice A
Piano di Monitoraggio
dell'Ambiente Marino –
Revisione 1

Doc. No. P0022951-1-H1 Rev. 0 – Gennaio 2021



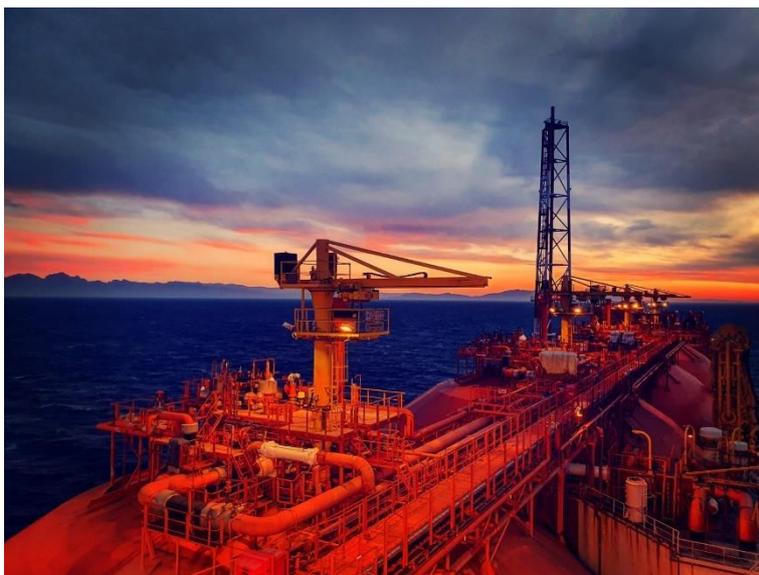


OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI
RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

**Piano di monitoraggio dell'ambiente marino
Revisione 1**



Rev.1	15.01.2020	Emissione	AMDB	GBP	CP
Rev.	Data	Descrizione della Revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

INDICE

1	PREMESSA	3
2	IL PIANO DI MONITORAGGIO.....	4
2.1	Piano generale dell'opera	4
2.2	Colonna d'acqua	13
2.2.1	<i>Misure idrologiche e prelievi di campioni di acqua</i>	<i>14</i>
2.2.1.1	Profili idrologici e misure di irradianza spettrale e PAR	14
2.2.1.2	Analisi fisico-chimiche e biologiche	14
2.2.2	<i>Indagini sul fitoplancton e zooplancton</i>	<i>15</i>
2.2.2.1	Fitoplancton	16
2.2.2.2	Zooplancton	16
2.2.2.2.1	Analisi dell'oloplancton	16
2.2.2.2.2	Analisi del meroplancton e ittioplancton.....	17
2.2.3	<i>Saggi ecotossicologici</i>	<i>18</i>
2.3	Sedimenti	19
2.3.1	<i>Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti.....</i>	<i>20</i>
2.3.2	<i>Saggi ecotossicologici</i>	<i>21</i>
2.4	Comunità bentoniche di fondo mobile	22
2.4.1	<i>Il Macrozoobenthos.....</i>	<i>23</i>
2.4.2	<i>Il Meiobenthos.....</i>	<i>24</i>
2.5	Biota - <i>Mytilus galloprovincialis</i>	25
2.5.1	<i>Bioaccumulo.....</i>	<i>27</i>
2.5.2	<i>Biomarkers</i>	<i>28</i>
2.6	Biota - Fauna ittica	29
2.6.1	<i>Fauna ittica bentonectonica.....</i>	<i>30</i>
2.7	Monitoraggio del rumore sottomarino e delle interferenze sul comportamento dei mammiferi marini e delle tartarughe marine	31
2.8	Indagini geofisiche	36
2.9	Correntometria.....	37
2.10	Archiviazione Dati.....	39
3	RESTITUZIONE DEI RISULTATI DEL PIANO DI MONITORAGGIO	40

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – Piano di Monitoraggio del Rumore

ALLEGATO 2 – Elenco dei composti cloroderivati da determinare nelle tre matrici (acqua, sedimenti, tessuto di *M. galloprovincialis*) investigate.

ALLEGATO 3 – Metodi di analisi e strumentazione utilizzata

1 PREMESSA

Il presente Piano Rev.1 si riferisce esclusivamente allo studio dei potenziali impatti prodotti dal Terminale "FSRU Toscana", per il quale la competenza di realizzazione ed esercizio è in capo ad OLT. L'area di indagine è rappresentata nella Figura 1.1.

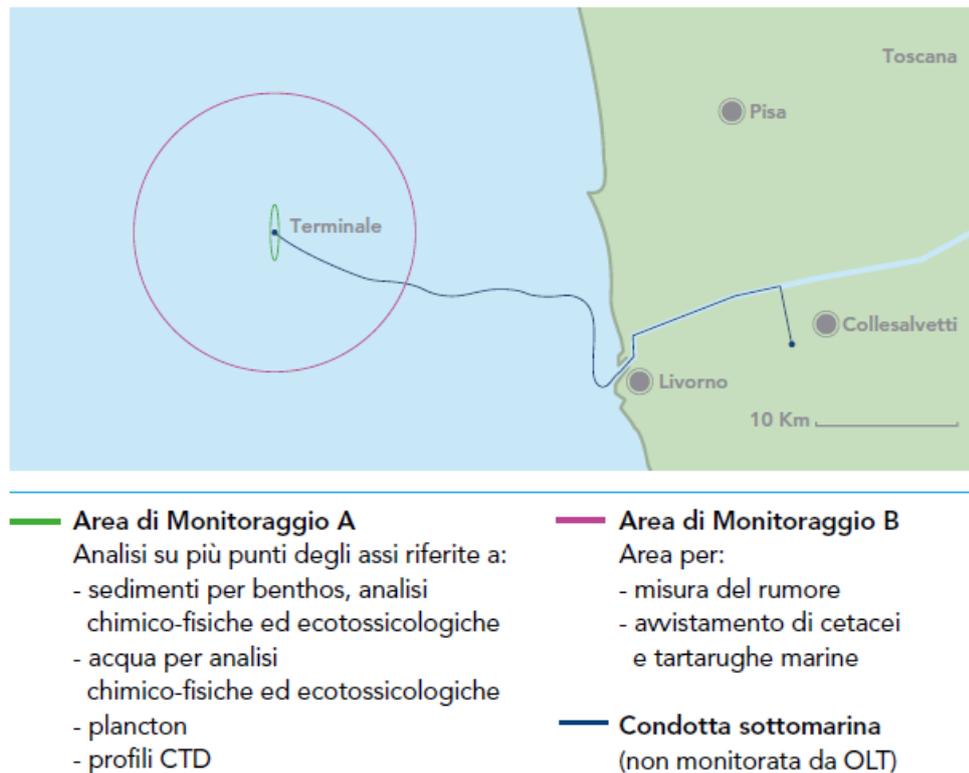


Figura 1.1: Area di indagine per il Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino attorno al Terminale

Il Piano Rev.1 è stato predisposto da CIBM su incarico di OLT, a seguito delle considerazioni deducibili dai risultati acquisiti dal Bianco (condotto nell'estate 2012) all'Estate 2019 ed in conformità alla prescrizione 7 così come da richiesta di modifica di OLT presentata congiuntamente al presente Piano Rev.1.

Nel Capitolo 2 vengono illustrate nel dettaglio le caratteristiche del Piano di monitoraggio Rev.1, mentre nel Capitolo 3 è descritta la modalità di restituzione dei dati di monitoraggio.

2 IL PIANO DI MONITORAGGIO

2.1 Piano generale dell'opera

Le attività ad oggi eseguite sono state svolte in conformità al Piano Rev.0, definito già al momento della sua stesura, uno strumento “flessibile”, come specificatamente indicato nel Piano stesso dove per “flessibilità” era da intendersi *la possibilità di apportare modifiche o integrazioni, in funzione dei risultati acquisiti nella fase iniziale delle attività di monitoraggio (rif. pagina 7 del Piano Rev.0).*

I dati ad oggi acquisiti, riguardano un arco temporale molto ampio essendo attualmente in corso l’ottavo anno di monitoraggio. Questo ampio arco temporale ha consentito di acquisire una mole di dati consistente e sufficiente per apportare alcune modifiche al Piano, rispetto alla sua precedente versione Rev 0, con particolare riferimento alla frequenza di campionamento

In particolare, i dati acquisiti consentono di escludere che eventuali effetti legati alla presenza ed all’esercizio del Terminale possano dipendere dalla stagione ossia che possano essere ridotti o amplificati a seconda del periodo stagionale. Tale risultato permette di affermare che il monitoraggio su base stagionale non aggiunge informazioni utili alla valutazione degli eventuali effetti cronici riconducibili alla presenza del Terminale e delle sue attività.

Inoltre, la fase di Bianco è stata condotta unicamente nella stagione estiva e, dunque, solo con essa sono possibili confronti significativi tra prima e dopo l’arrivo del Terminale, per valutare se e come siano avvenuti dei cambiamenti nell’area circostante sul lungo periodo. Tutto ciò premesso, si ritiene adeguato ed esaustivo un piano di monitoraggio su base annuale. Le indagini saranno replicate anche un anno dopo la dismissione del Terminale.

L’unica eccezione è rappresentata dal popolamento planctonico che, nel periodo estivo, non raggiunge la massima complessità strutturale, fatto che accade nel periodo tardo invernale/primaverile.

Per questa componente, pertanto, il campionamento verrà effettuato anche nella stagione fredda per poter osservare il maggior numero di specie possibile.

Parallelamente, verranno raccolti i dati di colonna d'acqua (CTD, nutrienti) necessari per l'interpretazione del comportamento dei popolamenti planctonici.

Per quanto riguarda le singole attività si vedano le successive tabelle 2.1, 2.2 e 2.3.

Analogamente al Piano Rev.0 rimasto sostanzialmente inalterato riguardo alle componenti indagate, sono stati presi in considerazione i seguenti comparti: colonna d'acqua, sedimenti e biota.

Il Piano Rev1 conserva le indagini finalizzate alla valutazione del rumore subacqueo e delle sue interferenze con i cetacei. Per quanto riguarda il rumore subacqueo si rimanda all'Allegato 1 in quanto lo stesso ha subito approfondimenti in merito alle metodologie di monitoraggio.

Il Piano Rev. 1 (analogamente al precedente Piano Rev.0) prevede anche di replicare l'indagine batimorfologica dopo 10 anni di esercizio e dopo un anno dal termine delle attività del Terminale.

Per quanto concerne metodologia e strumentazione si rimanda all'allegato 3.

Tabella 2.1: Elenco delle indagini suddivise per comparto ambientale ed indagini generali.

Colonna d'acqua	Caratteristiche chimico-fisiche
	Profili idrologici
	Plancton (fitoplancton, zooplancton)
	Saggi ecotossicologici
Sedimenti	Caratteristiche chimico-fisiche
	Saggi ecotossicologici
Biota	Macrozoobenthos
	Meiozoobenthos
	Bioaccumulo (Mitili)
	Biomarkers (Mitili)
	Fauna ittica Bentonectonica
	Cetacei e tartarughe marine
Indagini generali	Misura del rumore
	Bioacustica
	Batimetria – Morfologia (cadenza decennale)

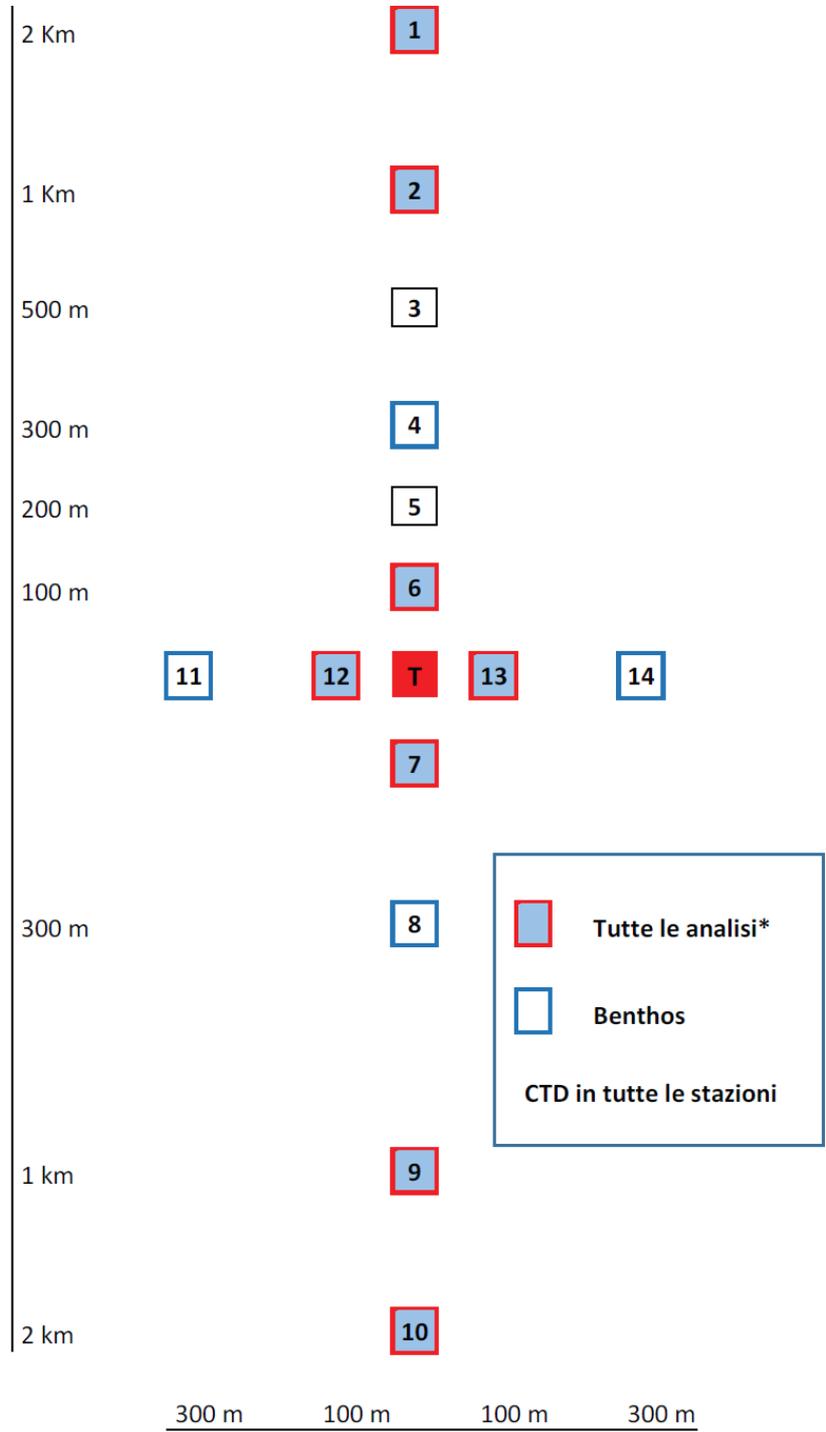
Tabella 2.2: Dettaglio delle indagini relative alla colonna d'acqua ed ai sedimenti. Le indagini hanno cadenza annuale nella fase di esercizio (periodo estivo), tranne se diversamente specificato con asterisco⁽¹⁾.

	Fasi di indagine	Piano Rev.1 di Monitoraggio		
		Analisi	Esercizio	Post-esercizio (1 anno)
Colonna d'acqua	Caratteristiche chimico-fisiche	Microbiologia	1 quota (0,5 m)	1 quota (0,5 m)
		solidi sospesi ⁽¹⁾ sostanza organica particellata ⁽¹⁾ , clorofilla <i>a</i> ⁽¹⁾ , nutrienti ⁽¹⁾ , d. pigmentaria ⁽¹⁾ idrocarburi totali, tensioattivi cloroderivati,	4 quote (0,5m, 12,5m, 50m, > 50m) 4 stazioni + 4 controlli	4 quote (0,5m, 12,5m, 50m, > 50m) 4 stazioni + 4 controlli
		temperatura, conducibilità, pH, fluorescenza della clorofilla <i>a</i> , torbidità, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione	tutte le stazioni	tutte le stazioni
	Profili idrologici ⁽¹⁾	irradianza, irradianza spettrale	2 stazioni + 2 controlli	2 stazioni + 2 controlli
		Fitoplancton ⁽¹⁾	Analisi quali quantitativa	4 quote (0,5m, 12,5m, 50m, >50m) campioni + 1 quota prelievi con retino (da -50m alla superficie)
	4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)			4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)
	Oloplancton ⁽¹⁾	Biomassa plancton, biodiversità popolamento a copepodi	2 quote prelievi con retino (da - 50m alla superficie, dal fondo a - 50m) 1 quota (-0,5m) per campionamento orizzontale (15 minuti) 4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)	2 quote prelievi con retino (da -50m alla superficie, dal fondo a -50m) 1 quota (-0,5m) per campionamento orizzontale (15 minuti) 4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)
Meroplancton ⁽¹⁾	Analisi quali-quantitativa del popolamento meroplanctonico	2 quote prelievi con retino e replica (da -50 m alla superficie, dal fondo a -50 m) 1 quota (-0,5m) per campionamento orizzontale (15 minuti) e replica 4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)	2 quote prelievi con retino e replica (da -50 m alla superficie, dal fondo a -50 m) 1 quota (-0,5m) per campionamento orizzontale (15 minuti) e replica 4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)	
Ittioplancton ⁽¹⁾	Analisi quali-quantitativa del popolamento ittioplanctonico	2 quote prelievi con retino e replica (da -50 m alla superficie, dal fondo a -50 m) 1 quota (-0,5m) per campionamento orizzontale (15 minuti) e replica	2 quote prelievi con retino e replica (da -50 m alla superficie, dal fondo a -50 m) 1 quota (-0,5m) per campionamento orizzontale (15 minuti) e replica	

	Fasi di indagine	Piano Rev.1 di Monitoraggio		
		Analisi	Esercizio	Post-esercizio (1 anno)
			4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)	4 stazioni + 4 controlli (selezionate tra stazioni analisi idrologiche)
	Saggi ecotossicologici	<i>V. fischeri</i> <i>P. tricornutum</i> <i>C. gigas</i> <i>A. tonsa</i>	3 quote 4 stazioni + 4 controlli	3 quote 4 stazioni + 4 controlli
Sedimenti	Caratteristiche chimico-fisiche-microbiologiche	Granulometria Metalli IPA P. cloroderivati C. organostannici TOC Idrocarburi totali Microbiologia	4 stazioni (a 100 m dal terminale) + 4 controlli	4 stazioni (a 100 m dal terminale) + 4 controlli
	Saggi ecotossicologici	<i>V. fischeri</i> <i>C. orientale</i> <i>C. gigas</i>	4 stazioni (a 100 m dal terminale) + 4 controlli	1 campagna 4 stazioni (a 100 m dal terminale) + 4 controlli

⁽¹⁾ Da effettuarsi anche durante la stagione fredda (periodo tardo invernale/primaverile) sia durante la fase di esercizio che post esercizio.

Figura 2.1: Schema riassuntivo delle attività di campionamento da svolgersi nelle 14 stazioni (MG1-MG14).





OLT OFFSHORE LNG TOSCANA
PROJECT: Piano di monitoraggio dell'ambiente marino
Revisione 1



T = Terminale; n = MGn;

*Quadretto blu bordato rosso: tutte le analisi tranne irradianza spettrale, prevista solo in MG6, MG7, MG1, MG10 (si veda tabella)

Indagine	Stazioni di campionamento*	Note: differenze tra il Piano Rev 0 ed il Piano Rev 1
Colonna d'acqua	Caratteristiche fisico-chimiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10 MG5 e MG3, sostituite da MG1, MG2
	Irradianza spettrale	MG6, MG7, MG1, MG10 Ridotte (eliminate MG3, MG5, MG9, MG12, MG13)
	Profili idrologici	MG1-MG14 Nessun cambiamento
	Plancton	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10 Aggiunte MG 9, MG1, MG2
	Saggi ecotossicologici	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10 MG5 e MG3, sostituite da MG1, MG2
Biota	Benthos	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10; MG4, MG8, MG11, MG14 Nessuna variazione
Sedimenti	Analisi fisiche e chimiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10 Aggiunte MG1, MG2
	Analisi ecotossicologiche	MG6, MG7, MG12, MG13, MG1, MG2, MG9, MG10 Aggiunte MG1, MG2

*le stazioni MG1, MG2, MG9 e MG10 rappresentano i controlli.

Tabella 2.3: Dettaglio delle indagini relative al comparto biotico e delle indagini generali. Le indagini hanno cadenza annuale nella fase di esercizio salvo per le indagini generali del Rumore e batimetria- Morfologia come specificato in tabella.

	Fasi di indagine	Piano Rev.1 di Monitoraggio		
		Analisi	Esercizio	Post-esercizio (1 anno)
Biota	Macrozoobenthos	Analisi quali-quantitativa del popolamento analisi tassonomica, matrici di abbondanza, elaborazione dei dati	12 stazioni di cui 4 controlli (4 repliche)	12 stazioni di cui 4 controlli (4 repliche)
	Meiozoobenthos	Analisi quali-quantitativa del popolamento analisi tassonomica, matrici di abbondanza, elaborazione dei dati	12 stazioni di cui 4 controlli (4 repliche)	2 stazioni di cui 4 controlli (4 repliche)
	Bioaccumulo	Metalli ed elementi in tracce, Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), Parametri cloroderivati, Composti organostannici, Idrocarburi totali, Microbiologia	4 stazioni + 1 controllo	-
	Biomarkers	Alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomale, Comet Test, Istologia delle branchie	4 stazioni + 1 controllo	-
	Fauna ittica bentonectonica – Reti da Posta	Analisi quali-quantitativa del popolamento	Reti da posta 1 area in prossimità del terminale, 1 area di controllo fuori dalla zona di interdizione alla navigazione (8 siti in prossimità del terminale e 2 siti nell'area di controllo)	Reti da posta 1 area in prossimità del terminale, 1 controllo fuori dalla zona di interdizione alla navigazione (8 siti in prossimità del terminale e 2 siti nell'area di controllo)
	Fauna ittica bentonectonica – Reti a traino di fondo	Analisi quali-quantitativa del popolamento	Reti a traino di fondo (4 cale in prossimità del terminale, 2 cale nell'area di controllo) fuori dalla zona di interdizione alla navigazione	Reti a traino di fondo (4 cale in prossimità del terminale, 2 cale nell'area di controllo) fuori dalla zona di interdizione alla navigazione
	Cetacei e tartarughe marine	Verifica visiva della presenza/passaggio di cetacei ad una distanza 1, 3, 6 miglia	Verifica visiva	Verifica visiva
Indagini generali	Bioacustica	Verifica della presenza di cetacei tramite idrofoni lungo transetti lineari ad angolo fisso di 30° con costante visual/ascolto, all'interno sempre di un'area di circa 20nm ² . Tali transetti avranno direzione variabile.	Verifica acustica della presenza di cetacei	Verifica acustica della presenza di cetacei
	Misura del Rumore	Misura del rumore in acqua alla distanza di 100 m, 1 km, 10 km	Rilievi <i>Stand alone:</i> da ripetere ogni 3 anni, due volte l'anno (estate ed inverno) <i>Con allibi:</i> da ripetere due volte l'anno per 4 anni e successivamente, due volte l'anno ogni 3 anni, in	-



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA
PROJECT: Piano di monitoraggio dell'ambiente marino
Revisione 1



Fasi di indagine	Piano Rev.1 di Monitoraggio		
	Analisi	Esercizio	Post-esercizio (1 anno)
		presenza di metaniere (grandi e piccole). Si veda Allegato 1	
Batimetria- Morfologia	Rilievi tramite side scan sonar a multibeam	Rilievo da svolgersi dopo 10 anni di attività del terminale	Rilievo
Correntometria	Rilievi tramite Profilatore Acustico (ADCP) e sonda multiparametrica CTD	Rilievo annuale (almeno 3 rilievi/anno)	-

2.2 Colonna d'acqua

Nonostante la colonna d'acqua sia un comparto poco conservativo, essa riveste una notevole importanza nei programmi di monitoraggio ambientali in quanto può veicolare i contaminanti, anche attraverso il particolato in sospensione. Risulta fondamentale investigare tale matrice, soprattutto in presenza di scarichi a mare, poiché i processi che subiscono gli effluenti sversati dipendono anche dalle caratteristiche fisiche e chimiche del corpo ricevente.

Nel monitoraggio in **Fase di esercizio** del rigassificatore, così come previsto dalle prescrizioni autorizzative, viene considerato l'effetto che avranno gli scarichi in mare, tra cui lo scarico delle acque prodotte nel processo di rigassificazione. Il piano di campionamento prevede di indagare stazioni vicine all'FSRU e stazioni posizionate ad una distanza dal Terminale tale da non essere influenzate dagli scarichi.

Lo schema riassuntivo delle indagini relative alla colonna d'acqua è riportato nella tabella 2.2 e nella Figura 2.1.

2.2.1 Misure idrologiche e prelievi di campioni di acqua

2.2.1.1 Profili idrologici e misure di irradianza spettrale e PAR

I profili idrologici saranno effettuati mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica che acquisisce dati in continuo lungo la colonna d'acqua, man mano che viene calata dalla superficie verso il fondo. In particolare si prevede di misurare i seguenti parametri: *temperatura, conducibilità, pH, fluorescenza della clorofilla a, torbidità, ossigeno disciolto, potenziale di ossidoriduzione.*

Inoltre tramite spettroradiometro verrà misurata l'*irradianza spettrale* e contemporaneamente verranno effettuate misure di *irradianza PAR* (Photosynthetically Available Radiation).

I profili CTD verranno effettuati in corrispondenza di **14** stazioni, di cui **8** coincidenti con quelle di prelievo dei campioni di acqua per le analisi fisico-chimiche e lo studio del popolamento planctonico.

Le misure di irradianza e PAR verranno effettuate in corrispondenza di **4 stazioni di cui 2 di controllo.**

Queste indagini, necessarie per l'interpretazione del comportamento di popolamenti planctonici, saranno effettuate sia nel periodo caldo (estate) sia in quello freddo (tardo inverno/primavera).

2.2.1.2 Analisi fisico-chimiche e biologiche

Si prevede il prelievo di campioni di acqua, a quattro profondità (0,5 m, 12,5 m, 50 m, 70m), attraverso l'impiego di bottiglie Niskin, per le analisi di *solidi sospesi, sostanza organica particellata, clorofilla a, nutrienti, diversità pigmentaria, idrocarburi totali, tensioattivi, composti Cloroderivati* quali *Alometani, Acidi Aloacetici, Aloacetoni-trili e Alofenoli* (l'elenco degli analiti è riportato in Allegato 2).

L'*analisi microbiologia (coliformi totali e fecali e streptococchi fecali)*, sarà limitata al livello superficiale).

Le indagini saranno eseguite su un totale di 8 stazioni: 4 stazioni saranno ubicate a 100 m

dal Terminale nelle quattro direzioni cardinali.

Le analisi di *solidi sospesi, sostanza organica particellata, clorofilla a, nutrienti e diversità pigmentaria* necessarie per l'interpretazione del comportamento di popolamenti planctonici, saranno effettuate sia nel periodo caldo (estate) sia in quello freddo (tardo inverno/primavera).

2.2.2 Indagini sul fitoplancton e zooplancton

La comunità planctonica può fornire risposte non immediate, ma gradualmente nel tempo, consentendo di valutare le conseguenze a lungo termine sui livelli superiori della rete trofica pelagica del bacino interessato.

Le acque prelevate dal Terminale per il processo di rigassificazione e per le attività connesse, sono sottoposte a clorazione e subiscono variazioni di temperatura e di pressione nel percorso all'interno dell'impianto con la conseguente eliminazione degli organismi che vi transitano.

Verranno, pertanto, valutati sia a breve sia a lungo termine gli eventuali effetti sulla comunità planctonica, in termini di diversità, funzionalità produttiva e riproduttiva connessi alla emissione di acqua in mare che, dopo il processo di vaporizzazione del gas, contiene cloro residuo seppure con una concentrazione sensibilmente inferiore ai limiti normativi.

Eventuali effetti potrebbero anche essere connessi con l'immissione in mare di acqua più fredda che in relazione alla profondità di scarico e alla circolazione locale prevalente, può influire sulle condizioni di mescolamento, con un eventuale scambio tra masse d'acqua diversamente ricche dal punto di vista trofico. Tale mescolamento potrebbe incidere sulla componente planctonica in termini di produttività, di biomassa disponibile e di biodiversità.

2.2.2.1 Fitoplancton

Per lo studio dei popolamenti nano- e microfitoplanctonici verranno effettuati:

- ✓ **prelievi**, tramite l'impiego di **bottiglie Niskin**, alle quote 0,5 m, 12,5 m, 50 m, 70 m per la raccolta dei campioni necessari alle analisi della comunità fitoplanctonica (densità cellulare, composizione tassonomica);
- ✓ **pescate** tramite **retini** da -50 m alla superficie per la valutazione della diversità delle comunità del micro fitoplancton.

Le misure e le analisi eseguite verranno utilizzate per valutare lo stato di abbondanza della biomassa fitoplanctonica e della diversità dei popolamenti (valutazione della ricchezza specifica e indici di diversità) e lo stato trofico.

I prelievi saranno condotti su un numero di **8 stazioni** (di cui 4 controlli), selezionate tra le stazioni di campionamento individuate per le analisi fisico-chimiche sulla colonna d'acqua. **4 stazioni** saranno ubicate a 100 m dal Terminale nelle quattro direzioni cardinali.

Il campionamento sarà effettuato sia nel periodo caldo (estate) sia in quello freddo (tardo inverno/primavera) ossia quando il popolamento raggiunge il massimo livello strutturale.

2.2.2.2 Zooplancton

In base al ciclo vitale, gli organismi zooplanctonici vengono divisi in due grandi categorie: l'oloplancton e il meroplancton.

Per oloplancton si intende l'insieme di organismi che trascorrono l'intero ciclo vitale nel comparto pelagico.

Gli organismi meroplanctonici, invece, vivono solo una parte della loro vita allo stadio planctonico, preceduto o sostituito in forma adulta da quello bentonico o nectonico.

2.2.2.2.1 *Analisi dell'oloplancton*

L'oloplancton rappresenta la maggior parte dello zooplancton marino ed in particolare, è dominato dai copepodi, classe di crostacei, che possono costituire fino al 90% dell'intero popolamento zooplanctonico. La maggior parte dei copepodi sono erbivori filtratori che si

nutrono di alghe unicellulari (fitoplancton). Essi costituiscono l'anello di congiunzione tra i produttori primari (fitoplancton) ed i carnivori poiché sono attivamente predati da larve di specie ittiche e da piccoli carnivori pelagici (per esempio le sardine). Pertanto, data l'importanza dei copepodi nel comparto trofico marino, è essenziale monitorare l'evoluzione della loro diversità durante la fase di esercizio del Terminale FSRU. Ferme restando le motivazioni riportate per il fitoplancton, altrettanto valide per lo zooplancton, va aggiunto che lo studio dell'impatto dell'impianto sul comparto animale del plancton può fornire indicazioni utili su eventuali variazioni della produttività ittica dell'area in oggetto.

Si prevede quindi lo studio della comunità a copepodi, il principale rappresentante dell'oloplancton in termini di diversità (numero ed abbondanza con livello di riconoscimento fino a ordine o famiglia o genere o specie).

Si prevedono

- **Campionamenti verticali**, mediante retino con maglia da 200 μm , **dal fondo a -50 m e da -50 m alla superficie** (- 1 m).
- **Campionamenti orizzontali** (a - 0,5 m, durata traino 15 minuti) sull'area interessata, mediante retino da 200 μm .

I campioni verranno fissati in Lugol ed analizzati allo stereo microscopio per l'analisi della diversità planctonica. Parte dei campioni verrà utilizzata per la stima della biomassa.

I prelievi saranno condotti su un numero totale di **8 stazioni (di cui 4 controlli)**, selezionate tra le stazioni di campionamento individuate per le analisi fisico-chimiche sulla colonna d'acqua. 4 stazioni saranno ubicate a 100 m dal terminale nelle quattro direzioni cardinali.

Il campionamento sarà effettuato sia nel periodo caldo (estate) sia in quello freddo (tardo inverno/primavera) ossia quando il popolamento raggiunge il massimo livello strutturale.

2.2.2.2.2 *Analisi del meroplancton e ittioplancton*

In generale, negli ambienti marini costieri le interazioni tra il sistema pelagico e quello bentonico sono molto forti e costituiscono uno dei fattori che determinano la struttura e la produttività di questi ecosistemi. In particolare, le larve planctoniche di invertebrati

bentonici in fase adulta e di teleostei (ittioplancton) rappresentano la risorsa principale per la dispersione del benthos e per lo sviluppo del necton. Inoltre le larve planctoniche possono indicare, grazie alla loro presenza quali-quantitativa, lo stato di salute delle comunità di provenienza delle quali, appunto, costituiscono la prima fase di sviluppo. Lo studio, quindi, della biologia e dell'ecologia larvale è di fondamentale importanza per comprendere come le comunità bentoniche ed ittiche persistano e/o si evolvano nel tempo e nello spazio.

Tenendo presente la bassa percentuale di meroplanctonti presenti nel plancton, la loro scarsa dispersione o dispersione a patches, nonché la loro attiva possibilità di spostamento (sia autonoma sia grazie a correnti), si prevede, di valutarne la diversità, tramite:

- **Campionamenti verticali**, mediante retino, **dal fondo a -50 m e da -50 m alla superficie** (- 1 m) e replica;
- **Campionamenti orizzontali** (a – 0,5 m, durata traino 15 minuti) sull'area interessata, mediante retino e replica.

I prelievi saranno condotti su un numero totale di **8 stazioni (di cui 4 controlli)**, selezionate tra le stazioni di campionamento individuate per le analisi fisico-chimiche sulla colonna d'acqua. 4 stazioni saranno ubicate a 100 m dal Terminale nelle quattro direzioni cardinali. Il campionamento sarà effettuato sia nel periodo caldo (estate) sia in quello freddo (tardo inverno/primavera) ossia quando il popolamento raggiunge il massimo livello strutturale.

2.2.3 Saggi ecotossicologici

Il cloro immesso nell'acqua di mare può determinare la produzione di composti, cloroderivati, alogeno-derivati organici (essenzialmente bromurati), come i triometani (principalmente bromoformio), acidi aloacetici, aloacetoni nitrili ed alofenoli. Si tratta di composti che presentano una certa tossicità nei confronti degli organismi acquatici, soprattutto nei confronti del fito-zooplancton e dell'ittiofauna, in particolare sulle uova e le larve.

Si prevede di valutare la tossicità attraverso l'esecuzione di una batteria di saggi biologici su organismi appartenenti a differenti livelli della catena trofica:

- ✓ Batteri (*Vibrio fischeri*);
- ✓ Alghe unicellulari (*Phaeodactylum tricornutum*);
- ✓ Molluschi (*Crassostrea gigas*)
- ✓ Crostacei (*Acartia tonsa*)

Tali saggi permettono di fare una valutazione degli effetti causati dagli eventuali prodotti del cloro tenendo conto non solo dei singoli prodotti presenti, ma anche delle possibili interazioni con tutte le altre sostanze (organiche ed inorganiche) disciolte nell'acqua.

Si prevede il prelievo di campioni di acqua a **3 diverse profondità** (0,5m, 12,5m, 50m) in corrispondenza di **8 stazioni** (di cui 2 di controllo).

La valutazione ecotossicologica dei campioni di acqua verrà condotta secondo il seguente schema, utilizzando metodologie standardizzate ed approvate da enti ed agenzie nazionali (ISPRA) ed internazionali (EPA, ISO). Ove possibile, i dati verranno restituiti in termini di concentrazione effettiva al 20% o al 50% (EC20/EC50):

Specie	Endpoint
<i>Vibrio fischeri</i>	Inibizione bioluminescenza
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	Inibizione crescita
<i>Crassostrea gigas</i>	Embriotossicità
<i>Acartia tonsa</i>	Mortalità

2.3 Sedimenti

I sedimenti costituiscono un comparto altamente rappresentativo dello stato di contaminazione dell'ambiente marino e sono in grado di svolgere un'importante azione come veicolo di trasporto diretto di inquinanti e come "link" transitorio e/o definitivo degli stessi.

La contaminazione è spesso il risultato dell'affinità di alcuni inquinanti per il particolato e per la componente dei sedimenti a granulometria fine, come limo e argilla. Quando il sedimento viene rimescolato, la sua componente fine ed il particolato vengono rimessi in sospensione nella colonna d'acqua, le sostanze inquinanti, in precedenza adsorbite, rientrano

in “gioco” e possono così ridistribuirsi, a seconda delle condizioni chimiche e fisiche del mezzo. I livelli sedimentari più superficiali sono inoltre sede di un complesso sistema ecologico, quali le comunità bentoniche, fondamentali per caratterizzare le condizioni ambientali di aree costiere e di piattaforma.

Sul comparto sedimenti si prevede l'esecuzione di analisi fisico-chimiche, ed ecotossicologiche (saggi di tossicità).

Si veda la tabella 2.2 e Figura 2.1 per lo schema riassuntivo delle indagini proposte dal presente Piano Rev.1 sul comparto dei sedimenti, la cui trattazione dettagliata si rimanda ai successivi paragrafi.

2.3.1 Caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti

I parametri presi in considerazione per le analisi sono stati selezionati con riferimento alle normative nazionali (es. D.M. 56/2009) ed internazionali (es. 2000/60/CE, Decisione 2455/2001) per la tutela dell'ambiente acquatico ed in relazione alla possibile formazione di composti cloroderivati derivanti dalla immissione di ipoclorito di sodio nell'impianto.

La lista delle analisi chimico-fisiche e microbiologiche da eseguire sui sedimenti superficiali (livello 0-2 cm) è riportata nella tabella 2.4.

Tabella 2.4: Lista delle analisi chimico-fisiche-microbiologiche da eseguire sui sedimenti.

	Parametri	Analiti
Sedimenti – Analisi fisico-chimiche-microbiologiche	Granulometria	-
	Metalli ed elementi in tracce	<i>Alluminio, Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo totale, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco</i>
	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	<i>Naftalene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)antracene, Crisene, Benz(b)fluorantene, Benz(k)fluorantene, Benz(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene</i>
	Parametri Cloroderivati	<i>Alofenoli, Alometani, Aloacetici, Aloacetoniatri(*)</i>
	Composti Organostannici	<i>TBT (tributilstagno), DBT (dibutilstagno), MBT (monobutilstagno)</i>
	Carbonio organico totale (TOC)	-
	Idrocarburi totali	-
	Microbiologia	<i>Coliformi fecali, Coliformi totali, Streptococchi fecali</i>

(*) L'elenco completo è riportato in allegato.

Si prevede un totale di **8 stazioni (di cui 4 controlli)**. 4 stazioni saranno disposte nelle quattro direzioni cardinali a 100 m dal terminale, le restanti saranno prese ad una distanza tale da non essere influenzate dalle attività di rigassificazione.

Il prelievo del sedimento sarà effettuato mediante benna Van Veen o box corer; in ogni stazione sarà prelevato il livello superficiale (0-2 cm).

I campioni dovranno essere prelevati con una spatola di acciaio, al fine di evitare un'eventuale contaminazione, omogenizzati in opportuni contenitori di porcellana, o acciaio, e conservati in contenitori di plastica a una temperatura di +4°C, per le analisi granulometriche, e in contenitori di polietilene decontaminati a una temperatura di -20°, per le analisi chimiche, secondo quanto riportato in *A.M. Cicero & I. Di Girolamo (eds), Metodologie Analitiche di Riferimento. Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003)''*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM©ICRAM, Roma 2001.

2.3.2 Saggi ecotossicologici

L'utilizzo dei saggi biologici consente di individuare se le sostanze chimiche contenute nei sedimenti sono biodisponibili e se esse possono determinare effetti tossici sul biota.

Si prevede di valutare la tossicità attraverso l'esecuzione di saggi biologici su organismi appartenenti a differenti livelli della catena trofica.

- ✓ Batteri (*Vibrio fischeri*);
- ✓ Anfipodi (*Corophium orientale*);
- ✓ Molluschi (*Crassostrea gigas*).

Verranno condotti i test di tossicità con anfipodi (*Corophium orientale*), l'inibizione della bioluminescenza con i microorganismi (*Vibrio fischeri*), e il test di embriotossicità con gli molluschi (*Crassostrea gigas*).

Il test cronico con gli anfipodi di *C. orientale* a 28 giorni su sedimento tal quale è un metodo per la determinazione di tossicità cronica dei sedimenti marini o d'estuario contaminati, fanghi chimici, industriali o comunali, o altre sostanze solide che possono essere combinate



con i sedimenti marini o d'estuario, sostanze chimiche o composti inclusi nei sedimenti puliti (EPA/600/R-94/025; ISO 16712: 2005).

Il sistema Microtox® con il *Vibrio fischeri*, batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, è un test biologico di tossicità acuta basato sull'utilizzo della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché alla presenza di contaminanti l'emissione di luce diminuisce, la misura dell'eventuale inibizione della bioluminescenza, a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità acuta della sostanza o della matrice testata in rapporto al controllo.

Il test cronico di embriotossicità (inibizione dello sviluppo degli embrioni o uno sviluppo irregolare) verrà condotto con il Mollusco *Crassostrea gigas*.

Si prevede un totale di **8 stazioni (di cui 4 controlli)**. 4 stazioni saranno disposte nelle quattro direzioni cardinali a 100 m dal terminale, le restanti saranno prese ad una distanza tale da non essere influenzate dalle attività di rigassificazione.

2.4 Comunità bentoniche di fondo mobile

Il benthos rappresenta uno strumento idoneo per la valutazione di alterazioni ambientali essendo in grado di rispondere significativamente a cambiamenti di origine antropica. Tale capacità è connessa alle caratteristiche degli organismi che lo compongono; essi infatti hanno scarse capacità di movimento e per questo sono in grado di fornire risposte sito-specifiche e di riflettere le condizioni ambientali alle quali sono sottoposti.

Il monitoraggio delle comunità bentoniche nell'ambito del progetto assume un notevole rilievo in quanto lo scarico di acque clorate relativamente fredde o calde derivanti dal Terminale potrebbe determinare cambiamenti nella biomassa e composizione dei popolamenti zooplanctonici, con ripercussioni sulle caratteristiche compositive e strutturali delle comunità zoobentoniche prossime al Terminale. È noto, infatti, che molti organismi bentonici hanno cicli di sviluppo tramite larve planctoniche che solo dopo aver trascorso un periodo (variabile da specie a specie) nella colonna d'acqua si insediano sui sedimenti del fondo dando origine alla fase bentonica.

Lo schema riassuntivo delle indagini previste per lo studio delle comunità bentoniche è riportato in tabella 2.3, mentre per la trattazione dettagliata relativa al macrozoobenthos e al meiozoobenthos si rimanda ai successivi paragrafi.

2.4.1 Il Macrozoobenthos

Per macrofauna si intendono gli organismi con dimensioni maggiori di 0,5 mm o comunque in grado di essere trattenuti da setacci di tali dimensioni. L'uso del macrozoobenthos negli studi di impatto ambientale offre il vantaggio che la letteratura annovera una buona quantità di informazioni sulle caratteristiche ecologiche delle specie che lo costituiscono e sulle loro risposte ai cambiamenti ambientali. Le specie macrozoobentoniche, inoltre, sono generalmente dotate di una vita media relativamente lunga e pertanto rappresentano una sorta di memoria biologica delle variazioni che avvengono nell'ambiente circostante.

Per l'analisi della comunità macrozoobentonica si prevede il prelievo di campioni in **12 stazioni**. Il campionamento verrà effettuato lungo un transetto passante per il punto di rotazione del Terminale ed orientato secondo la direzione principale della corrente e lungo un transetto ad esso ortogonale. Le **12 stazioni** totali (di cui 4 controlli) saranno disposte, sui due transetti, a distanze progressive dal terminale. Almeno 4 stazioni delle 12 totali saranno ubicate entro una distanza massima dal terminale di 200 m.

In ogni stazione saranno prelevate 4 repliche tramite benna Van Veen (0,1m²) per un totale di 48 campioni.

Il sedimento sarà setacciato su maglia 0,5 mm, quindi fissato e conservato in formalina tamponata all'8% in attesa del sorting.

L'identificazione tassonomica verrà condotta al più basso livello possibile. Gli organismi verranno contati per effettuare stime di abbondanza. I dati così ottenuti saranno elaborati tramite analisi multivariata e univariata. Le caratteristiche strutturali del popolamento saranno definite tramite il calcolo dei seguenti parametri: numero di specie, numero di individui, diversità specifica, ricchezza specifica, equitabilità.

2.4.2 Il Meiobenthos

Per meiofauna s'intende l'insieme degli invertebrati microscopici, non sedentari, che vivono sul fondo dei corpi d'acqua o che al fondo di questi sono legati da esigenze alimentari. Operativamente, fanno parte della meiofauna gli organismi bentonici, specie fitili incluse, che nel processo di setacciatura passano attraverso maglie di 1-0,5 mm e vengono invece trattenuti su maglie di 0,063-0,045 mm. Gli organismi che la compongono hanno cicli vitali molto brevi, e quindi le comunità hanno rapido ricambio con conseguenti elevati valori di produzione secondaria.

Studi recenti hanno messo in evidenza come la meiofauna occupi un posto di rilievo all'interno delle reti alimentari sia come risorsa alimentare per i predatori (stadi larvali e giovanili di pesci e specie macrofaunali) sia perché nutrendosi principalmente di microalghe e batteri, influenza i processi di redistribuzione e mineralizzazione della sostanza organica ai livelli trofici più bassi. I predatori meiobentonici, inoltre, nutrendosi anche di forme larvali e giovanili della macrofauna possono influenzare la composizione e la struttura della comunità macrobentonica adulta.

Inoltre, è stato appurato che le comunità animali del meiobenthos reagiscano molto rapidamente a diversi tipi di perturbazioni dell'ambiente tra cui, ad esempio, quelli derivanti dall'introduzione di agenti inquinanti, con conseguenti ripercussioni negative che si riflettono sullo stato dell'intero ecosistema.

È proprio partendo da queste due ultime considerazioni, ruolo nelle catene alimentari e risposta agli stress ambientali, che si è pensato negli ultimi anni all'utilizzo applicativo della meiofauna, particolarmente nel settore del monitoraggio ambientale, come indicatore biologico della qualità degli ambienti acquatici.

Per l'analisi della comunità meiozoobentonica si prevede il prelievo di campioni in **12 stazioni** (di cui 4 controlli), secondo il medesimo schema del macrozoobenthos; almeno 4 stazioni saranno ubicate entro una distanza massima dal Terminale di 200 m.

In ogni stazione saranno prelevate, con box-corer o con benna Van Veen, 4 repliche per un totale di 48 campioni; da ciascuno dei 48 campioni saranno ottenute due carote inserendo



manualmente nel sedimento un carotatore cilindrico di Plexiglas di 2,75 cm di diametro al fine di ottenere carote di sedimento di 3 cm di altezza e anche una parte (circa 1-2 cm) della colonna d'acqua sovrastante il sedimento stesso. Subito dopo il prelievo le carote di sedimento verranno trasferite in appositi barattoli, e la fauna sarà dapprima narcotizzata con una soluzione di Cloruro di Magnesio ($MgCl_2$) al 7% e successivamente fissata e conservata in una soluzione di formalina al 10% neutralizzata con borax. In laboratorio a ciascun barattolo verrà aggiunto del Rosa Bengala, che consente una più rapida individuazione degli animali durante la successiva fase di conteggio e smistamento.

La separazione degli animali dal sedimento, o estrazione, sarà effettuata secondo il metodo della centrifugazione in gradiente di Ludox AM-30, preceduto dalla vagliatura di ciascun campione mediante due setacci con maglie rispettivamente di 0,5 mm e 0,063 mm. Dopo l'estrazione, gli organismi di ciascun campione saranno trasferiti in capsule dal fondo retinato, e successivamente, identificati per gruppo tassonomico di appartenenza (ordine-phylum) e contati.

I dati faunistici raccolti saranno utilizzati per creare una matrice totale delle abbondanze da utilizzarsi come base nelle successive analisi statistiche univariate e multivariate. Per le analisi univariate saranno calcolati i principali indici ecologici: numero di taxa rinvenuti (S), abbondanza (N), diversità di Shannon-Wiener (H'), equitabilità di Pielou (J'), mentre per le analisi multivariate, le matrici di similarità di Bray-Curtis, derivate dai dati di abbondanza, verranno sottoposte a Cluster Analysis e MultiDimensionalScaling (MDS).

2.5 Biota - *Mytilus galloprovincialis*

Si prevedono analisi di bioaccumulo e lo studio dei biomarkers su organismi traslocati presso il Terminale di rigassificazione.

Constatata l'assenza di mitili insediati naturalmente sulle strutture del Terminale, il monitoraggio è stato avviato, dal terzo anno di monitoraggio, con la modalità definita "attiva": i mitili vengono prelevati dall'impianto di acquicoltura presente nell'area marina

antistante Isola di Palmaria (Golfo di La Spezia) poco o affatto influenzata da fonti di impatto. I mitili vengono quindi collocati in 4 stazioni di monitoraggio (A, B, C e D) scelti lungo il Terminale e in una stazione di controllo presso l'Isola di Gorgona (Stazione E). Durante questa fase di esposizione i mitili vengono alloggiati in reticelle di nylon e collocati all'interno di una gabbia di acciaio inox alla profondità di 12 metri. Dopo circa 4 settimane i mitili vengono prelevati e sottoposti ad analisi. Inoltre, all'atto della traslocazione, un campione di mitili appena prelevato dall'impianto di acquicoltura (denominato Tempo 0) viene sottoposto alle medesime indagini.

Il biomonitoraggio, utilizzando specie indicatrici della qualità dell'ecosistema marino, consente di valutare il grado di contaminazione dell'area con una misura "integrata nel tempo" e non riferibile, quindi, al solo momento in cui è stato effettuato il prelievo; di evidenziare facilmente gradienti di inquinamento sia in senso spaziale sia temporale, nonché di effettuare confronti tra aree geograficamente distanti; infine, di stimare la "biodisponibilità" delle sostanze tossiche presenti nell'ambiente marino e valutare il rischio legato al trasferimento di questi elementi attraverso le catene alimentari.

L'impiego di *Mytilus galloprovincialis* come organismo bioindicatore per la valutazione della qualità degli ambienti costieri è, da decenni, praticato negli Stati Uniti ed in numerosi Paesi Europei, compresa l'Italia.

Si prevedono quindi **quattro siti di trapianto** dislocati lungo la murata in direzione prua-poppa (port side) e un **bianco spaziale (controllo)** posizionato nell'Isola Gorgona.

I mitili trapiantati verranno utilizzati per analisi di bioaccumulo (paragrafo 4.5.1) e per lo studio dei biomarkers (paragrafo 4.5.2).

Nessuna campagna è prevista per la fase post esercizio.

2.5.1 Bioaccumulo

Verranno ricercati i seguenti contaminanti (tabelle 4.5): metalli in tracce, idrocarburi totali, IPA, composti organostannici e composti cloroderivati (elenco completo in appendice). Sono inoltre previste analisi microbiologiche, al fine di monitorare anche eventuali alterazioni riconducibili allo scarico di reflui civili.

Tabella 2.5: Lista delle analisi chimiche e microbiologiche da eseguire sui campioni di *Mytilus galloprovincialis*.

	Parametri	Analiti
Mytilus galloprovincialis – Analisi chimiche e microbiologiche	Metalli ed elementi in tracce	<i>Arsenico, Bario, Cadmio, Cromo totale, Ferro, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Zinco</i>
	Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	<i>Naftalene, Acenafte, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)antracene, Crisene, Benz(b)fluorantene, Benz(k)fluorantene, Benz(a)pirene, Dibenz(o,a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indeno(1,2,3,c,d)pirene</i>
	Parametri cloroderivati	<i>Alofenoli, Alometani, Aloacetici, Aloacetoni-trili (*)</i>
	Composti Organostannici	<i>TBT (tributilstagno), DBT (dibutilstagno), MBT (monobutilstagno)</i>
	Idrocarburi totali	-
	Microbiologia	<i>Coliformi fecali, Coliformi totali, Streptococchi fecali</i>

(*) Elenco completo in allegato 2

Nello specifico per la stima del bioaccumulo in ciascun sito verrà trapiantato un numero di individui compresi tra 200 e 300, di taglia approssimativamente tra il 70 e il 90% delle dimensioni massime della popolazione da cui sono raccolti; il periodo di esposizione, che garantisce il raggiungimento delle condizioni di equilibrio, sarà di circa 3/4 settimane al termine del quale gli organismi verranno recuperati, immediatamente dissezionati (almeno 30 organismi, per tipologia di analisi, suddivisi in 3 pool ciascuno costituito dalle intere parti molli di 6-10 animali e conservati a una temperatura di -20° fino al momento dell'analisi. Le analisi verranno condotte con metodiche ufficiali nazionali e/o internazionali, laddove esistenti, eventualmente riadattate e validate per la matrice in oggetto.

2.5.2 Biomarkers

Un aspetto di fondamentale importanza nell'utilizzo degli organismi marini come indicatori della contaminazione chimica, deriva dalla possibilità di integrare i risultati del bioaccumulo con la valutazione dei primi effetti biologici (biomarkers) che sostanze xenobiotiche inducono a livello molecolare e cellulare. L'utilità di questo approccio è ampiamente riconosciuta per stimare l'impatto causato da attività antropiche; infatti, la presenza contemporanea e l'interazione tra classi diverse di agenti chimici può aumentarne il potenziale tossicologico ed anche l'effetto di fattori ambientali o biologici e rendere difficoltoso riassumere i dati chimici in una stima complessiva del rischio biologico.

Nell'ambito del programma di monitoraggio, le analisi dei biomarkers verranno effettuate parallelamente alle indagini di bioaccumulo riportate nel paragrafo precedente (vedi par. 2.5.1).

Si prevede l'utilizzo di una batteria di biomarkers di effetto, in grado di valutare lo stato di salute dell'organismo sentinella, non finalizzati ad evidenziare la presenza di una specifica classe di sostanze ma sensibili all'instaurarsi di condizioni di stress ossidativo quale potrebbe derivare dalla presenza residua di sostanze fortemente ossidanti nell'ambiente circostante il terminale (in particolare l'ipoclorito di sodio) e/o da altre forme di disturbo associate all'attività complessiva dell'FSRU.

Si eseguiranno le seguenti indagini:

- ✓ Valutazione dell'integrità delle membrane lisosomiali mediate il test di ritenzione del colorante vitale rosso neutro (Neutral Red Retention Time – NRRT) su emociti circolanti. Per ogni stazione verranno analizzate 7 repliche, ciascuna composta da un pool di 6-10 individui
- ✓ Valutazione del danno genotossico mediante il Comet assay su cellule branchiali e/o emolinfatiche. Per ogni stazione verranno analizzate 7 repliche, ciascuna composta da un pool di 6-10 individui
- ✓ Valutazione istologica dell'integrità dell'apparato branchiale. Per ogni stazione verranno analizzati n.7 individui.

Nello specifico per lo studio dei biomarkers, in ciascun sito verrà trapiantato un numero di individui compreso tra 200 e 300, di taglia approssimativamente tra il 70% e il 90% delle dimensioni massime della popolazione da cui sono raccolti; il periodo di esposizione, che garantisce il raggiungimento delle condizioni di equilibrio, sarà di circa 4 settimane al termine del quale gli organismi verranno recuperati, trasportati in laboratorio avvolti in un panno umido e mantenuti a temperatura di 15 ° C.

L'**alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale** verrà valutata mediante la misura del tempo di ritenzione del rosso neutro all'interno dei lisosomi secondo il protocollo descritto nel "*Manual on the Biomarkers Recommended for the Med-Pol Biomonitoring Programme*" messo a punto nell'ambito dell'UNEP-MAP (United Nations Environment Programme – Mediterranean Action Plan).

Il **Comet Test**, versione alcalina, verrà eseguito con le tecniche standard (Nigro et al., 2006; Frenzilli et al., 2008; Frenzilli et al., 2009).

Le indagini relative all'**istologia delle branchie** verranno condotte secondo le convenzionali tecniche istologiche.

2.6 Biota - Fauna ittica

Le conoscenze sulla fauna ittica e quelle sull'attività di pesca presente nel sito di studio rappresentano aspetti importanti da tenere in considerazione nella caratterizzazione e nel monitoraggio dell'area interessata. Il Terminale può determinare cambiamenti nell'attività di pesca esercitata nella zona sia sottraendo areali usualmente sfruttati dalle marinerie locali, sia comportando variazioni nella consistenza e tipologia delle risorse ittiche. Pertanto, si propone un'attività di monitoraggio continua nel tempo al fine di valutare l'evoluzione di eventuali variazioni a carico delle risorse ittiche e dell'attività di pesca imputabili alla presenza di tale infrastruttura.

Il Settore Risorse Rinnovabili del CIBM si occupa da oltre 20 anni di valutazione delle risorse ittiche (biologia, ecologia, dinamica di popolazione e stato di sfruttamento delle principali specie oggetto di pesca). Dal 2002 il CIBM è coordinatore della area geografica 9

(FAO-GFCM GSA9), che comprende i mari di Liguria, Toscana e Lazio per quanto riguarda le attività previste dal Programma Nazionale di Raccolta Dati Alieutici (Reg. CE 199/2008). Il CIBM partecipa, inoltre, ai gruppi di lavoro del Sotto-Gruppo Mediterraneo del Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) della Commissione Europea, della Società Italiana di Biologia Marina e del Ministero per le Risorse Agricole e della Commissione Consultiva per la Pesca della Regione Toscana.

Le ricerche condotte in questi anni hanno permesso al CIBM di allestire una consistente banca dati e di produrre numerose pubblicazioni scientifiche su distribuzione e abbondanza e stato di sfruttamento delle risorse ittiche, nonché sulle aree di nursery e di riproduzione delle specie più importanti nelle acque della Toscana. A queste vanno aggiunte le informazioni relative alla struttura delle flottiglie e all'attività di pesca presente nell'area (caratteristiche delle imbarcazioni, attrezzi utilizzati nel corso dell'anno, specie bersaglio, aree di pesca, ecc). Tutto ciò fa sì che il CIBM possa essere considerato l'interlocutore privilegiato per quanto riguarda le conoscenze su risorse ittiche e attività di pesca in Toscana. Lo studio prevede di analizzare fauna ittica bentonectonica tramite reti da posta e reti a traino di fondo.

Per lo schema riassuntivo delle indagini sulla fauna ittica si rimanda alla tabella 2.3 e per i dettagli ai paragrafi successivi.

2.6.1 Fauna ittica bentonectonica

La struttura dei popolamenti bentonectonici, sia in termini qualitativi che quantitativi, è strettamente legata alle caratteristiche del fondale, sia per quanto riguarda la composizione granulometrica, sia per quanto concerne la fauna macrobentonica presente, che costituisce un'importante fonte di risorse alimentari per molte specie ittiche. Pertanto, qualsiasi modifica che possa subire il substrato e la fauna associata, produrrà delle ripercussioni, dirette o indirette, anche sul popolamento ittico e sulle risorse sfruttabili dalla pesca. La presenza di strutture sommerse posate sul fondo come quelle previste nell'area del Terminale ha la caratteristica di attrarre e concentrare numerose specie ittiche che qui trovano condizioni trofiche favorevoli e protezione dai predatori.

La fauna ittica bentonectonica verrà indagata tramite campionamenti effettuati con:

- 1) **Reti da posta**, usualmente impiegate dalle marinerie artigianali toscane, saranno calate in due aree: 1 area in prossimità del terminale; 1 area di controllo fuori dalla zona di interdizione alla navigazione. **8 siti di indagine saranno scelti in prossimità del terminale** (entro l'area interdetta alla navigazione), orientati secondo i quattro punti cardinali e **2 siti nell'area di controllo** avente le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche. L'indagine sarà condotta utilizzando la stessa tipologia di campionamento.
- 2) **Reti a traino di fondo**. Saranno effettuate un **totale di 6 cale**: 4 cale in prossimità del terminale (entro l'area interdetta alla navigazione) e 2 cale di controllo fuori dalla zona di interdizione alla navigazione.

Per ciascuna pescata verrà caratterizzata la fauna ittica, sia in termini di densità sia di abbondanza e verranno rilevati parametri biologici sulle specie catturate.

I dati ottenuti, opportunamente analizzati, permetteranno di conoscere eventuali differenze nei popolamenti ittici presenti nei due siti e di valutarne l'evoluzione nel tempo.

2.7 Monitoraggio del rumore sottomarino e delle interferenze sul comportamento dei mammiferi marini e delle tartarughe marine

Si prevedono indagini per misurare le emissioni acustiche del Terminale e per valutare i potenziali effetti indotti dalle stesse sui mammiferi marini. Verrà inoltre monitorata la presenza/passaggio dei cetacei e delle tartarughe marine. Lo schema delle attività proposte dal presente Piano Rev.1 è riportato in tabella 2.3.

L'udito nei mammiferi marini è il senso principale su cui si basa la loro intera vita biologica e sociale. E' da ritenersi, come in parte avviene anche per i mammiferi terrestri (compreso l'uomo), che ogni suono nuovo e differente possa risultare di critica importanza. Ogni modificazione acustica può portare ragionevolmente ad un cambiamento che può riflettersi in una risposta fisiologica o comportamentale con possibili conseguenze sul piano della salute e della sopravvivenza degli animali.



Poco sappiamo in realtà sull'impatto che i suoni di origine antropica possono avere sullo stato di salute degli animali. Unico limite accettato è stabilito nei 180 dB di emissione (come riportato nel Final Environmental Impact Statement della US Navy) come livello sopra al quale è sicuramente possibile arrecare danni irreparabili ai cetacei in determinate situazioni limite.

Nelle acque toscane è stata individuata la presenza (studi del Centro CE.TU.S.) (Nuti et al, 2006), di aree di residenza, alimentazione e cura dei piccoli per il Tursiopo (*Tursiops truncatus*), mentre altri studi hanno individuato la presenza del più numeroso gruppo di tursiopi (oltre 100 individui) di fronte alle coste versiliesi, pisane e livornesi. Inoltre tra La Spezia e Piombino annualmente si osservano passaggi costieri di Balenottera comune (*Balaenoptera physalus*) presente nelle acque dell'Arcipelago Toscano insieme a Capodogli (*Physeter macrocephalus*), Grampi (*Grampus griseus*), Stenelle striate (*Stenella coeruleoalba*) e il raro Delfino comune (*Delphinus delphis*) (Nuti et al, 2009; Bedocchi et al, 2007).

Si prevedono indagini per misurare le emissioni acustiche del Terminale, per valutare i potenziali effetti indotti (diretti e indiretti) dalle stesse sui cetacei e per rilevare la presenza delle tartarughe marine.

4.7.1 Rumore sottomarino

Per il **monitoraggio delle emissioni acustiche** del Terminale nella **fase di esercizio** si rimanda all'Allegato 1. In particolare verranno svolte delle misure del Terminale **Stand-alone** e delle misure durante gli **allibi**.

Per il Monitoraggio *stand-alone* verrà effettuata una campagna in estate ed una in inverno. Le indagini saranno ripetute ogni 3 anni, svolgendo una campagna su 4 direzioni (Nord, Sud, Est, Ovest); in ciascuna direzione, 3 stazioni (100 m, 1000 m e 10000 m dal Terminale) ed in ciascuna stazione, due misure con idrofono sopra e sotto il termoclino ed una calata della sonda CTD fino alla misura più profonda.

L'area di indagine per la misura del rumore sottomarino è riportata in figura sottostante.

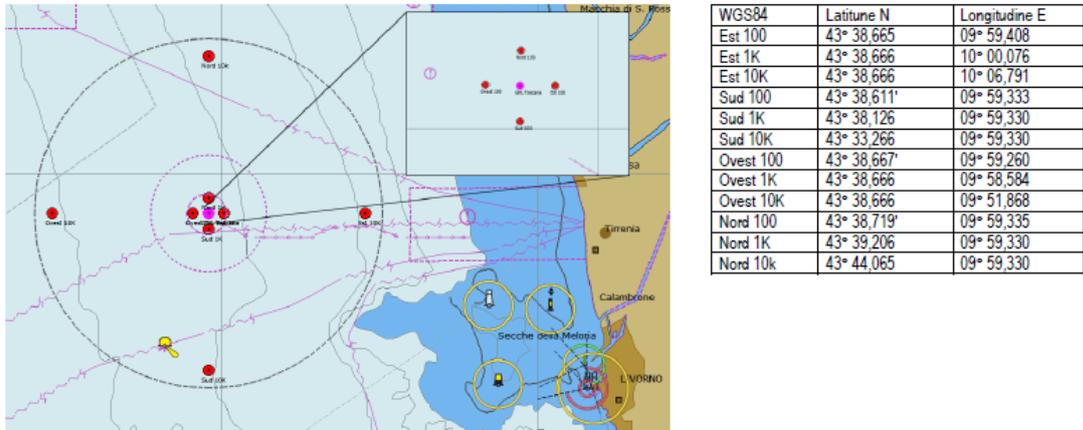


Figura 2.2. Area di monitoraggio del Rumore sottomarino.

Per il Monitoraggio durante gli allibi (Prescrizione n.4 del Provvedimento di Esclusione dalla VIA del 27 luglio 2020 prot. 229 per lo svolgimento dello SSLNG) saranno previste due campagne l'anno per i primi 4 anni e sempre due campagne l'anno ogni 3 anni successivamente, di 2 metaniere grandi e 2 metaniere small scale (compatibilmente con il programma degli allibi); per ciascuna categoria di nave, una campagna con il termoclino superficiale invernale ed una con quello estivo. Le misurazioni saranno effettuate a oltre le 4 miglia nautiche dal Terminale, tenendo conto della traiettoria d'avvicinamento della metaniera oggetto di indagine. Per maggiori dettagli si rimanda all'Allegato 1 al presente Piano.

4.7.2 Bioacustica ed avvistamenti cetacei

Per quanto riguarda lo studio **sui cetacei e sulle tartarughe marine** è previsto il monitoraggio visivo degli animali in transito e stazionari nelle acque adiacenti l'area del terminale, nonché il monitoraggio delle emissioni acustiche dei cetacei correlate.

L'attività finalizzata al controllo della distribuzione spaziale e temporale dei gruppi di cetacei verrà condotta attraverso l'impiego di idrofoni unitamente a tecniche di monitoraggio visivo e di analisi ecologica. Si ricorrerà anche alla tecnica della Foto-identificazione (ovvero la possibilità di riconoscere individualmente alcune specie di cetacei grazie a particolari marchi naturali presenti sul corpo), al fine di rilevare anche un'eventuale



frequentazione abituale dell'area, contestualmente alle informazioni acustiche ed ecologiche. Le attività verranno integrate con i dati raccolti dal centro CE.TU.S. riguardanti la presenza di 6 specie di cetacei nelle acque toscane dal 2003 a oggi. Saranno utilizzati i cataloghi di foto-identificazione così da fornire una chiave di lettura per comprendere possibili cambiamenti nel tempo riguardo ad aree di distribuzione, stime di abbondanza, alterazioni comportamentali o sociali, ecc. La normale attività annuale di ricerca del CE.TU.S. servirà ad ogni modo come aiuto nella comprensione di eventuali alterazioni rispetto ai normali trend, stime o informazioni raccolte precedentemente.

Oltre alla attività di rilevazione acustica dei cetacei sarà effettuato un monitoraggio visivo sulla presenza/passaggio di cetacei e tartarughe marine. Da quanto si conosce attualmente sono 5 le specie di tartarughe marine nel Mediterraneo di cui 3 specie considerate comuni e presenti nelle acque toscane: la Tartaruga marina comune (*Caretta caretta*), la Tartaruga verde (*Chelonia mydas*) e la Tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*) inoltre è possibile incontrare anche le altre due specie: la Tartaruga embricata (*Eretmochelys imbricata*) e la Tartaruga bastarda (*Lepidochelys kempii*). Questi animali risentono notevolmente dell'interazione con l'uomo, dell'inquinamento in ogni sua forma e necessitano di protezione, piani di conservazione e strumenti per conoscerne meglio la distribuzione e abbondanza.

Per l'attività di **monitoraggio acustico** gli operatori avranno a disposizione sistemi portatili (pc idonei all'attività, con hardware e software dedicati) unitamente a sistema idrofonico trainabile. Sarà utilizzato un idrofono analogico COLMAR GP1280 omnidirezionale ad ampio spettro. Per maggiori dettagli sulla strumentazione utilizzata, fare riferimento all'Allegato 3 al presente Piano.

Ogni campagna di monitoraggio prevederà dei transetti lineari ad angolo fisso di virata di 30°, con copertura dell'area che ricade all'interno del cerchio delle 6 nm (con centro il Terminale). Tali transetti per ogni campagna garantiranno sempre una copertura totale dell'area come meglio indicato in figura sottostante, con direzione che varierà per ogni

campagna (es. una volta direzione Nord-Sud, oppure Est-Ovest e così via) e con una velocità massima di 5 knt.

Le indagini prevedono la registrazione e la elaborazione delle emissioni acustiche dei cetacei stazionari ed in transito e monitorate con la tecnica del visual survey i passaggi/presenze di cetacei e tartarughe.

Un lungo periodo di attività permetterà di confrontare i dati ecologici e comportamentali e comprendere se e quali interferenze o disturbi agiscono sugli animali.

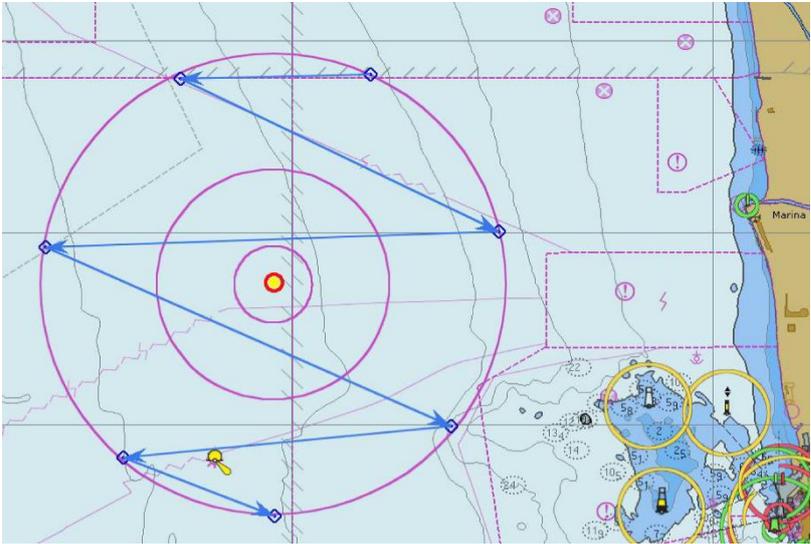


Figura 2.3. Area di monitoraggio per la bioacustica

Per il **monitoraggio visivo** si utilizzerà la tecnica del visual survey includendo la raccolta di dati per le analisi ecologiche, il distance sampling e la foto-identificazione (ove possibile), attraverso l'impiego di apparecchiature specifiche (binocoli professionali, fotocamere e videocamere digitali) nell'area riportata in figura sottostante.



Figura 2.4. Area di monitoraggio visivo dei cetacei e tartarughe marine

2.8 Indagini geofisiche

Lo studio delle caratteristiche morfologiche e batimetriche del fondale consente di valutare le possibili variazioni riconducibili al sistema di ancoraggio del Terminale. Si prevede di eseguire le campagne di indagine tramite Side Scan Sonar e Multibeam **dopo 10 anni di esercizio del Terminale (2023)**. Una ulteriore campagna sarà condotta nella fase post-esercizio.

Le indagini geofisiche saranno condotte in un'area di forma quadrata di 1,3 miglia nautiche di lato orientata in direzione N-S, avente al centro il Terminale.

Per il **rilievo morfologico** mediante Side Scan Sonar si utilizzerà un range di acquisizione di 150 m ed un interlinea di 100 m (sovrapposizione 150%) e un adeguato sistema di posizionamento. Inoltre dovrà essere eseguito un **rilievo batimetrico** mediante Multibeam, tale da garantire un elevato grado di precisione; lo strumento dovrà essere interfacciato con tutta la strumentazione necessaria (giro bussola, compensatore di movimento, etc.) e sottoposto alle opportune calibrazioni.

Le indagini verranno condotte lungo rotte rettilinee e parallele tra loro, sufficientemente distanziate per ottenere una adeguata sovrapposizione dei dati rilevati, sia per il Side Scan Sonar che per il Multibeam.

Le restituzioni cartografiche, alla scala di 1:5.000, produrranno un fotomosaico, due carte batimetriche di dettaglio (con intervallo batimetrico di 0,25 m e 0,5 m) e una carta di sovrapposizione dei due rilievi.

2.9 Correntometria

Le misure di corrente fino ad oggi effettuate hanno evidenziato una assoluta omogeneità con la fenomenologia attesa, nonché un impatto nullo derivante dalla presenza del Terminale, quindi di fatto nessuna variabilità spaziale del campo di corrente.

Dai risultati ottenuti si evince che le misure di corrente siano di scarsa rilevanza ai fini del monitoraggio dell'ambiente marino.

Come scaturito durante la riunione con il Gruppo Istruttore della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS, tenutasi il giorno 27 luglio 2017 (rif. CTVA.REGISTRO UFFICIALE.2017.0002360) si ritiene che l'installazione aggiuntiva di un profilatore ADCP di tipo verticale risulterebbe ridondante e superflua, considerando, inoltre, le difficoltà di installazione e manutenzione dello stesso: si ritiene quindi non necessario dotare il Terminale di tale strumento.

Come stabilito nella riunione di cui sopra, le misure correntometriche sono state eseguite e continueranno ad essere eseguite mediante Profilatore Acustico (ADCP) a bordo di una imbarcazione in un'area antistante il punto di ormeggio della FSRU (43° 38' 40" N, 9° 59' 20" E) da compiersi almeno 3 volte/anno e comunque nei momenti di forti variazioni del picnoclino.

Le misure di conducibilità, temperatura, pressione e salinità, verranno effettuate quindi mediante l'uso di sonda multiparametrica CTD ed avverranno con l'imbarcazione ferma per almeno 15 minuti sul luogo stabilito. L'area di indagine è riportata in Figura 2.4 ed i punti di misura cerchiati in rosso.



Figura 2.4. Punti di indagine delle misure correntometriche.

Con riferimento alla Figura 2.4, in Tabella 2.6 vengono riportate le coordinate dei punti in cui si effettueranno le misure. In particolare, i punti D, E, F e G cerchiati in rosso in figura si trovano sul transetto T2 del Piano rev 0; i punti O e Q rappresentano il Terminale.

Tabella 2.6. Coordinate dei punti dell'area di indagine (correntometria).

ID	Latitudine [°N]	Longitudine [°E]	Profondità media [m]
A	43.73	9.96	100
B	43.73	10.05	50
C	43.73	10.14	24
D	43.68	9.92	130
E	43.68	9.99	100
F	43.68	10.08	50
G	43.68	10.16	20
H	43.61	9.95	140
I	43.61	10.02	100
L	43.61	10.11	53
M	43.61	10.17	28
N	43.64	9.91	145
O	43.64	9.98	112
P	43.64	9.94	140
Q	43.64	10.00	104
S	43.62	9.92	147

Non verranno effettuate le misure in continuo lungo tutta la colonna d'acqua dall'isobata dei 20 m fino all'area del Terminale, mediante profilatore ADCP installato su idonea imbarcazione, poiché la qualità del dato misurato lungo transetti con natante in moto non è da considerarsi accettabile. Va infatti sottolineato che la qualità di un profilo eseguito da un'imbarcazione in moto è di gran lunga inferiore rispetto ad un profilo eseguito da un natante fermo o alla deriva; pur procedendo a bassa velocità e pur campionando ad alta frequenza, per ogni cella il segnale riflesso dal particolato trasportato dalla corrente marina è di gran lunga inferiore a quella ottenibile da una misura effettuata con ADCP immobile o quasi immobile.

Quello che verrà fatto è invece una interpolazione 3D dei dati acquisiti nei punti D, E, F, G (rappresentativi del transetto T2 citato nel Piano Rev. 0), ovvero una simulazione con modello idrodinamico.

2.10 Archiviazione Dati

I dati ambientali raccolti durante le attività di monitoraggio dell'ambiente marino saranno archiviati annualmente in opportune matrici in formato Excel utili per qualsiasi utilizzo ed elaborazione.

La suddivisione verrà fatta per macro aree indagate, ovvero colonna d'acqua, sedimenti e biota.

3 RESTITUZIONE DEI RISULTATI DEL PIANO DI MONITORAGGIO

I risultati ottenuti a seguito dell'esecuzione del Piano Rev.1 saranno elaborati al fine di produrre relazioni tecnico-scientifiche annuali. In ogni relazione verranno riportati il disegno di campionamento, il dettaglio delle indagini eseguite, le metodiche analitiche utilizzate e i dati ambientali rilevati (in forma tabellare/grafica e commentati). In particolare verrà messo in evidenza il confronto tra i risultati della fase di Bianco (condotta nell'estate 2012) e i risultati ottenuti durante le campagne della fase di esercizio.

I risultati inseriti nel report annuale, come già in essere, saranno conformi al Parere Direttoriale n. 100 del 07-04-2017 e del Parere di Ispra, assunto agli atti con prot. n. CTVA/248 in data 23/01/2019 ed alle prescrizioni fino ad oggi ottenute. I dati saranno resi disponibili al MATTM, ISPRA, e ad ARPA Toscana con le modalità stabilite per le ottemperanze.



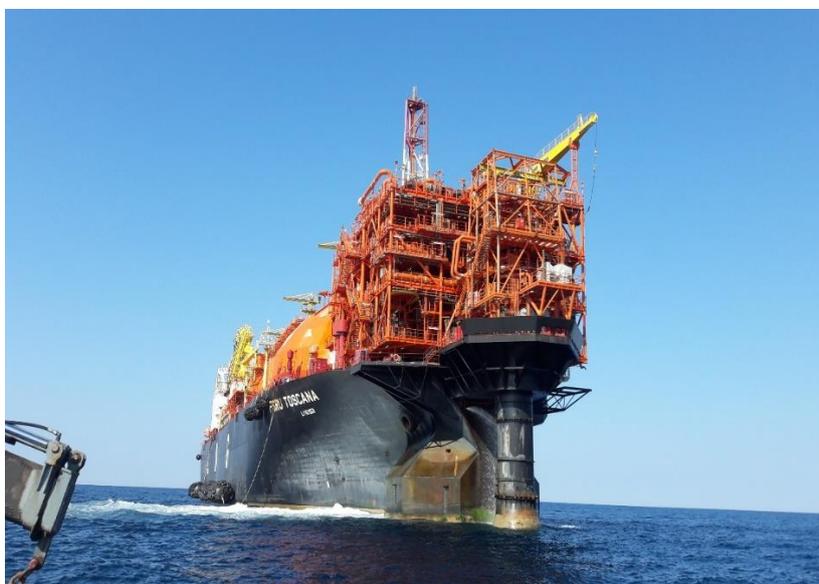
OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI
RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

**Allegato 1
Piano di monitoraggio del rumore**





OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

Piano di monitoraggio del Rumore del Terminale “FSRU Toscana”

Allegato al Piano di Monitoraggio dell’Ambiente Marino rev. 1



Rev 0	19/01/2021	Emissione definitiva	MM/SN/CP	AMDB	CP
Rev.	Data	Descrizione della Revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da



Indice generale

1.	PREMESSA	2
1.1	EFFETTI BIOLOGICI DEL RUMORE SUI CETACEI E SUI CHELONI	2
1.2	LINEE GUIDA ISPRA	3
2.	PRESCRIZIONI RICEVUTE ED OBIETTIVI DEL PIANO	4
3.	CAMPAGNE PREGRESSE, RISULTATI CONSOLIDATI E NUOVE CAMPAGNE	4
3.1	STUDIO PRELIMINARE AMBIENTALE E CAMPAGNA "DI BIANCO"	5
3.2	MONITORAGGIO DEL TERMINALE FSRU-TOSCANA "STAND ALONE": RISULTATI CONSOLIDATI	5
3.3	MONITORAGGIO DEL TERMINALE FSRU-TOSCANA "STAND ALONE": RAZIONALIZZAZIONE	6
3.4	MONITORAGGIO DEGLI ALLIBI	6
3.4.1	TIPOLOGIA DELLE NAVI IN ARRIVO	6
3.4.2	TRATTAMENTO GENERALE DEI DATI DI ALLIBO	7
3.4.3	NUOVE ATTIVITÀ	7
4.	STRUMENTI E METODI DI ANALISI DEI DATI	8
4.1	STRUMENTAZIONE	8
4.1.1	L'IDROFONO	8
4.1.2	LA SONDA CTD	8
4.2	ANALISI IN SITU E CALCOLO DEGLI SPL	8
5.	RESTITUZIONE DEI RISULTATI	10
6.	CONCLUSIONI	10
7.	BIBLIOGRAFIA	11

INDICE FIGURE

Figura 1 - Posizioni delle Stazioni di Campionamento Acustico	5
Figura 2: A confronto, le power spectral density del suono rilevato nelle tre stazioni in direzione Nord dal terminale nella campagna dell'Autunno 2019 (la stessa di cui si riportano le TL nel § 4.3), a titolo di esempio	9

INDICE TABELLE

Tabella 1 Modificata (Borsani & Farchi, 2011)	3
Tabella 2 – Tabella Modificata tratta da Borsani & Farchi, 2011b	3
Tabella 3 – Tabella modificata (Borsani & Farchi, 2011)	4

APPENDICI

APPENDICE 1 Risultati "stand-alone" - strumentazione

APPENDICE 2 Analisi acustica

1. Premessa

Il monitoraggio del rumore connesso alle attività dell'impianto FSRU Toscana e del traffico marittimo a contorno (compreso le metaniere di allibo), è legato all'importanza degli effetti dell'inquinamento acustico sul biota, con particolare riferimento alla biologia/ecologia di Cetacei e Cheloni.

Per inquinamento acustico marino si intende introduzione intenzionale o accidentale di energia acustica nella colonna d'acqua, da fonti puntuali o diffuse tale da provocare effetti deleteri alle risorse viventi vegetali e animali.

L'aumento del rumore sottomarino è causato quindi da un'eccessiva immissione nell'ambiente di suoni e rumori, che si aggiungono ai suoni ambientali naturali; il concetto di inquinamento acustico, che fino a pochi anni fa era riservato all'ambiente subaereo, è stato esteso anche all'ambiente acquatico. In particolare, dopo decenni di ricerche, si è giunti alla conclusione che molti dei suoni antropogenici provocano effetti negativi su diversi gruppi di organismi marini, in particolare cetacei.

Due sono le componenti fisiche importanti di cui tener conto nella propagazione del suono in mare: la frequenza (numero di oscillazioni delle particelle che costituiscono l'onda sonora – in Hertz, Hz) e la pressione sonora (il flusso dell'energia meccanica trasmessa dall'onda sonora attraverso una superficie unitaria nell'unità di tempo – espressa nelle unità logaritmiche deciBel, dB); ne deriva che l'intensità locale del suono è rappresentata dal *sound pressure level* (SPL), su scala logaritmica (dB). La motivazione risiede nel fatto che i cetacei, in quanto mammiferi, rispetto agli altri taxa marini, hanno un evoluto sistema di comunicazione attivo e passivo, caratterizzato da emissioni a differenti frequenze (in funzione della specie presa in considerazione), ma vivendo nel mezzo acquatico sono sottoposti alle sue regole fisiche, quali le onde sonore. Le diverse frequenze di emissione sono riconducibili a funzioni quali la comunicazione intraspecifica (i fischi), l'orientamento e la ricerca delle prede (cliks di ecolocalizzazione).

Al fine di ottemperare agli obblighi di compatibilità ambientale acustica secondo quanto riportato nel descrittore n. 11 della European Marine Strategy Framework [1]. (formalizzate dalle tabelle di ISPRA), l'obiettivo di maggior rilievo del presente documento è quello di descrivere un piano di monitoraggio necessario per ricavare il *source level* (SL) del rumore di tutte le attività del processo legate al funzionamento dell'impianto FSRU Toscana: questo è il SPL localizzato "a un metro" dalla sorgente emittente. Mediante la mappa degli SPL misurati in diversi punti dell'ambiente marino, dalla conoscenza della geometria relativa di questi punti di misura rispetto alla sorgente (FSRU Toscana, metaniere e mezzi di supporto all'allibo) e dalla modellizzazione fisica della propagazione sonora, si possono ricavare i rispettivi SL.

1.1 Effetti biologici del rumore sui Cetacei e sui Cheloni

Gli effetti dell'inquinamento acustico sulle diverse specie di cetacei e tartarughe marine possono essere distinti fondamentalmente in due categorie: effetti "fisici" (traumi, danni etc.) ed effetti "etologici" (allontanamento, disturbo delle attività di predazione, riproduzione, attività "sociali", etc.).

In un ambiente non antropizzato i cetacei si abituano ad un rumore naturale, definito *rumore di fondo* e a comunicare in conseguenza di questo. Ma l'udito per delfini e balene rappresenta la "vista" per l'uomo. Risulta quindi fondamentale per la loro sopravvivenza garantire la sussistenza di tale status ambientale.

Seppur ancora oggetto di numerosi studi, l'inquinamento acustico antropico del mare, ha definito quali siano i suoi principali effetti sui cetacei, in funzione delle frequenze e dei decibel.

I Mysticeti, i cetacei di grandi dimensioni senza i denti (balene e balenottere) sono specializzati nella emissione/ricezione delle basse frequenze (10-5.000 Hz) che riescono a percorrere lunghissime distanze sott'acqua, anche molti km. La motivazione di questo è prettamente etologica in quanto non vivendo in gruppi hanno la necessità di mantenere il "contatto" a distanza. Diversamente avviene per gli Odontoceti che si suddividono in cetacei di medie dimensioni (zifi, globicefali, grampi, tursiopi, stenelle, delfini comuni) che utilizzano le medie frequenze (150Hz-150kHz) e cetacei di piccole dimensioni (focine, inia, kogia) che utilizzano le alte frequenze (200Hz-180kHz). Risulta quindi evidente come da questa classificazione tutto lo spettro delle frequenze coinvolga le differenti specie di cetacei e l'immissione di nuovi "rumori" alle frequenze biologiche utilizzate provochi un effetto di "mascheramento" con la maggiore difficoltà o l'impossibilità di comunicare, cacciare le prede, svolgere attività sociali del branco, riprodursi.

Mentre la frequenza del suono determina, tutto sommato, quanto il cetaceo percepisca il suono stesso, il SPL di un'onda sonora (in dB) che investe un cetaceo può essere tale da provocare diversi comportamenti o danni a seconda della distanza dalla sorgente e dal SL di quella. Questo significa che, ad esempio, un suono a bassa frequenza ed elevati dB abbia un effetto diverso di uno stesso suono ma a dB inferiori. Anche per tale indicatore la precedente classificazione dei cetacei (bassa-media-alta frequenza) viene utilizzata per definirne gli effetti, quali:

- le "prime significative riposte comportamentali", come l'abbandono dell'area di residenza (da 100-110 dB per i cetacei di bassa frequenza; da 110-120 dB per i cetacei di media frequenza; da 140-150 dB per i cetacei di alta frequenza);
- i "barotraumi", veri e propri danni fisici che si manifestano in temporanea perdita della capacità uditiva (la TTS intorno a 220 dB, per tutti i cetacei) per arrivare alla permanente perdita di questa capacità (PTS oltre i 230 dB, anche qui, uguale per tutti i cetacei).

L'aumento dell'inquinamento acustico marino, sin qui descritto per i cetacei, può produrre effetti anche su altri organismi marini quali, pesci, rettili, crostacei e molluschi come descritto da Borsani & Farchi, 2011 [2].

1.2 Linee guida ISPRA

Come indicato nel § 1.1, vengono di seguito prese in considerazione le Linee Guida ISPRA [2] di inquinamento acustico, al fine di limitare al massimo gli effetti descritti nel precedente capitolo.

Nell'area oggetto di studio sono prevalentemente presenti cetacei appartenenti a specie stazionarie quali tursiopi e stenelle (odontoceti appartenenti al gruppo uditivo delle medie frequenze o "mid-frequency cetaceans"); è inoltre segnalata la presenza di cetacei appartenenti a specie saltuariamente in transito quali le balenottere (misticeti appartenenti al gruppo uditivo delle basse frequenze o "low-frequency cetaceans").

Le linee Guida ISPRA [2] definiscono valori soglia per rumori di natura sia impulsiva che continua, in grado di provocare le prime risposte comportamentali, danni temporanei o permanenti ai cetacei. Tuttavia, essendo la misura del rumore sottomarino ed i suoi effetti sui cetacei ancora oggetto di studi, nel caso in cui dovessero essere disponibili aggiornamenti delle linee guida, questi ultimi saranno tenuti nella opportuna considerazione per i futuri piani di monitoraggio.

Nella Tabella 1 sono riportate le bande uditive dei cetacei a cui sono maggiormente sensibili.

Tabella 1 - Modificata (Borsani & Farchi, 2011).

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, Balaenoptera</i> (13 species/subspecies)	M _S (lf: low-frequency cetaceans)
Mid-frequency cetaceans	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon</i> (57 species/subspecies)	M _{mf} (mf: mid-frequency cetaceans)
High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	<i>Phocena, Neophocena, Phocenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	M _M (hf: high-frequency cetaceans)

Nella Tabella 2 sono riportati i valori soglia per diversi tipi di rumore (impulsi singoli, multipli e non impulsivi) capaci di originare le prime significative risposte comportamentali in diverse specie di mammiferi marini.

Tabella 2 – Tabella Modificata tratta da Borsani & Farchi, 2011b.

<p>Valori soglia per Impulsi singoli (tipo battipali): Sound exposure levels SEL: 183 dB re: 1 µPa²-s</p> <p>Valori soglia per Impulsi multipli (tipo survey geosismici): Cetacei bassa frequenza: 120 dB re: 1 µPa RL (RMS/pulse duration) Cetacei media frequenza: 90-180 dB re: 1 µPa RL (RMS/pulse duration) Cetacei alta frequenza: non applicabile</p> <p>Valori soglia per rumori non impulsivi (tipo perforazione, navi etc): Cetacei bassa frequenza: 100-110 dB re: 1 µPa RMS SPL Cetacei media frequenza: 110-120 dB re: 1 µPa RMS SPL Cetacei alta frequenza: 140-150 dB re: 1 µPa RMS SPL</p>
--



I valori soglia riportati infine nella Tabella 3 sono riferiti ai livelli di danno che vanno dalla perdita temporanea (TTS) alla perdita permanente (PTS) della sensibilità uditiva indipendentemente dalla specie.

<i>Tabella 3 – Tabella modificata (Borsani & Farchi, 2011).</i>				
Marine mammal groups	Low, Mid, High -frequency cetaceans		Low, Mid, High -frequency cetaceans	
Sound Type	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses
Effetto	Perdita permanente (PTS) di sensibilità uditiva		Perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva	
Sound pressure level SPL	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)
SEL	198 dB re : 1 μ Pa ² .s	215 dB re : 1 μ Pa ² .s	183 dB re : 1 μ Pa ² .s	195 dB re : 1 μ Pa ² .s

2. Prescrizioni ricevute ed obiettivi del Piano

L'obiettivo del presente Piano di monitoraggio del rumore è quello di adempiere alle prescrizioni che OLT ha ricevuto dal Ministero dell'Ambiente e da ISPRA.

Nel dettaglio, tali prescrizioni sono:

1) Prescrizione n.7 dell'esclusione alla VIA prot. 25280/DVA del 20 ottobre 2010 e Prescrizione n. 26 dell'esclusione alla VIA prot. 01256/DVA del 15 dicembre 2004 che in particolare richiede al punto b. la misura del rumore in acqua su due profili perpendicolari alla distanza di 100m fino alla distanza di 5 km dal Terminale sia durante il funzionamento normale che durante i periodi di massima rumorosità al fine di verificare quanto affermato nello studio ambientale preliminare.

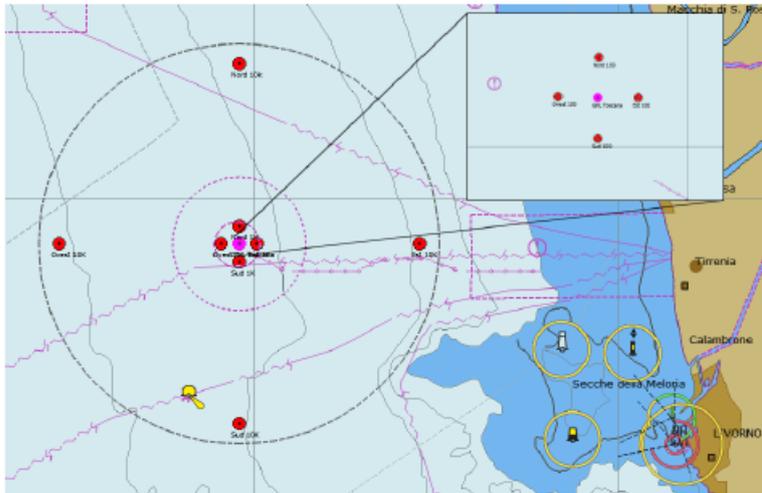
2) Prescrizione n.4 del Parere n. 3216 del 6 dicembre 2019 relativo alle *Modifiche al terminale di rigassificazione GNL per il carico, lo stoccaggio e il successivo scarico su navi metaniere di GNL dedicato ad uso combustibile (small scale – SSLNG)* che richiede: entro 6 mesi dall'atto di notifica (27/07/2020) in accordo con Ispra, e la capitaneria di porto nel rispetto delle condizioni di sicurezza dovrà essere presentato un piano di monitoraggio del Rumore in mare durante gli allibi al Terminale di tutte le varie tipologie di navi utilizzate.

Attualmente la prescrizione di cui al punto 1 è stata ottemperata per quanto riguarda la definizione del piano attraverso la messa a punto di un piano del rumore ad hoc interno al piano di monitoraggio dell'ambiente marino (Piano rev 0) approvato dal provvedimento DVA 2012 – 0011592 del 15/05/2012 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (di seguito MATTM), sulla base del parere favorevole della Commissione VIA n. 907 del 13 aprile 2012 e di ISPRA, acquisito con prot. CTVA 2012-0001043 del 20/03/2012. Le ottemperanze relative all'applicazione del piano di monitoraggio del rumore vengono rilasciate annualmente all'interno di quelle emanate per gli anni di monitoraggio e con gli stessi provvedimenti, da parte delle Autorità preposte; di seguito se ne riportano i principali risultati.

3. Campagne pregresse, risultati consolidati e nuove campagne

La prima prescrizione di cui al § 2 ha imposto la definizione di un Piano di Monitoraggio per l'inquinamento sonoro prodotto dal Terminale. Per ottemperare alla prescrizione OLT ha redatto nel 2012 un piano di monitoraggio (chiamato Piano Rev. 0) all'interno del quale vi era una sezione dedicata al piano di monitoraggio del rumore.

Tale piano, in accordo alle specifiche del MATTM ed ISPRA, richiede un'area di campionamento individuata nella figura seguente con misure, attraverso un idrofono calato nelle stazioni indicate (Figura 1).



WGS84	Latitine 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 1 - Posizioni delle Stazioni di Campionamento Acustico.

La frequenza di monitoraggio, come da Piano rev 0 è 4 volte anno, durante le quattro campagne annuali previste per il Piano di Monitoraggio dell'ambiente marino nella sua totalità delle indagini. I risultati dei monitoraggi vengono confrontati con la campagna di bianco, in assenza quindi del terminale (vedere Appendice 1 per maggiori dettagli), e con dei valori di riferimento individuati mediante uno studio ambientale preliminare svolto nell'area di interesse [3].

A seguito della campagna di Bianco, quindi, effettuata nell'agosto 2012, è iniziato il monitoraggio della fase di esercizio, a partire dall'autunno 2013. Da tale momento, sono state effettuate fino ad oggi numerose campagne di misura tutte con cadenza trimestrale, secondo l'alternarsi delle stagioni. Considerando 12 stazioni per ogni campagna e 2 rilevazioni per ogni stazione (sopra e sotto il termoclino, in quanto la velocità di propagazione del suono in mare è fortemente influenzata dal parametro temperatura) si evince come la mole dei dati e delle informazioni conseguenti sia cospicua.

3.1 Studio preliminare ambientale e campagna "di bianco"

Nel 2010 è stato redatto il documento "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" [3] con l'analisi teorica dei livelli acustici irradiati in mare dal Terminale FSRU Toscana, al termine del quale viene indicato come indice globale cautelativo il valore di 185 dB re 1 μ Pa @ 1m. Tale valore risulta fondamentale come strumento di confronto tra i livelli di rumore monitorati durante gli anni ed il valore stimato durante la valutazione previsionale di impatto acustico.

La campagna di bianco, in assenza del Terminale, ha evidenziato un rumore ambientale (nella prevista area di posizionamento del Terminale) di 47 dB re 1 μ Pa @ 1m nella banda 10-12 kHz¹. Tale valore risulta fondamentale per il successivo confronto con i valori misurati durante gli anni (Appendice 1).

3.2 Monitoraggio del terminale FSRU-Toscana "stand alone": risultati consolidati

Durante le campagne della fase di esercizio, eseguite fino al VI anno di monitoraggio (i cui risultati e le cui modalità di calcolo sono presentate in appendice 1), alla frequenza tra 10-12 kHz¹ si evidenzia un valore medio di SPL di 102,5 dB re 1 μ Pa @ 1m, con un massimo di 115 dB re 1 μ Pa @ 1m. Tali valori confrontati periodicamente con quelli del documento "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" [3] indicano in realtà un impatto del Terminale notevolmente

¹ La scelta di questa banda di frequenza è stata dettata dal fatto che, presso di essa, è ben distinguibile l'emissione del Terminale rispetto all'ambiente "bianco". Inoltre, essendo questa frequenza una frequenza elevata, per cui la TL cresce rapidamente in ragione della distanza dalla sorgente, si è così abbastanza sicuri di "ascoltare" soltanto le emissioni "vicine", anziché quelle "spurie" derivanti per esempio dai corridoi commerciali.

inferiore a quanto previsto (valore stimato 185 dB re 1 μ Pa @ 1m). Va inoltre considerato che il Terminale già nel 2019 ha funzionato a pieno regime, senza un aumento dei valori acustici misurati.

Possiamo quindi affermare che, pur avendo il Terminale alterato l'ambiente acustico dell'area, ad oggi solo in rarissime occasioni sono stati raggiunti i valori che corrispondono ai primi livelli di attenzione indicati dalle Linee Guida di Ispra [2], capaci di originare le prime significative risposte comportamentali, mentre non sono stati mai superati i livelli limiti dei danni temporanei o permanenti (i valori del terminale risultano notevolmente inferiori a tali limiti).

Durante tutte le campagne trimestrali così come richiesto dal Piano rev. 0 (piano approvato), oltre ai risultati delle analisi del rumore in ogni stazione, sono stati registrati dati ambientali (condizioni meteorologiche) e dati fisico-chimici (temperatura, salinità, conducibilità, profondità). L'acquisizione di questi parametri ha permesso di fare un quadro della dipendenza della propagazione della velocità del suono in mare come funzione della:

- profondità: in quanto il fondale aumenta progressivamente da Est a Ovest.
- temperatura, che determina stagionalmente la presenza di un marcato termoclino e di conseguenti canali di propagazione del suono.

Sulla base di quanto sopra è stato predisposto il nuovo piano di monitoraggio del Rumore che tiene conto quindi dei principali fattori che influenzano la propagazione del suono in mare (temperatura e variazione batimetria) con 2 monitoraggi uno nella stagione fredda dove presente termoclino invernale ed uno nella stagione calda, dove presente termoclino estivo, utile confronto con la unica campagna di Bianco effettuata appunto in questo periodo.

3.3 Monitoraggio del terminale FSRU-Toscana "stand alone": razionalizzazione

Alla luce di quanto descritto ed assodato nel § 3.2 ed in appendice 1, qui esponiamo la proposta del Piano di Monitoraggio del rumore "razionalizzato", all'interno del quale le misure tengono conto di quanto segue:

- poca variabilità di anno in anno,
- caratteristiche del rumore del Terminale,
- acustica dell'ambiente marino,
- variabilità stagionale influenzata dalla presenza od assenza del termoclino di superficie.

In ottemperanza alla Prescrizione n.7 dell'esclusione alla VIA prot. 25280/DVA del 20 ottobre 2010 si prevede:

- una riduzione dalle 4 campagne trimestrali a 2 semestrali da realizzarsi rispettivamente in Inverno ed in Estate (quest'ultima comparativa con il Bianco), al fine di mantenere l'informazione in funzione della presenza/assenza del *termoclino*.
- una frequenza del monitoraggio (con un duplice campionamento invernale ed estivo) ogni 3 anni al fine di mantenere un controllo fino a fine vita del terminale.
- un mantenimento dell'area di indagine rispetto a quanto fatto nel Piano rev. 0 (Figura 1 del capitolo 3).

3.4 Monitoraggio degli allibi

La Prescrizione n.4 del Parere n. 3216 del 6 dicembre 2019 richiede ad OLT offshore LNG Toscana entro 6 mesi dal 27/07/2020 la redazione di un piano di monitoraggio del rumore sottomarino durante gli allibi del Terminale di tutte le tipologie di navi utilizzate. Tale capitolo ha lo scopo di proporre il monitoraggio del rumore in tali condizioni ed ottemperare alla prescrizione.

3.4.1 Tipologia delle navi in arrivo

Le categorie di navi che attualmente interessano il terminale FSRU Toscana per il conferimento del GNL, e le tipologie di navi previste in futuro vengono qui descritte.

Per quanto riguarda le navi metaniere per l'approvvigionamento di GNL, il Terminale è attualmente autorizzato al ricevimento di unità da 65.000 a 180.000 m³ di capacità di trasporto per un massimo di No. 59 allibi annui.

In aggiunta alle attività di rigassificazione attualmente in corso, è prevista l'implementazione di un servizio SSLNG per la distribuzione del GNL via mare tramite navi metaniere di piccola taglia (Small Scale LNG Carriers).

La configurazione attuale e futura di esercizio del Terminale "FSRU Toscana" prevede quindi le seguenti tipologie di navi:

- Tipologia 1: navi metaniere;
- Tipologia 2: navi metaniere di piccola taglia (SSLNGC).

3.4.2 Trattamento generale dei dati di allibo

In questo paragrafo si illustrano le tecniche di analisi per i dati di allibo, con i dettagli matematici risolti nell'appendice 2.

La cosa più importante da sottolineare è che, mentre nel caso del monitoraggio dell'FSRU Toscana "stand alone" ci si aspetta sostanzialmente l'emissione di un rumore omogeneo nel tempo per intensità e per caratteristiche spettrali, nel caso delle attività di allibo, che sono molto differenziate dall'arrivo della nave, allo scarico/carico del gas liquefatto, alla ripartenza della nave, si potrebbero avere diversi tipi di rumore nelle diverse fasi operative. È perciò importante, in questo secondo monitoraggio, effettuare le registrazioni del rumore di fase in fase per avere esatta percezione di ciò che sta avvenendo a bordo del Terminale, della nave, dei rimorchiatori e dei correlati apparati di pompaggio. Per questo si prevede di seguire una sequenza di misurazioni molto precisa, comunque confermata in tempo reale da comunicazioni radio fra Terminale e imbarcazione registrante.

3.4.3 Nuove attività

Per la definizione del piano di monitoraggio del rumore durante gli allibi è indispensabile tener conto di diversi fattori:

- variabilità delle sorgenti e delle fasi operative di cui al paragrafo precedente;
- condizioni di sicurezza;
- permessi ed autorizzazioni.

Il monitoraggio del Terminale *Stand-alone* rispetto a quello degli *Allibi* permette di avvicinarsi fino a pochi metri dalla sorgente e quindi di ottenere un SPL a differenti distanze su cui ricavare, con minor approssimazione, le TL (Transmission Loss) e le SL (Source Level) dal modello di propagazione.

Questo è possibile perché l'ordinanza n° 137/2013 [4] e ordinanza n° 6/2014 [5] della Capitaneria di porto determinano quanto segue:

- restrizioni/limitazione alla navigazione ed alle attività in aree concentriche da parte di imbarcazioni (ordinanza n° 137/13 [4]);
- la possibilità di chiedere autorizzazioni/permessi speciali per le attività di monitoraggio dell'ambiente marino ad esclusione dell'intero periodo di avvicinamento, allibo ed allontanamento delle navi metaniere (art. 34 dell'ordinanza n°6 del 2014 [5]).

Durante gli *Allibi* le attuali normative (ordinanze di cui sopra) e le condizioni di sicurezza impongono:

- divieto di entrata all'interno delle 2 nm dell'area di interdizione;
- divieto di effettuare attività tra le 2 e le 4 mn (solo transito con velocità inferiore a 10 nodi)
- divieto di sosta se non per comprovate esigenze di emergenza tra le 4 nm.e le 8 mn (in questa area è consentita la navigazione e le attività).

In funzione di quanto sopra si propone quanto segue:

- Le attività di misura nelle campagne di monitoraggio dell'allibo saranno condotte mantenendo il mezzo nautico a 4 miglia nautiche in posizione ortogonale sul lato destro rispetto a quella del Terminale (lato dei bracci di carico) prima dell'inizio dell'allibo, tenendo conto della traiettoria d'avvicinamento della metaniera oggetto di indagine. La logica di avere una sola stazione è quella di risolvere temporalmente il monitoraggio delle diverse fasi delle operazioni di allibo, tenendosi in comunicazione costante col personale del Terminale.
- Le registrazioni seguiranno le fasi delle attività secondo il programma di scarica. Per ciascuna fase sarà effettuata una registrazione di un tempo ritenuto idoneo (es. 10') a due profondità (sopra e sotto il termoclino).
- Il monitoraggio "Allibi" avrà una frequenza annuale per i primi 4 anni di monitoraggio e una frequenza triennale (ogni 3 anni, in conformità al piano di monitoraggio stand alone) successivamente. Ad ogni monitoraggio verranno misurate n. 2 metaniere "di grandi dimensioni" (Tipologia 1) e n° 2 metaniere "small scale" (Tipologia2). Una metaniera appartenente ad ognuna delle due categorie sarà monitorata nel periodo di termoclino superficiale invernale, e l'altra nel periodo di termoclino superficiale estivo.

Tutto quanto sopra esposto condizioni meteo permettendo e in base al programma annuale delle scariche (se disponibili allibi di quella tipologia di nave nel periodo di termoclino invernale ed estivo).

Si evidenzia che la proposta di piano del Rumore durante un allibo, appena presentata, è pienamente in accordo con le attuali ordinanze della capitaneria di porto 137/13 [4] – 6/2014 [5].

Quanto sopra descritto, è stato validato tramite le campagne di misura presentate nel documento “Valutazione del Rumore sottomarino durante le fasi di allibo di una nave metaniera al Terminale FSRU Toscana– Allibo settembre 2020” redatto per la verifica di ottemperanza della prescrizione al 5° anno di monitoraggio emanata con provvedimento CRESS_DEC_2020 – 0000188 del 25 giugno 2020 sul parere positivo della Commissione tecnica di verifica dell’impatto ambientale VIA e VAS No. 3398 del 8 Maggio 2020. Il Parere infatti riporta la seguente prescrizione:

“Entro un anno solare dalla emissione del presente decreto dovranno essere eseguite, in accordo con la Capitaneria di Porto ed 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”.

4. Strumenti e metodi di analisi dei dati

Per il monitoraggio presentato (Stand-alone e Allibo) del terminale FSRU Toscana è previsto l’impiego di attrezzatura specifica ed in particolare di un idrofono fisso in associazione a sonda Multiparametrica CTD.

4.1 Strumentazione

La strumentazione consiste in un sistema integrato di sonda CTD ed idrofono elettricamente isolati e disaccoppiati dall’imbarcazione in modo da renderlo il più fermo possibile rispetto al mare. L’idrofono registra il rumore mentre la sonda CTD le caratteristiche fisiche dell’ambiente.

4.1.1 L’idrofono

Lo strumento in uso per l’acquisizione dei suoni di monitoraggio delle attività del Terminale è l’*idrofono digitale Aquatech DH200GP* per la registrazione dei dati acustici nella banda 10 Hz - 90 kHz.

I dati di rumore acustico acquisiti dall’idrofono digitale sono campionati a 192 kHz (frequenza di campionamento, necessaria per misurare le frequenze di cui sopra) con una sensibilità di -156 dB re $V/\mu\text{Pa}$. Il rumore elettronico dello strumento, se valutato in termini di pressione acustica, a 30 kHz ha un livello equivalente inferiore al livello del rumore del mare a forza “zero”, che, secondo letteratura, è intorno a +22 dB re $1\mu\text{Pa}/\text{Hz}^{1/2}$, pertanto tutto il rumore registrato è relativo a suoni realmente presenti in acqua e non a interferenze introdotte dallo strumento di misura. Per maggiori dettagli sull’idrofono si veda l’appendice 1. Sarà utilizzato tale idrofono o un idrofono con medesime caratteristiche.

4.1.2 La sonda CTD

Sonda *multiparametrica CTD Ageotec IMSV* per la misura di Temperatura, Profondità, Conducibilità e calcolo diretto della Velocità del suono (appendice 1). I dati sono stati registrati su file con PC dedicato mediante il software APWin, con visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e di tutti i dati acquisiti. Sarà utilizzata tale sonda o una sonda con medesime caratteristiche.

4.2 Analisi in situ e calcolo degli SPL

Attraverso gli strumenti di cui sopra e con le modalità proposte dal piano di monitoraggio del rumore verranno raccolti dati che porteranno all’identificazione delle distribuzioni dei livelli di pressione del suono istantaneo calcolando la percentuale del tempo della singola registrazione in cui $SPL(t)$ supera eventualmente le soglie individuate dalle Linee Guida di Ispra[2].

Sia nel monitoraggio “stand-alone” che di “allibo” le misure sono svolte su imbarcazione attrezzata con la strumentazione descritta precedentemente ed in Appendice 1, con equipaggio composto da tre persone. Raggiunta ogni singola stazione di misura, vengono spenti i motori e si procede alla calata del sistema (CTD + idrofono) alla profondità di circa -55m (sotto il termoclino eventualmente presente) con la sola CTD in funzione e registrazione con software dedicato. Terminato il profilo, con CTD spenta, si procede alla misura del rumore sia sotto il termoclino (a circa -55m) che sopra il termoclino (a circa -8m). La registrazione anche in questo caso avviene con software dedicato. I tempi di misura del rumore variano da 4’ per lo stand alone per ogni profondità nelle stazioni identificate, a 10’ per l’allibo per ogni profondità e per tutte le attività di indagine previste.

La visualizzazione ed il trattamento dei dati sarà effettuata come spiegato nell’appendice 2, appositamente dedicata agli strumenti di analisi dei dati acustici. In particolare, gli spettri del segnale vengono calcolati mediante trasformata di Fourier su tutte le frequenze matematicamente possibili; per maggiore leggibilità, però, ne vengono proposte loro riduzioni in terza d’ottava, così com’è consolidata tradizione in Fisica acustica: nella Figura 2, a titolo di esempio, riportiamo tale

presentazione per le densità spettrali di potenza del suono rilevato nelle tre stazioni Nord della campagna dell'autunno 2019.

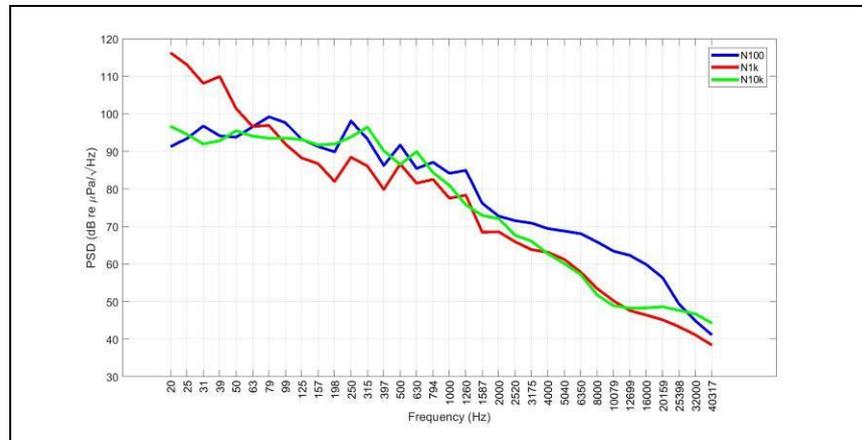


Figura 2 - A confronto, le power spectral density del suono rilevato nelle tre stazioni in direzione Nord dal terminale nella campagna dell'Autunno 2019 (la stessa di cui si riportano le TL nel § **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), a titolo di esempio.

Le analisi più complesse, oltre all'analisi di Fourier del rumore, verranno solo accennate nel documento, ed i loro dettagli matematici presentati in appendice 2.

L'analisi del SPL rilevato nei diversi punti di monitoraggio permette quindi di valutare il livello di pressione sonora, in quei punti, e questi risultati permettono di verificare il rispetto dei valori soglia per il disturbo e il danno ai cetacei: è infatti necessario monitorare che questi livelli di campo acustico siano inferiori ai livelli di danno fisiologico nella regione in cui sono prescritte, ed effettuate, le misure.

Oltre a ciò, però, si prescrive naturalmente che anche il *source level* (SL), cioè il SPL presso la sorgente stessa, sia inferiore ai livelli di sicurezza fisiologica dei cetacei: a partire dalle misure *in situ* del rumore effettuate con l'idrofono, allora, si ricava il SL. Per tale analisi si è scelto di operare mediante due strade:

- Ottenendo nel punto di misura un valore di SPL "cumulato, misura in dB dell'RMS delle fluttuazioni di pressione dovute all'onda sonora, risultante dal *contributo di tutte le frequenze* ascoltate dall'idrofono, e poi ricostruendo a ritroso attraverso una formula semplificata, ma sufficientemente accurata per stimare il rumore prodotto dalla sorgente, ovvero il SL anch'esso "cumulato". Tali valori verranno confrontati con i valori soglia delle linee guida ISPRA [2] e con i valori del documento "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo" [3] indicano in realtà un impatto del Terminale notevolmente inferiore a quanto previsto (valore stimato 185 dB re 1 μ Pa @ 1m). Questo approccio è evidentemente conservativo come ampiamente sottolineato nell'Appendice 2 contando nel valore finale sicuramente contributi provenienti da fonti diverse dal sistema Terminale-Metaniera-Rimorchiatori e contando frequenze non udibili da alcuni tipi di cetacei (tale modalità verrà applicata al monitoraggio dell'Allibo, in quanto si tratta di una multi-sorgente che emette a differenti frequenze);
- Individuando delle frequenze caratteristiche dei mezzi coinvolti nell'analisi (Terminale per lo stand alone e metaniera, rimorchiatori e Terminale per l'allibo)², isolando dallo spettro a quelle frequenze i relativi valori di SPL(f) e propagando questi ultimi a ritroso fino alla sorgente per ottenere i valori di SL(f) per essere confrontati con le soglie delle linee guida ISPRA [2]. Questa propagazione "monocromatica" (ovvero relativa ad una sola frequenza) viene operata questa volta per mezzo di un modello di propagazione acustica (modello Bellhop) che necessita come dato di input anche dello stato del mezzo in cui il rumore si propaga, ovvero i dati misurati dalla sonda CTD ("condizioni Oceanografiche" descritte in Appendice 2). Infine, con lo stesso procedimento e lo stesso strumento modellistico, a partire da ogni SL(f) ottenuta, è stata ricavata per i valori massimi di ogni frequenza individuata la distanza dalla fonte di rumore a cui l'SPL(f) risulta inferiore alle soglie ISPRA [2] ed al valore stimato di emissione durante la VIA pari a 185 dB re 1 μ Pa @ 1m [3]

² Le Frequenze caratteristiche terranno in considerazione la frequenza a cui emette il terminale, quella tipica dei rimorchiatori e quella delle navi a grandi dimensioni nonché i valori utilizzati dalla normativa pari a 63dB e 125 dB tipici per l'indicatore D11.2 tendenze nei livelli di rumorosità ambiente per i suoni continui a bassa frequenza (es: passaggio di navi).

Relativamente agli approcci sopra esposti si evidenzia che entrambi verranno utilizzati per l'analisi delle misure degli allibi, mentre solo il secondo per le misure stand alone (si veda in Appendice 2 la spiegazione dettagliate delle due metodologie): infatti, le operazioni durante le procedure d'allibo, incluso l'avvicinamento e l'allontanamento della metaniera alla regione del terminale, risultano una fonte di emissione broadband su tutto lo spettro comune al background di rumore "di bianco", mentre si è constatato che le emissioni acustiche del Terminale "FSRU Toscana" in assenza di metaniere e rimorchiatori spicca attorno a poche frequenze (circa 12 k Hz) in particolare sul background "bianco"

5. Restituzione dei risultati

Dalle attività di registrazione e successiva analisi (attività esplicitate nei capitoli precedenti) sarà redatto un Report annuale/triennale contenente grafici e tabelle dei livelli registrati di PSDf (Power Spectral density function). L'esempio di PSDf, dato in terze d'ottava, è il tipo di grafico in Figura 2, mentre esempi di campo di TL sono riportati in Appendice 2.

Calcolati i dati SPL ed i dati SL (cumulati, ed a determinate frequenze), gli stessi verranno confrontati con i valori di riferimento dello studio preliminare ambientale [3] e con i valori sopra delle linee guida ISPRA [2].

In caso i valori SL oppure SPL superino i livelli di danno acustico ai cetacei verrà verificato, a quale distanza dalla sorgente i valori di SPL tornano sotto i valori soglia: in questo modo, si determina qual è il perimetro di sicurezza oltre il quale non esiste pericolo fisiologico. Tale informazione verrà esplicitata nei report inviati all'autorità preposta così come richiesto dalle linee guida ISPRA.

6. Conclusioni

Alla luce dei risultati ottenuti nelle precedenti campagne di monitoraggio del rumore ed in ottemperanza alla Prescrizione n.7 dell'esclusione alla VIA prot. 25280/DVA del 20 ottobre 2010 e della nuova Prescrizione n.4 del Parere n. 3216 del 6 dicembre 2019 si propone il seguente piano di monitoraggio del rumore:

Monitoraggio stand alone (solo Terminale): razionalizzazione del piano di monitoraggio in considerazione della poca variabilità misurata di anno in anno riguardo alle caratteristiche del rumore del Terminale, dell'acustica dell'ambiente marino e della variabilità stagionale. Si propone quindi, ogni 3 anni, n. 2 campagne/anno da effettuarsi in inverno e in estate (analisi in condizioni di termoclino invernale/estivo). Similmente alle campagne pregresse, in ciascuna campagna verranno mantenute quattro direzioni: Nord, Sud, Est ed Ovest. In ciascuna direzione, stazioni a 100 m, 1000 m, e 10000 m dall'impianto. In ciascuna stazione: due misure con idrofono a due profondità, sopra e sotto il termoclino stagionale oltre ad una calata di sonda CTD per ciascuna stazione.

Monitoraggio degli allibi: si propone di monitorare, ove disponibili, ogni anno, (per i primi 4 anni) ed ogni 3 anni (successivamente), n° 2 metaniere "di grandi dimensioni" (tipologia1) e 2 metaniere "small scale" (tipologia 2). Una metaniera appartenente ad ognuna delle due tipologie di navi sarà monitorata nel periodo di termoclino superficiale invernale e l'altra nel periodo di termoclino superficiale estivo. Le attività di misura nelle campagne di monitoraggio dell'allibo saranno condotte mantenendo il mezzo nautico a 4 miglia nautiche in posizione ortogonale sul lato destro rispetto a quella del Terminale prima dell'inizio dell'allibo, tenendo conto della traiettoria d'avvicinamento della metaniera oggetto di indagine. La logica di avere una sola stazione è quella di risolvere temporalmente il monitoraggio delle diverse fasi delle operazioni di allibo, tenendosi in comunicazione costante col personale del terminale. Le registrazioni seguiranno le procedure di attività secondo il programma di scarica. Per ciascuna attività sarà effettuata una registrazione di un tempo adeguato (es. 10') a due profondità, sopra e sotto il termoclino.



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA

PROJECT: **Piano di monitoraggio del Rumore**



7. Bibliografia

- [1] European Marine Strategy Framework Directive Good Environmental Status (MSFD-GES). *Report of the Technical Subgroup on Underwater Noise and other forms of energy*, pp. 31
- [2] BORSANI J.F., FARCHI C. (2011) "*Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne*", ISPRA, Parte prima/seconda, pp. 9-10.
- [3] STUDIO PRELIMINARE AMBIENTE SPA. "Valutazione previsionale di impatto acustico subacqueo". Studio Ambiente 2010.
- [4] ORDINANZA 137 DEL 2013. "Zone di interdizione, limitazione e preavviso del terminale FSRU Toscana"
- [5] ORDINANZA 6 DEL 2014. "Regolamento delle attività del Terminale di Rigassificazione FSRU Toscana"



OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

**Piano di monitoraggio del Rumore del Terminale “FSRU Toscana”
APPENDICE 1: Risultati “stand-alone” – strumentazione**



Rev 0	19/01/2021	<i>Emissione definitiva</i>	<i>MM/SN/CP</i>	<i>AMDB</i>	<i>CP</i>
Rev.	Data	Descrizione della Revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da



Indice generale

Capitolo 1. Risultati consolidati sul monitoraggio FSRU-Toscana “stand alone”	3
Capitolo 2. L'idrofono	5
Capitolo 3. La sonda CTD	9

Indice delle figure

Figura 1 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne P15 e E19 e le singole campagne P15 ed E19.	4
Figura 2 - Diagramma del sistema di misura.	5
Figura 3 - Curve di sensibilità (alto guadagno) misurate in varie condizioni.	6
Figura 4 - Curve di sensibilità rossa alto guadagno, blu basso guadagno con idrofono all'interno della gabbia protettiva.	7
Figura 5 - Conducibilità elettrica in vasca (plot in alto) e stima di velocità del suono in acqua (plot in basso).	7
Figura 6 - Curva alto guadagno (linea rosa) e basso guadagno (linea blu).	8
Figura 7 - Curva di sensibilità in dB fondo scala ADC/uPa.	9
Figura 8 - Valori di calibrazione.	10

Indice delle tabelle

Tabella 1 - Riepilogo dei livelli alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale. I valori di E18 non sono riportati come indicato nel testo.	3
Tabella 2 - Caratteristiche idrofono.	5
Tabella 3 - Confronti della conducibilità e velocità del suono in vasca.	8
Tabella 4 - Valori misurati sul canale digitale.	9
Tabella 5 - Caratteristica sonda mutriparametrica.	10

Capitolo 1. Risultati consolidati sul monitoraggio FSRU-Toscana “stand alone”

Attraverso i livelli misurati in campo negli anni indagati e con la definizione di un adeguato modello di propagazione del suono, è stato possibile determinare, per ciascuna campagna, il livello di emissione alla sorgente (SL: source level), cioè dal Terminale, e individuare la banda di frequenze prevalente in cui il rumore prodotto altera in misura maggiore quello di fondo naturale.

Nel corso dei monitoraggi i risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli degli anni precedenti al livello di PSDf (Power Spectral Density function) in terze di ottava con i valori stimati alla sorgente al fine di verificare l'andamento temporale negli anni. È stata scelta per questi confronti la stazione E100 a -55m (Tabella 1) dalla quale è stata ricavata SL a 1 m dal Terminale.

La Tabella 1 rappresenta la sintesi delle misure effettuate nelle singole campagne per la stazione più prossima al terminale (E100) a 55metri di profondità (SL a 1 m dal terminale calcolato dal SPL a 100 m a cui viene sottratto la TL-trasmission loss). Ad oggi, nella frequenza di 12 kHz, è stato individuato il maggior contributo di rumore del Terminale. Il livello di rumore ambiente misurato nel Bianco a quella frequenza (12 kHz) è stata di 47 dB. La media dei valori ottenuta dai dati di tutte le campagne finora eseguite in presenza del Terminale è pari a 102,5 dB re 1uPa @ 1m e risulta superiore di 55,5 dB re 1uPa @ 1m rispetto al Bianco, mentre il valore massimo (115 dB re 1uPa @ 1m) per quella stazione, risulta maggiore di 68 dB re 1uPa @ 1m.

È utile confrontare il valore di emissione del Terminale con i due valori di riferimento. Il primo, contenuto nella Valutazione Previsionale redatta durante la fase di progetto, riporta nelle conclusioni un valore atteso di 185 dB re 1uPa @ 1m. Il livello massimo finora registrato di 115 dB re 1uPa @ 1m è dunque ampiamente inferiore a quello calcolato in fase di progetto ed approvato dall'Autorità preposta. Il secondo valore di soglia è rappresentato da quello indicato dalle Linee Guida Ispra, che definisce in 110-120 dB re 1uPa @ 1m il limite al di sopra del quale vengono provocate le prime risposte comportamentali nei cetacei a media frequenza presenti nell'area di interesse. Anche in questo caso il livello di 115 dB re 1uPa @ 1m si colloca entro tali limiti di riferimento. Possiamo quindi affermare che non vi sono superamenti rispetto a quanto previsto in fase di progetto e a quanto affermato dalle attuali linee guida.

Tabella 1 - Riepilogo dei livelli alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale. I valori di E18 non sono riportati come indicato nel testo.

Campagna	SL (Valore stimato alla sorgente) [dB re 1 uPa @1m]	Frequenza
A13	107	12KHz
I14	99	12KHz
P14	102	12KHz
E14	99	12KHz
A14	98	12KHz
I15	107	12KHz
P15	98	12KHz
E15	113	12KHz
A15	112	12KHz
I16	111	12KHz
P16	103	12KHz
E16	107	12KHz
A16	109	12KHz
I17	111	12KHz
P17	91	12KHz
E17	93	12KHz
A17	96	12KHz
I18	99	12KHz
P18	92	12KHz
E18	non calcolabili	
A18	98	12KHz

Tabella 1 - Riepilogo dei livelli alla sorgente delle emissioni acustiche del Terminale. I valori di E18 non sono riportati come indicato nel testo.

I19	100	12KHz
P19	98	12KHz
E19	115	12KHz
Max	115	12KHz
Media	102,5	12KHz
Dev St	7,1	12KHz
Min	91	12KHz

Per caratterizzare meglio l'ambiente acustico nell'area del Terminale in tutto lo spettro di frequenze, che va da 20Hz a 40kHz, è stata considerata per ogni campagna una curva di riferimento della PSDf misurata nella stazione E100 a 55 metri di profondità (Figura 1), ossia la stessa curva presa a riferimento per il calcolo del livello alla sorgente della Tabella 1. Di queste curve è stato calcolato il valore minimo, massimo e la media per l'intero spettro di frequenza rappresentato in terze d'ottava.

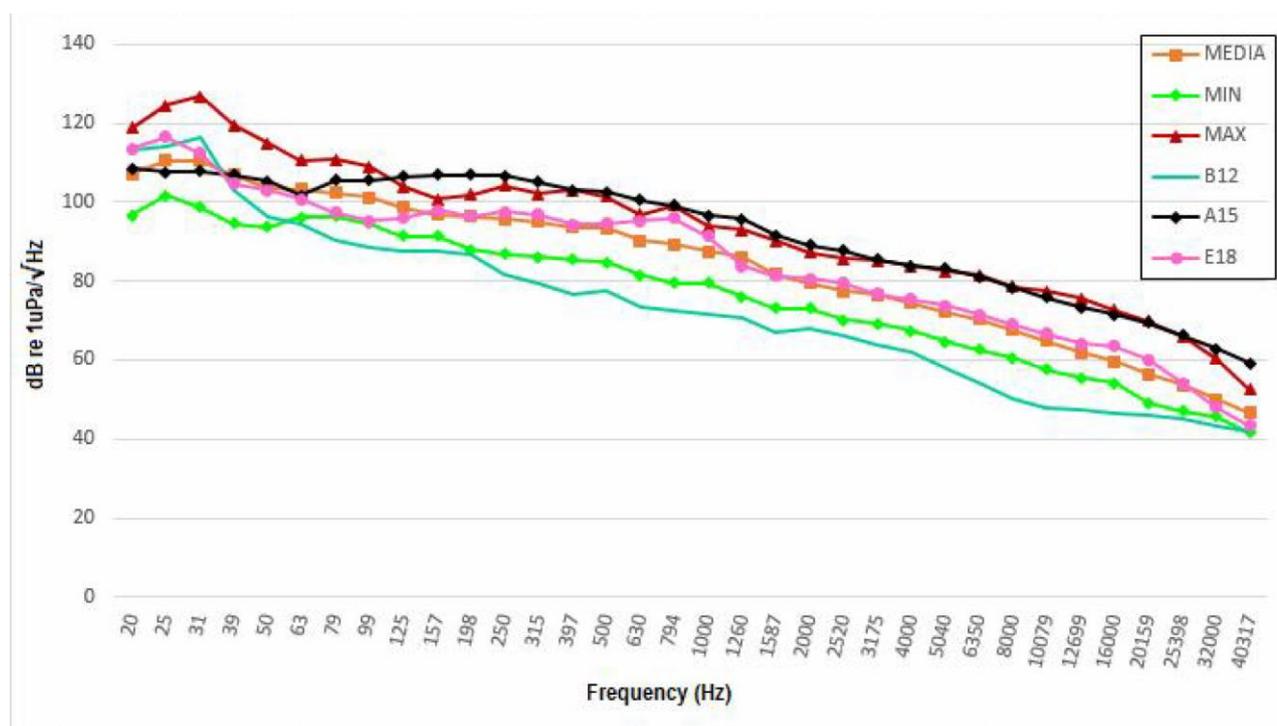


Figura 1 - Confronto fra i livelli PSDf in terze d'ottava del Bianco (B), i valori minimi, medi e massimi calcolati tra le campagne P15 e E19 e le singole campagne P15 ed E19.

La scelta relativa all'impiego di frequenza campione centrata su 12kHz nel monitoraggio stand-alone è giustificata dalle previsioni fatte prima del posizionamento del terminale e dalle prime misurazioni eseguite. Infatti l'ipotesi di presenza di altre fonti di rumore non conosciute ha indotto a scegliere una frequenza centrale (di valore intermedio) tra gli intervalli della banda 20 Hz-40 kHz.

La disponibilità di misure effettuate nella campagna di bianco ha permesso di quantificare il rumore ambientale in assenza del terminale, che tuttavia potrebbe non corrispondere esattamente al rumore ambientale causato da altre sorgenti di rumore quali, ad esempio, traffico navale e particolari condizioni meteo-marine.

Le misurazioni effettuate in presenza del terminale (fase di esercizio) hanno evidenziato, come atteso, che i valori osservati (minimi e massimi) sono sempre stati più elevati rispetto alla curva di bianco (stazione campione E100 a 55 m di profondità). Dall'analisi

delle basse frequenze (50 Hz-1000 Hz) il rumore è originato prevalentemente dal traffico navale indicando quindi fonti di rumore esterne al terminale che si propagano anche da grandi distanze, evidenziando come le maggiori differenze rispetto al bianco siano evidenti intorno alla frequenza di 12kHz e giustificando quindi la scelta di tale frequenza come riferimento per le emissioni del Terminale.

Capitolo 2. L'idrofono

Idrofono digitale Aguatech Smid Technology Serie DH per rilevazione di suoni a bassa frequenza e ampio spettro. Si tratta di idrofono omnidirezionale con 2 preamplificatori a basso rumore con diversi valori di guadagno e 1 digitalizzatore A/D a 2 canali a 24 bit $\Sigma\Delta$ (frequenza di campionamento 192 kHz). (Tabella 2).

Tabella 2 - Caratteristiche idrofono.

Sensibilità canale basso guadagno	dB re V/ μ Pa	-186
Sensibilità canale alto guadagno	dB re V/ μ Pa	-148
Range frequenza	Hz	10 -90.000
Frequenza di campionamento	KHz	100/200
Direzionalità	sferica	omnidirezionale
Rumore di ingresso equivalente	dB re 1 μ Pa/ \sqrt Hz	+24
Consumo	mW	800
Profondità massima	m	1.000

La registrazione avviene tramite acquisizione di segnale con software custom creato appositamente dal costruttore del sistema (Aguatech Smid Technology) per questo scopo.

L'acquisizione simultanea di due canali con guadagni differenti consente di avere una gamma dinamica più ampia e, quindi, raccogliere allo stesso tempo segnali molto deboli o molto forti senza saturazione. Il sistema è dotato di una porta seriale a cui è collegato un dispositivo non acustico (la sonda CTD), in questo modo i dati acustici e non acustici sono integrati nello stesso flusso di dati digitali verso il ricevitore dry-end. Il ricevitore può funzionare in modalità stand-alone in quanto è dotato di due convertitori A/D per uscite analogiche da dati acustici e una porta seriale per l'uscita dati non acustici. L'intero flusso di dati è trasferito a un PC tramite un'interfaccia Ethernet per l'archiviazione dei dati e analisi. La modularità del sistema permette in ogni caso l'integrazione di qualsiasi dispositivo multiparametrico o profilatore di velocità del suono con uscita seriale.

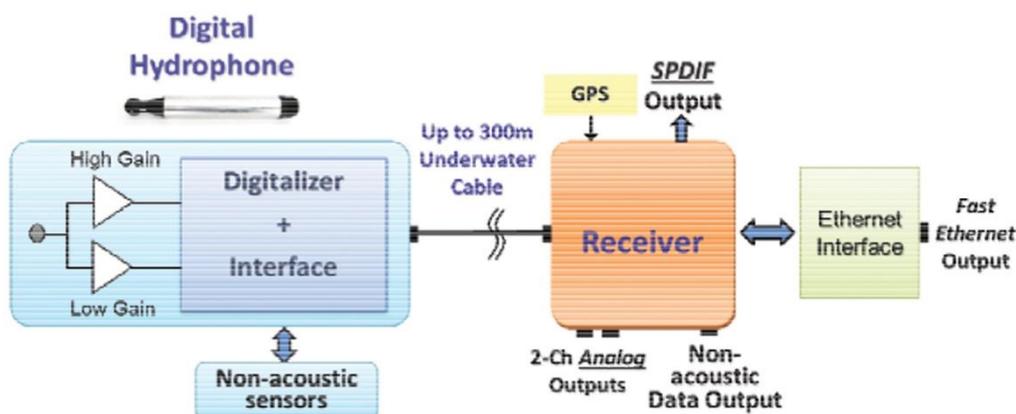


Figura 2 - Diagramma del sistema di misura.

Il Sistema permette:

- Selezione in tempo reale dei punti di misurazione riferiti al termoclino effettivo
- Posizionamento preciso dell'idrofono nella colonna d'acqua
- Ricezione continua dei dati
- la mappatura del rumore ambientale in una griglia di punti
- Distribuire il sistema lungo la colonna d'acqua per la stima SVP (in discesa o in salita)
- Visualizzazione e analisi in tempo reale dell'SVP
- Decidere dove condurre le misurazioni, ad esempio selezionando una profondità sopra e una profondità sotto il termoclino.

Il sistema è stato inizialmente calibrato al CMRE in vasca. Le curve di sensibilità sono state calcolate sia per il guadagno basso che alto. La calibrazione è stata eseguita per confronto utilizzando un idrofono analogico di riferimento calibrato (RESON TC4034); il segnale digitale dell'idrofono è stato acquisito tramite le uscite analogiche del suo ricevitore digitale, dopo conversione D / A al fine di raccogliere dati con un sistema di acquisizione comune. I risultati della calibrazione dell'idrofono sono mostrati nelle figure 3 e 4. Le curve in figura 3 fanno riferimento al canale ad alto guadagno dell'idrofono. Ad alto guadagno la sensibilità dell'idrofono viene confrontata quando l'idrofono si trova in acqua senza la gabbia protettiva mentre il CTD era acceso e spento (plot in alto) e quando è all'interno della gabbia protettiva insieme al CTD (metà plot), con CTD sempre acceso e spento. Non c'è alcuna influenza da parte del CTD in tutta la banda misurata. Il confronto della curva di sensibilità quando l'idrofono è da solo o all'interno della gabbia insieme al CTD è mostrato in figura 2. Questo mira a quantificare l'influenza del telaio e della cassa CTD sulla risposta dell'idrofono. Come previsto, c'è una certa influenza (riflessioni dalle strutture metallica) che provoca una deviazione dalla curva di riferimento (rispetto al solo idrofono) di un massimo di 4 dB.

La figura 3 mostra le curve di sensibilità dei guadagni alto e basso dell'idrofono, quando l'idrofono all'interno dell'intero sistema integrato, con il CTD spento. Le due curve sono identiche, a parte la variazione della sensibilità (costante con la frequenza) corrispondente alla differenza tra i due valori di guadagno (36 dB).

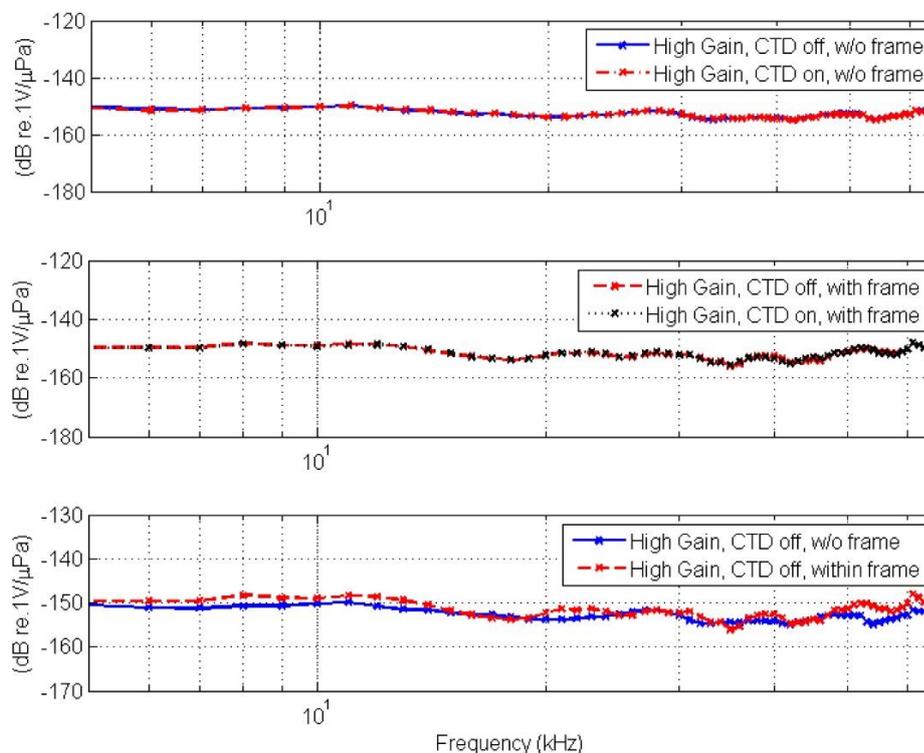


Figura 3 - Curve di sensibilità (alto guadagno) misurate in varie condizioni.

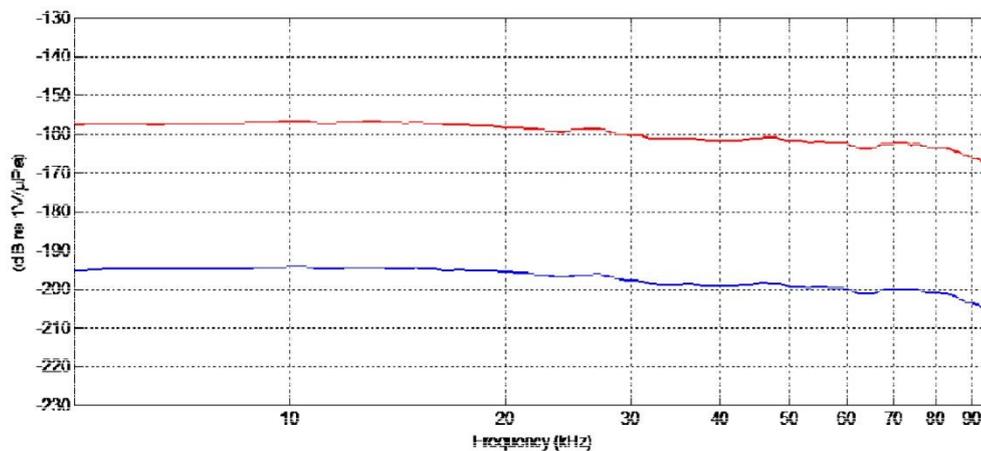


Figura 4 - Curve di sensibilità rossa alto guadagno, blu basso guadagno con idrofono all'interno della gabbia protettrice

La possibile influenza del telaio meccanico e dell'idrofono sulle misure del CTD (in particolare la conducibilità) sono state verificate durante la calibrazione in vasca. Per prima cosa il CTD è stato testato in modalità stand-alone all'interno della vasca (figura 4 plot in alto). Successivamente all'intero della gabbia insieme all'idrofono. In quest'ultimo caso, i dati CTD sono stati integrati con i dati acustici e inviati al ricevitore del sistema in un flusso di dati digitali. Una leggera influenza sulla conducibilità è mostrata in figura 5, che causa un valore leggermente diverso della velocità del suono in acqua tra le due condizioni. Nel test la temperatura dell'acqua era 23,44 °C e salinità 38,8 ‰. La variabilità rientra nella precisione del sensore. Gli effetti della presenza del telaio sulla conducibilità è tale comunque che la variazione della velocità del suono può essere considerata trascurabile dal punto di vista acustico (tabella 3).

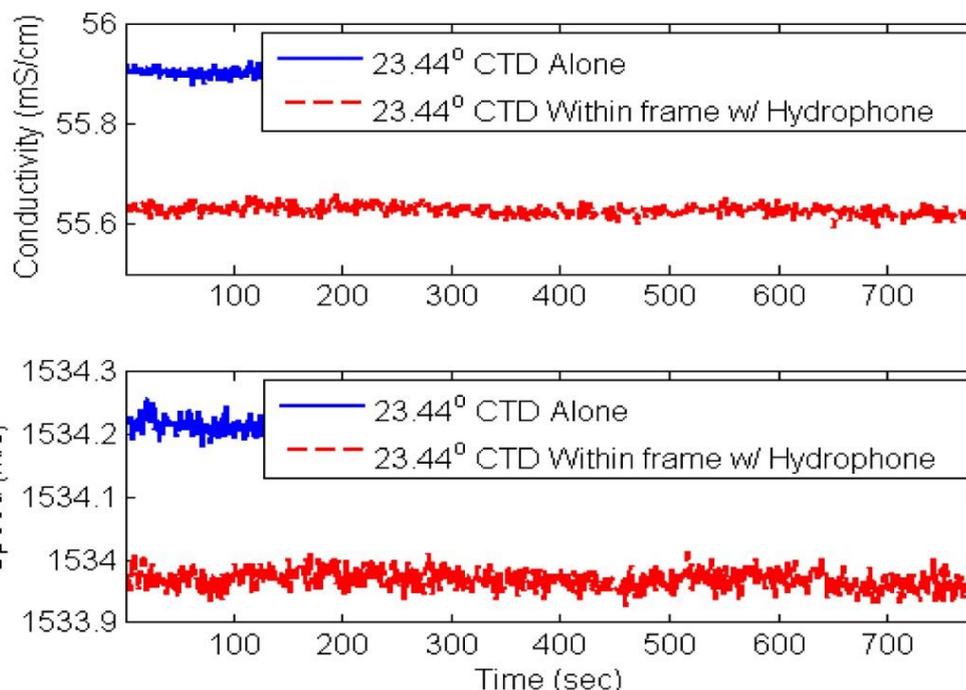


Figura 5 - Conducibilità elettrica in vasca (plot in alto) e stima di velocità del suono in acqua (plot in basso).

Tabella 3 - Confronti della conducibilità e velocità del suono in vasca.

Variable	Mean value		Standard deviation Alone	
	Alone	w/ whole system	Alone	w/ whole system
Conductivity (mS/cm)	55.90	55.626	0.009	0.01
Sound Speed (m/s)	1534.21	1533.97	0.014	0.015

I test ed i valori qui rappresentati sono stati confermati dai monitoraggi in mare.

Un ulteriore calibrazione è stata effettuata nel 2019 nella vasca acustica di COLMAR. Per i canali analogici sono state calcolate le curve di sensibilità prendendo le uscite dei due canali LS e HS del ricevitore e mandandoli all'acquisitore. La calibrazione è avvenuta per riferimento utilizzando un idrofono Colmar mod GP0280 SN103 e un trasduttore ITC1001. In figura 6 sono rappresentate le curve dei 2 canali.

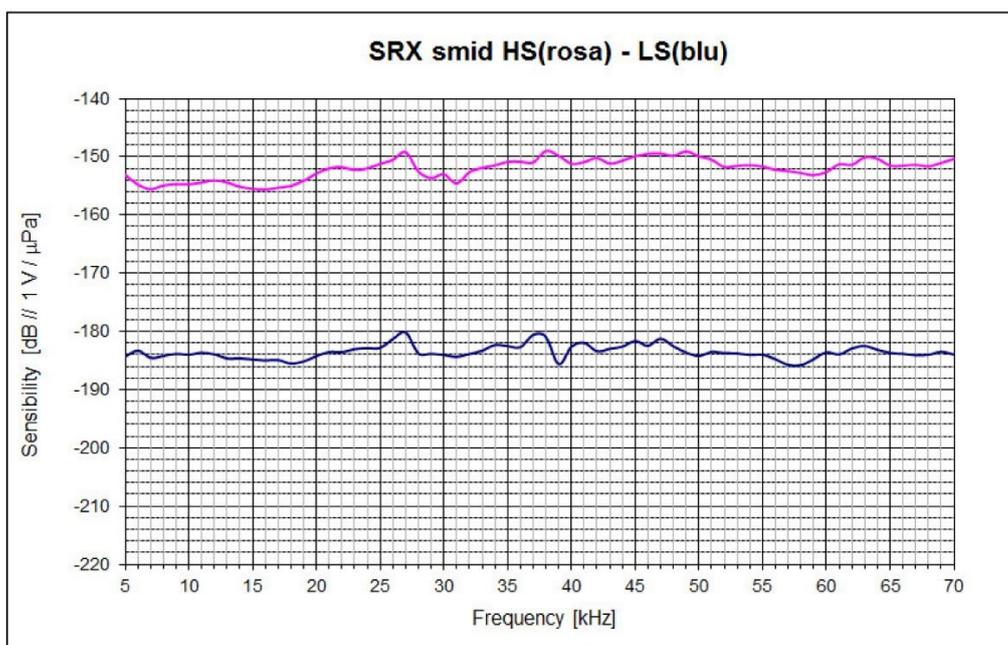


Figura 6 - Curva alto guadagno (linea rosa) e basso guadagno (linea blu).

Per quanto riguarda la calibrazione del segnale digitale, quello che si riporta di seguito è una tabella con i valori determinati durante le misure. Al valore di pressione acustica registrato dall'idrofono di riferimento ad una determinata frequenza si associa il valore in dB re fondo scala ADC, ottenendo così la sensibilità espressa in dB re fondo scala ADC/uPa. Per leggere i segnali digitali e quindi i valori uPa riferiti al fondo scala ADC è stato utilizzato il programma Audacity (tabella 4).

Tabella 4 - Valori misurati sul canale digitale.

freq	sensibilita SN103	veff SN103 (dB re 1Vrms)		dB re 1uPa	uPC rif fondo scala ADC *	dB re fondo scala ADC/uPa
5000	-170,3154557	-16,30617138	0,153	154,0092843	0,45	-160,945034
7000	-170,8667036	-26,1960784	0,049	144,4706252	0,2	-158,4500253
9000	-171,0533734	-25,67993313	0,052	145,3734403	0,45	-152,30919
11000	-171,4673312	-11,0258736	0,281	160,4414576	1	-160,4414576
13000	-171,9009212	-16,19336604	0,155	155,7075552	0,75	-158,2063299
15000	-172,3469657	-17,13970399	0,139	155,2072617	0,9	-156,1224115
17000	-172,7987651	-16,83275016	0,144	155,9660149	0,85	-157,3776364
19000	-173,250098	-18,48906077	0,119	154,7610372	0,65	-158,5027701
21000	-173,695221	-21,61843815	0,083	152,0767828	0,5	-158,0973828
23000	-174,1288689	-21,41162149	0,085	152,7172474	0,55	-157,9099937
25000	-174,5462547	-23,47850395	0,067	151,0677507	0,45	-158,0035005
27000	-174,9430693	-21,61843815	0,083	153,3246311	0,7	-156,4226703
29000	-175,3154819	-17,32922183	0,136	157,98626	0,95	-158,4317879
31000	-175,6601397	-21,11034656	0,088	154,5497931	0,57	-159,432296
33000	-175,9741681	-22,15810795	0,078	153,8160602	0,6	-158,2530352
35000	-176,2551707	-17,45790403	0,134	158,7972667	1	-158,7972667
37000	-176,501229	-21,41162149	0,085	155,0896075	0,8	-157,0278077
39000	-176,7109027	-21,11034656	0,088	155,6005561	0,7	-158,6985953
41000	-176,8832297	-24,15216621	0,062	152,7310635	0,65	-156,4727964
43000	-177,017726	-24,73144013	0,058	152,2862859	0,55	-157,4790321
45000	-177,1143857	-26,37517525	0,048	150,7392104	0,53	-156,253693
47000	-177,1738809	-27,95880017	0,04	149,2148807	0,5	-155,2354807
49000	-177,196562	-27,95880017	0,04	149,2377619	0,38	-157,6420899
51000	-177,1844575	-32,04119983	0,025	145,1432576	0,22	-158,294804

*=letto da audacity (1= full scale, 2uPCpp audacity)

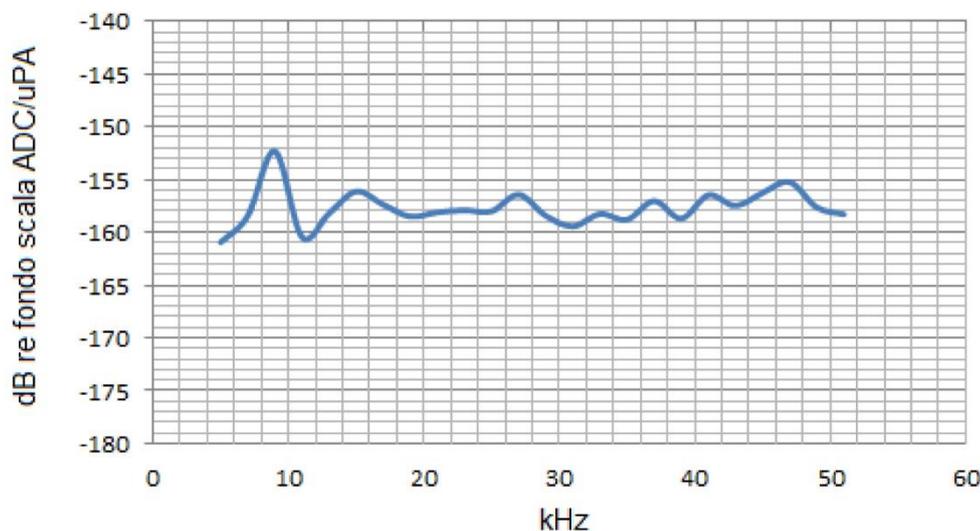


Figura 7 - Curva di sensibilità in dB fondo scala ADC/uPa

In conclusione possiamo indicare come lo strumento descritto sia altamente indicato per le misure da effettuare.

Capitolo 3. La sonda CTD

Sonda multiparametrica CTD Ageotec IMSV con sensori Sonda con sensori CTD per calcolare direttamente la velocità del suono in acqua. I dati sono registrati su file con PC dedicato mediante il software APWin creato dalla casa costruttrice della sonda, con visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e di tutti i parametri indicati nella descrizione dello strumento.

Tabella 5 - Caratteristica sonda mutiparametrica.

Velocità del suono	Range m/sec	1.350-1.600
	Risoluzione m/sec	0.001
	Accuratezza m/sec	±0.060 (P=2000 dbar) ±0.045 (P=100 dbar)
Temperatura	Range °C	-2 ~ 38
	Risoluzione °C	0.001
	Accuratezza °C	±0.01
Conducibilità	Range S/cm	0~70
	Risoluzione S/cm	0.001
	Accuratezza S/cm	±0.01
Pressione	Range dbar	0~2000
	Risoluzione dbar	0.03
	Accuratezza dbar	±1
Salinità	Range ppt	0~40
	Risoluzione ppt	0.001
	Accuratezza ppt	±0.01

Ultima calibrazione della sonda anno 2019 (calibrazione effettuata dalla casa costruttrice ogni 5 anni o qualora si monitorino misure anomale). In figura 8 sono rappresentati i valori della calibrazione effettuata.

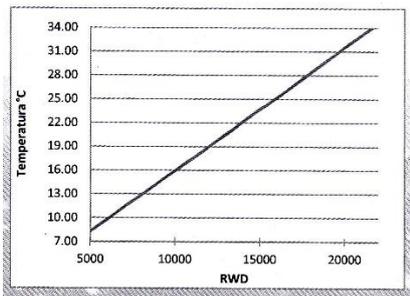
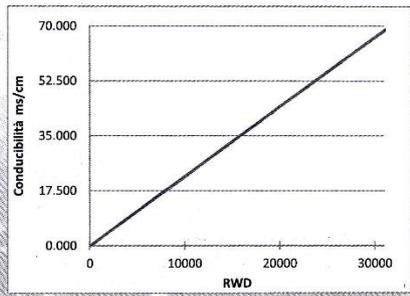
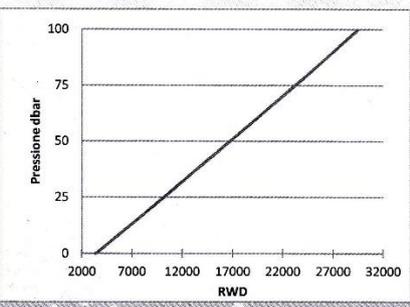
Sensore temperatura	<p>Andamento grafico</p> 	$A(0) = 7.501334E-01$ $A(1) = 1.500675E-03$ $A(2) = 1.699932E-09$
Sensore conducibilità	<p>Andamento grafico</p> 	$A(0) = -1.666842E-01$ $A(1) = 2.231004E-03$ $A(2) = -4.642796E-10$
Sensore pressione	<p>Andamento grafico</p> 	$A(0) = -6.823657+00$ $A(1) = 3.629114E-03$ $A(2) = 6.515438E-10$

Figura 8 - Valori di calibrazione



OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

Piano di monitoraggio del Rumore del Terminale “FSRU Toscana”

APPENDICE 2: Analisi acustica



Rev 0	19/01/2021	Emissione definitiva	MM/SN/CP	AMDB	CP
Rev.	Data	Descrizione della Revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da



Indice generale

Premessa.....	3
Capitolo 1. Analisi locale del rumore.....	3
Capitolo 1.1. Analisi statistica dei dati	4
Capitolo 1.2. Analisi spettrale	7
Capitolo 2. Ricostruzione del livello di sorgente.....	8
Capitolo 2.1. Misure locali, Equazione d'onda e livello di sorgente	8
Capitolo 2.2 – Metodo semplificato per SL Cumulato.....	9
Capitolo 2.3. Il modello BELLHOP e il calcolo di TL	10
Capitolo 2.3.1 Condizioni Oceanografiche.....	13
Riferimenti.....	14

Indice delle figure

Figura 1 - Letture dei voltaggi riportati dall'idrofono relativamente al dato '2020-09-09_15-17-38ch0.wav': si noti la differenza di amplificazione fra i due canali.	4
Figura 2 - Serie temporali della pressione sonora registrata dai due canali dell'idrofono, riportato a titolo di esempio. Si noti la parziale equalizzazione in ampiezza delle due serie, rispetto a ciò che succedeva per i voltaggi.	5
Figura 3 - Esempio di "SPL istantaneo" per i due canali dell'idrofono: in dB l'equalizzazione fra i canali è quasi completa.	5
Figura 4 - La probabilità a posteriori di avere un dato valore di pressione sonora istantanea. Nel riquadro la relazione fra questa e la probabilità che la pressione sonora istantanea ecceda una data soglia θ	6
Figura 5 - Valore del SPL su ogni minuto di dato degli 11 misurati consecutivamente (in blu), paragonato alle soglie di prima risposta comportamentale (First Behaviour Response, FBR) per i cetacei di bassa (rosso), media (ciano) ed alta (verde) frequenza.	6
Figura 6 - Spettro di ampiezza per il Ch.1, riportato a titolo di esempio. Nel riquadro, la formula per il valore totale dell'SPL nella banda di frequenze da f_{min} ad f_{max}	7
Figura 7 - Spettro in terze d'ottava per i dati dal Ch1, a titolo di esempio'.	8
Figura 8 - il campo di transmission loss $TL(r,z)$ per ricavare il SL dalle misure dell'idrofono citate, come esempio, in § 0.	12
Figura 9 - La TL di cui in a 10 m di profondità.	13
Figura 10 - Dipendenza della velocità del suono nell'acqua nelle fasi di Avvicinamento (traccia in blu), di Raffreddamento (traccia in rosso), di Scarica (traccia in verde), di Maximum Rate (traccia ciano) e di Allontanamento (traccia nera).	13



Premessa

Come ben spiegato nel Capitolo 1, i dati raccolti dall'idrofono sono serie temporali di scostamenti istantanei della pressione, δp , dalla pressione idrostatica, dovuti al passaggio dell'onda sonora. Con tali fluttuazioni istantanee $\delta p(t)$ si costruiscono i valori di pressione sonora SPL nell'intervallo di tempo definito intervallo di misura: questo SPL è la *misura in dB del quadrato del rapporto fra RMS della pressione sonora ed una pressione di riferimento* (convenzionalmente pari a $1\mu\text{Pa}$). Nell'acquisizione dei dati si è anche definito, ad ogni istante t di misura, un SPL "istantaneo", detto $\text{SPL}(t)$, come la misura in dB del quadrato del rapporto fra la fluttuazione istantanea di pressione portata dall'onda sonora $\delta p(t)$ e la pressione di riferimento. Con tali serie temporali misurate dall'idrofono si è deciso di affrontare due tipi di analisi differenti che, approfondendo aspetti diversi, risultano complementari e ampliamenti sufficienti a caratterizzare il contesto di rumore che si realizza durante le fasi operative considerate.

- a) Con l'analisi statistica si indaga sul tempo di permanenza del valore istantaneo di rumore $\text{SPL}(t)$ al di sotto o al di sopra delle soglie indicate nelle linee guida ISPRA;
- b) Nell'analisi spettrale invece si ricava, mediante una trasformata di Fourier a partire dalla serie temporale misurata, la distribuzione in frequenza del rumore relativo ad ogni fase operativa analizzata (spettro di frequenza $\text{SPL}(f)$). Obiettivo di questo step è ricavare un valore di SL (Source Level) alla sorgente che sia immediatamente confrontabile con le soglie indicate da ISPRA e con il valore di 185 dB comunicato nel documento di VIA. Per ottenere ciò si opera mediante due strade:
 - Ottenendo nel punto di misura un valore di SPL "cumulato", ovvero un contributo di rumore risultante dal contributo di tutte le frequenze ascoltate dall'idrofono, per poi ricostruire a ritroso, attraverso una formula semplificata (ma sufficientemente accurata per stimare l'ordine di grandezza dei valori in gioco), il rumore prodotto dalla sorgente, ovvero il SL anch'esso "cumulato". Questo approccio è evidentemente conservativo poiché ingloba nel valore finale sicuramente contributi provenienti da fonti diverse dal sistema FSRU-Metaniera-Rimorchiatori, e perché va a sommare anche frequenze che i Cetacei non possono udire;
 - Individuando delle frequenze caratteristiche dei mezzi coinvolti nell'analisi (metaniera, rimorchiatori e Terminale), isolando dallo spettro a quelle frequenze i relativi valori di $\text{SPL}(f)$ e propagando questi ultimi a ritroso fino alla sorgente per ottenere i valori di $\text{SL}(f)$ per essere confrontati con le soglie già citate in precedenza. Questa propagazione "monocromatica" (ovvero relativa ad una sola frequenza) viene operata questa volta per mezzo di un modello di propagazione acustica (modello BELLHOP) che necessita come dato di input anche dello stato del mezzo in cui il rumore si propaga, ovvero i dati misurati dalla sonda CTD. Infine, con lo stesso procedimento e lo stesso strumento modellistico, a partire da ogni $\text{SL}(f)$ ottenuta, è possibile ricavare per ogni frequenza analizzata la distanza dalla fonte di rumore a cui l' $\text{SPL}(f)$ risulta inferiore alle soglie ISPRA scelte.

Nella presente Appendice, si entra nei dettagli matematici dell'approccio appena proposto. L' Appendice è dunque così organizzata:

- nel Capitolo 1 viene descritta l'analisi locale del rumore, ossia l'analisi dei dati così come sono collezionati direttamente dall'idrofono: a carico di questo tipo di analisi non vi è alcuna ipotesi fisica restrittiva sulla natura del mezzo acustico "mare", sebbene si facciano delle assunzioni statistiche di ergodicità che permettono di valutare la stocasticità delle fluttuazioni del rumore dalle variazioni temporali di questo.
- gli studi presentati nel capitolo 2 invece, occupandosi della diagnosi del livello di sorgente (*source level*, SL) cioè di fatto l'SPL in prossimità della sorgente del rumore, dove esso *non* viene direttamente misurato, si fondano su come la propagazione del rumore avvenga nel mare attorno al Terminale "FSRU Toscana". Queste ipotesi sono fondanti dell'uso del modello acustico adottato, richiamato nel capitolo 2.1, che permette di arrivare al calcolo della quantità che maggiormente interessa, ossia la perdita in trasmissione (*transmission loss*, TL) richiamata nel capitolo 2.2.

Capitolo 1. Analisi locale del rumore

Per ogni intervallo temporalmente continuo di misura (lungo al più un minuto), l'idrofono raccoglie due serie temporali $d_1(t)$ e $d_2(t)$, che corrispondono rispettivamente alle letture dei voltaggi (espressi in V) nel canale Ch1 (con sensibilità dichiarata dal costruttore di -186 dB re $V/1\mu\text{Pa}$), e nel canale Ch2 (del quale il costruttore dichiara una sensibilità di -148 dB re $V/1\mu\text{Pa}$). Queste serie temporali di voltaggio vengono facilmente tradotte in serie temporali di fluttuazioni di pressione $p_1(t)$ e $p_2(t)$, la pressione sonora espressa in μPa , misurata su ciascuno dei due canali (questi valori $p_i(t)$ sono numeri reali sia positivi che negativi, poiché rappresentano la fluttuazione

di pressione rispetto all'equilibrio idrostatico del mezzo, associata all'onda sonora). Le serie temporali sono tutte equispaziate, con una frequenza di campionamento F_s pari a 192 kHz e tempo di campionamento di $\tau_s = 5.2083 \cdot 10^{-6}$ s (relativamente molto piccolo: questo comporterà in effetti l'accesso a delle frequenze così elevate che non debbono essere considerate di grande interesse per la bioacustica dei Cetacei).

La trattazione locale dei dati si fa direttamente a partire dalle serie temporali $d_1(t)$ e $d_2(t)$ per ogni minuto di misura, disponendo delle sensibilità per Ch1 e Ch2, od anche sulle serie "più fisicamente leggibili" $p_1(t)$ e $p_2(t)$. a lettura delle serie di voltaggi produce le due "evoluzioni temporali" mostrate in Figura 1 la differenza fra le due serie è dovuta alla diversa amplificazione a cui sono soggetti i due canali dell'idrofono. Il confezionamento delle serie temporali $p_1(t)$ e $p_2(t)$ produce le evoluzioni di cui in Figura 2

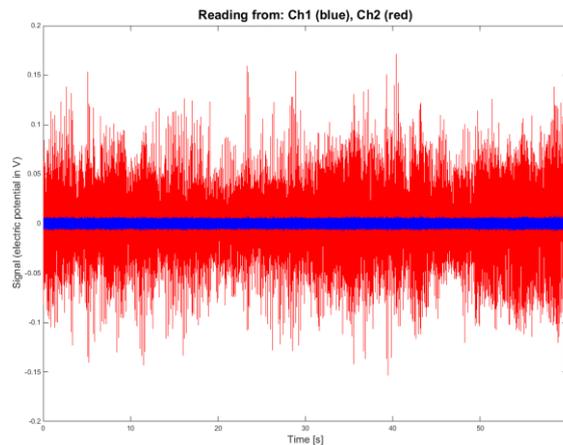


Figura 1- Letture dei voltaggi riportati dall'idrofono relativamente al dato "2020-09-09_15-17-38ch0.wav": si noti la differenza di amplificazione fra i due canali.

Capitolo 1.1. Analisi statistica dei dati

Dalle serie temporali dell'idrofono vogliamo ottenere delle indicazioni sulla pressione sonora, e sui suoi effetti biologici sui Cetacei; tradizionalmente si fa riferimento al *sound pressure level* (SPL), definito come il rapporto in dB fra lo scarto quadratico medio rispetto alla pressione idrostatica dell'ambiente, e una pressione di riferimento p_0 , che in acqua prendiamo pari a $1 \mu\text{Pa}$. Qui diamo, inoltre, una definizione di $SPL(t)$ considerando *in ogni istante* il rapporto fra il valore assoluto della *fluttuazione istantanea* $p(t)$ ricavata dall'idrofono e la stessa p_0 : tale quantità è poi espressa in dB. Le serie temporali $SPL(t)$ per i due canali sono riportate nella Figura 3 nell'inserito bianco, sovrapposto al tracciato delle serie temporali, la formula della definizione di SPL istantaneo al tempo t . Fra l'altro, in Figura 3 si vede come i valori più importanti dell'SPL istantaneo vengano assunti dal suono come registrato nel Ch1. Il fatto che l'equalizzazione dei canali in termini di SPL istantaneo non sia *esatta*, manifesta la naturale problematicità dell'uso delle calibrazioni nominali dello strumento: conforta però nei grafici in Figura 3 lo scarto di pochi dB fra i due $SPL(t)$.

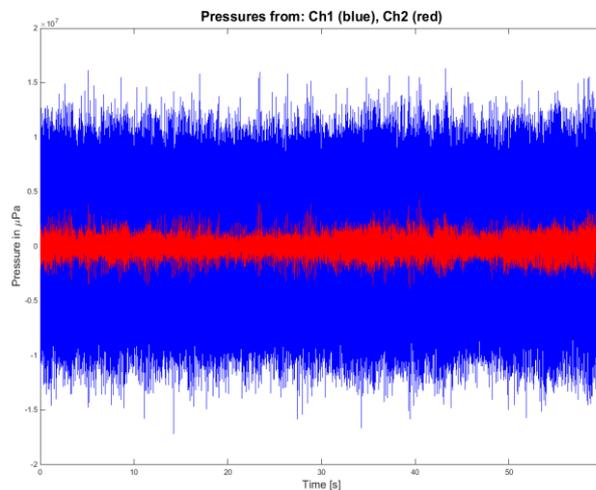


Figura 2 - Serie temporali della pressione sonora registrata dai due canali dell'idrofono, riportato a titolo di esempio. Si noti la parziale equalizzazione in ampiezza delle due serie, rispetto a ciò che succedeva per i voltaggi.

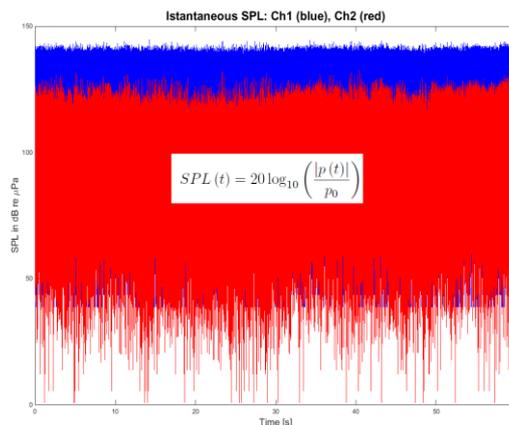


Figura 3 - Esempio di "SPL istantaneo" per i due canali dell'idrofono: in dB l'equalizzazione fra i canali è quasi completa.

Il significato di ciascun valore di $SPL(t)$ è quello del *livello di pressione sonora ad ogni istante*: se costruiamo la *distribuzione statistica* di quei valori avremo la distribuzione del livello di pressione sonora nel tempo (un minuto) delle osservazioni fatte. Tali distribuzioni, ottenute semplicemente come istogrammi normalizzati a 1 degli insiemi di numeri $\{SPL_1(t)\}$ ed $\{SPL_2(t)\}$, esprimono, per ogni valore dell'SPL considerato, la porzione di tempo in cui c'è stata quella pressione sonora istantanea. Nel caso della registrazione '2020-09-09_15-17-38ch0.wav' le due distribuzioni sono quelle riportate in Figura 4 il senso fisico di queste curve è richiamato nel riquadro dello stesso grafico, dove la frazione del tempo di misura in cui la pressione sonora istantanea supera una certa soglia θ , $P(SPL(t) \geq \theta)$, è data semplicemente dalla somma dei valori della distribuzione con $SPL(t)$ da θ in poi. Per ottenere la percentuale del tempo di misura in cui avviene lo stesso sfioramento, ci si limita a moltiplicare codesta $P(SPL(t) \geq \theta)$ per un fattore 100. L'uso di questa informazione è semplicemente quello di mettere le soglie bioacustiche (ISPRa) al posto del valore di θ per valutare, nel dato intervallo di tempo in cui si è fatta la misura, quanta percentuale di quel tempo ha visto l'SPL istantaneo superare tali soglie.

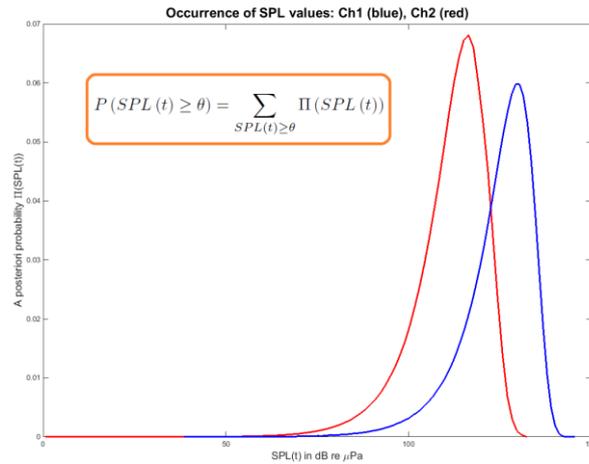


Figura 4 - La probabilità a posteriori di avere un dato valore di pressione sonora istantanea. Nel riquadro la relazione fra questa e la probabilità che la pressione sonora istantanea ecceda una data soglia θ .

Naturalmente, dalle serie delle pressioni $p_1(t)$ e $p_2(t)$ si ricavano anche indicatori più tradizionali, già riportati nella referenza [2] (*Valutazione del rumore sottomarino durante le fasi di allibo di una metaniera al terminale FSRU Toscana – Registrazione e analisi del rumore prodotto*, Maggio 2020), come i valori di SPL di picco e l'SPL “medio” (ossia il valore quadratico medio della $p(t)$ in esame sull'intervallo di tempo di misura).

A partire dalle distribuzioni dei livelli di pressione del suono istantanei si è in grado di calcolare la percentuale del tempo della misura in cui $SPL(t)$ supera le soglie riportate nelle Linee guida ISPRA [6] riportate nel corpo del documento principale, ciascuna soglia essendo relativa alla fisiologia di uno specifico gruppo di Cetacei: in particolare, si sono considerati i valori per emissioni sonore non impulsive (perforazione, passaggio di navi, ...), giudicandola la classe di rumori più simili a quello che è il campo acustico del caso in esame. Di seguito si propone un esempio di confronto in cui abbiamo scelto il valore di SPL soglia θ , invocato nel riquadro della Figura 5, pari a $\theta_{LFC} = 105$ dB re $1\mu Pa$, $\theta_{MFC} = 115$ dB re $1\mu Pa$ e $\theta_{HFC} = 145$ dB re $1\mu Pa$ per i *Cetacei di bassa, media ed alta frequenza* rispettivamente.

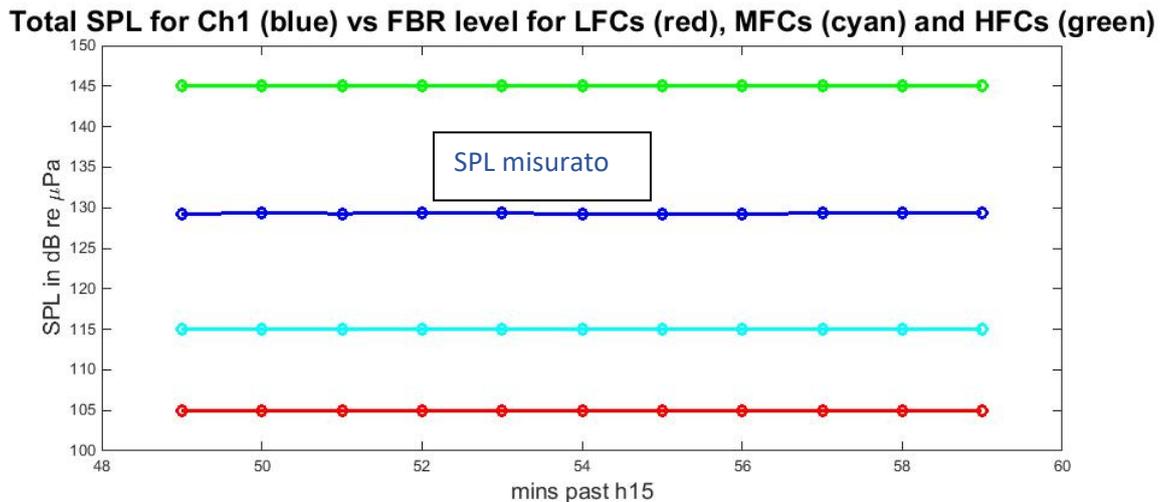


Figura 5 - Valore del SPL su ogni minuto di dato dei 10 misurati consecutivamente (in blu), paragonato alle soglie di prima risposta comportamentale (First Behaviour Response, FBR) per i cetacei di bassa (rosso), media (ciano) ed alta (verde) frequenza.

È importante precisare che il valore di SPL al minuto è calcolato includendo l'energia sonora di tutta la banda di frequenze, da 0 Hz a 40 kHz: così facendo confrontiamo, con i livelli di FBR, TTS e PTS, l'intera energia sonora che raggiunge l'apparato uditivo dei cetacei. Si tratta di una valutazione cautelativa: le bande uditive dei tre gruppi funzionali di cetacei hanno finestre di frequenze udibili molto vaste e sovrapposte (per i LFC da 7 Hz a 22 kHz, per i MFC da 150 Hz a 160 kHz, per gli HFC da 200 Hz a 180 kHz), che coprono quasi tutta la banda emessa. Perciò non appare esagerato, sebbene *molto cautelativo*, considerare l'SPL cumulativo in frequenza per questi confronti.

Capitolo 1.2. Analisi spettrale

Fino a questo momento il suono registrato è stato trattato senza distinguere le *componenti in frequenza*. È però notevole la natura "a banda larga" dei segnali: basta calcolare lo spettro di ampiezza $A(f)$ (periodogramma) di uno dei due segnali fisici, per esempio $p_1(t)$, come riportato in Figura 6 per dimostrare che una larghissima banda di frequenze contribuisce significativamente al dato. Il calcolo di questi spettri, fatto con la più tradizionale trasformata di Fourier delle pressioni, è importante perché può essere usato per calcolare il valore dell'SPL pertinente ad una certa banda fra una frequenza f_{min} ed una frequenza f_{max} , secondo l'integrale riportato nel riquadro di cui in Figura 6.

L'uso che si fa della grandezza indicata come $SPL(f_{min}, f_{max})$ sarà quello di restringere il livello di pressione sonora "totale" relativo alle sole bande di frequenza udibili da questo o quell'altro gruppo funzionale acustico di Cetacei, così come presentati in [2]. Per i cetacei di "bassa frequenza" si intende un intervallo $(f_{min}, f_{max}) = (7 \text{ Hz}, 22 \text{ kHz})$, per quelli di "media frequenza" l'intervallo è $(f_{min}, f_{max}) = (150 \text{ Hz}, 160 \text{ kHz})$, mentre per quelli di "alta frequenza" vale $(f_{min}, f_{max}) = (200 \text{ Hz}, 180 \text{ kHz})$.

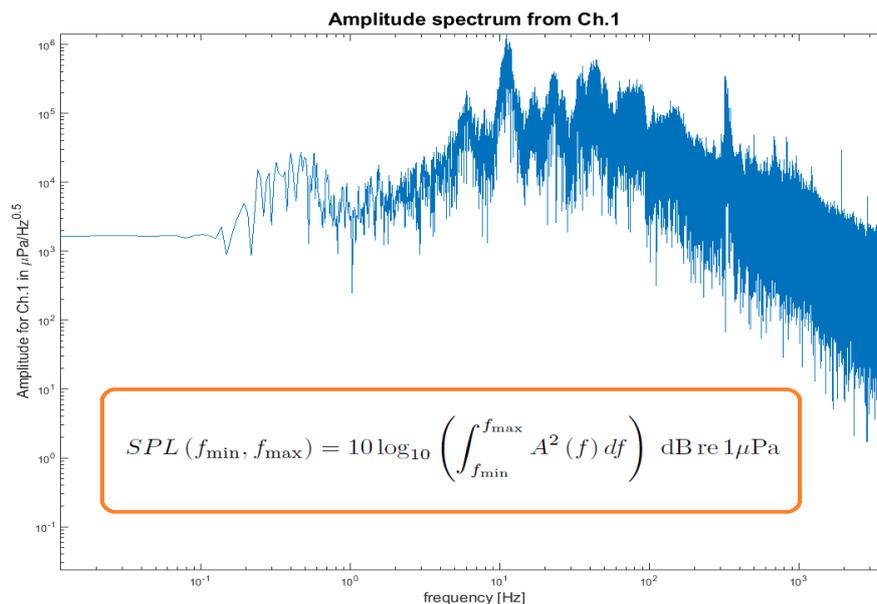


Figura 6 - Spettro di ampiezza per il Ch.1, riportato a titolo di esempio. Nel riquadro, la formula per il valore totale dell'SPL nella banda di frequenze da f_{min} ad f_{max} .

Per una maggiore leggibilità, gli spettri possono essere rappresentati anche in terze d'ottava, ossia considerando un insieme di frequenze "sottocampionato" rispetto a tutti i valori di f ammessi dalla trasformata di Fourier della serie temporale: si parla di "terze d'ottava" perché l'assortimento delle frequenze viene scelto in modo che ogni "ottava" (cioè ogni passo unitario su una scala logaritmica in base 2 dell'asse delle frequenze) sia popolata da tre frequenze. Nello spettro di frequenze che va da 20 Hz a 40 kHz le frequenze scelte f_{III} possono essere, per esempio: $f_{III} = 20\text{Hz}, 25\text{Hz}, 31\text{Hz}, 39\text{Hz}, 50\text{Hz}, 63\text{Hz}, 79\text{Hz}, 99\text{Hz}, 125\text{Hz}, 157\text{Hz}, 198\text{Hz}, 250\text{Hz}, 315\text{Hz}, 397\text{Hz}, 500\text{Hz}, 630\text{Hz}, 794\text{Hz}, 1000\text{Hz}, 1260\text{Hz}, 1587\text{Hz}, 2000\text{Hz}, 2520\text{Hz}, 3175\text{Hz}, 4000\text{Hz}, 5040\text{Hz}, 6350\text{Hz}, 8000\text{Hz}, 10079\text{Hz}, 12699\text{Hz}, 16000\text{Hz}, 20159\text{Hz}, 25398\text{Hz}, 32000\text{Hz}$ e 40317Hz : il grafico della densità spettrale di potenza del solito intervallo di dati seguito sin qui è rappresentato in Figura 7, non su tutte le frequenze ammesse dalla trasformata di Fourier, come in Figura 6, ma solo per i valori di f_{III} .

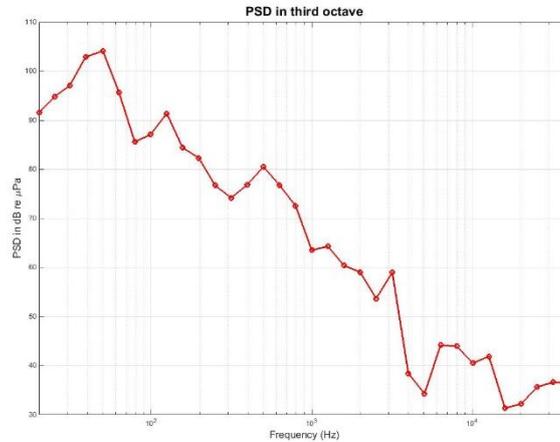


Figura 7 - spettro in terze d'ottava per i dati dal Ch1, a titolo di esempio'.

Capitolo 2. Ricostruzione del livello di sorgente

Con le analisi sopra descritte si caratterizza completamente il rumore registrato nella posizione dell'idrofono. L'obiettivo dei monitoraggi è però quello di caratterizzare il rumore così com'è emesso alla sua sorgente, virtualmente a un metro di distanza dal "punto" in cui la sorgente è concepita. Supponendo che la sorgente sia localizzata nella posizione x_s , e il ricevitore (idrofono) nella posizione x , viene definita la funzione transmission loss TL la quantità per cui la relazione fra l'SPL in x e quello in x_s , detto *Source Level* (SL), vale:

$$SL = SPL(x) + TL(x - x_s)$$

Per conoscere SL a partire dalle misure di SPL occorre quindi metterci in grado di calcolare la quantità TL opportuna: vediamo più nel dettaglio come si arriva ad essa procedendo per step all'interno del prossimo Capitolo.

Capitolo 2.1. Misure locali, Equazione d'onda e livello di sorgente

Nella posizione x_s della sorgente viene prodotta una fluttuazione di pressione $p(x_s)$: questo dà in maniera deterministica la fluttuazione di pressione $p(x)$ che si registra in qualsiasi altro punto x dello spazio, mediante l'*Equazione dell'onda sonora* (EOS). Il campo acustico $p(x)$ è determinato univocamente dal valore $p(x_s)$, dall'*indice di rifrazione acustico* del mezzo n , dalle *condizioni al contorno* ($cond.\partial$) che le fluttuazioni di pressione hanno ai confini del mezzo stesso, dalla *geometria relativa* delle posizioni x_s ed x . L'implicazione logica

$$p(x_s) \xrightarrow{EOS, n, cond.\partial} p(x),$$

utile a determinare il rumore in x a partire dalla emissione in x_s , può essere invertita, per ottenere univocamente, a partire dalla conoscenza di $p(x)$ e delle condizioni al contorno e di n , il valore di $p(x_s)$. Nel nostro monitoraggio dell'inquinamento acustico faremo proprio l'operazione di ricavare il campo in x_s , posizione della sorgente, che *non* misuriamo, a partire dalle misure nelle stazioni dell'imbarcazione, cioè il campo nelle posizioni x

$$p(x) \xrightarrow{EOS, n, cond.\partial} p(x_s).$$

frutto delle nostre misure. Più che le fluttuazioni di pressione verranno messe in relazione i livelli di pressione sonora in \mathbf{x} ed in \mathbf{x}_s , cioè il *sound pressure level* presso \mathbf{x} , definito come

$$SPL(\mathbf{x}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|p(\mathbf{x})|}{p_0} \right),$$

con p_0 pressione di riferimento di solito uguale a 1 μPa , ed il *source level* (SL), cioè l'SPL nella posizione \mathbf{x}_s della sorgente,

$$SL = 20 \log_{10} \left(\frac{|p(\mathbf{x}_s)|}{p_0} \right) = SPL(\mathbf{x}_s).$$

Convenzionalmente, si definisce la *transmission loss* (TL) come differenza fra il SL e il SPL:

$$TL(\mathbf{x}) = SL - SPL(\mathbf{x}) :$$

mettendo insieme le due definizioni, otterremo facilmente la TL espressa come

$$TL(\mathbf{x}) = 20 \log_{10} \left(\frac{|p(\mathbf{x}_s)|}{|p(\mathbf{x})|} \right).$$

Per un mezzo acusticamente passivo, come l'acqua del mare, la pressione sonora alla sorgente $|p(\mathbf{x}_s)|$ è necessariamente maggiore di quella nei punti lontano da essa $|p(\mathbf{x})|$, cosicché il logaritmo che rappresenta TL è sempre maggiore di zero. Coerentemente, la quantità SL è sempre maggiore della quantità SPL in punti diversi dalla posizione della sorgente. A partire dal valore di $SPL(\mathbf{x})$ ottenuto mediante le misure acquisite dall'idrofono, sarà sufficiente applicare la relazione

$$SL = SPL(\mathbf{x}) + TL(\mathbf{x} - \mathbf{x}_s)$$

per poter ottenere il livello sonoro di sorgente SL.

Come premesso, il calcolo di TL necessita di un metodo che costruisca $p(\mathbf{x})$ a partire da $p(\mathbf{x}_s)$, in modo che le fluttuazioni di pressione siano espresse l'una in funzione dell'altra; *rigorosamente* questo "metodo" sarebbe la scrittura della EOS, un'equazione differenziale alle derivate parziali molto difficile da gestire per uno scenario realistico marino: perciò, si fa ricorso a una *teoria semplificata* equivalente alla EOS in opportune condizioni, ossia un *modello di propagazione acustica* (MPA). Il MPA adottato nello studio è il modello BELLHOP, descritto nel Capitolo 2.3. Nel Capitolo 2.2 riportiamo la metodologia per un metodo semplificato e conservativo allo stesso tempo, che permette di calcolare il valore di SL cumulato su tutto lo spettro di frequenze.

Capitolo 2.2 – Metodo semplificato per SL Cumulato

La sorgente durante gli allibi è una multisorgente derivante dal rumore generato da Terminale, rimorchiatori e nave metaniera, che emettono rumore a frequenze predominanti diverse. Per tale motivo si parla di "sorgente equivalente". Per questo, ha senso riferirsi sia alla SL "cumulativa", cioè complessiva, distribuita su tutte le molte frequenze d'emissione; sia alla $SL(f)$ "per banda di frequenza", che misura l'energia acustica emessa attorno ad una specifica frequenza f . Le due grandezze non sono fisicamente indipendenti, visto il segnale "totale" contiene tutte le sue componenti in frequenza, ma rappresentano informazioni complementari nella nostra strategia di monitoraggio e trattamento dei dati.

Il calcolo della SL cumulativa fornisce una misura cautelativa di tutta la potenza acustica emessa dalla sorgente: verificheremo che questo valore sia ben al di sotto dei livelli di barotruma TTS e PTS (soglie come da tabelle delle linee guida ISPRA [6], così da essere certi che le emissioni acustiche che stiamo sorvegliando siano, già alla loro sorgente, incapaci di nuocere alle specie di interesse.

Il calcolo della TL, in ogni caso, è fatto mediante un modello di propagazione acustica nel mare, inteso come una guida d'onda meccanica: così come consentono di simulare il campo acustico nei vari punti dello spazio a partire dalla conoscenza delle caratteristiche della sorgente e del mezzo, i modelli acustici consentono di conoscere "a ritroso" la SL a partire dalle misure di rumore effettuate in un certo punto noto, e le condizioni del mezzo.

Quando si vuol calcolare la TL cumulativa, si usa una formula molto approssimativa, ma anche efficace, in cui il suono è una sovrapposizione di onde cilindriche e sferiche. Si ha [7]:

$$TL(r, z) = 15 \log_{10} \left(\frac{d}{1\text{m}} \right);$$

la distanza d fra la sorgente ed il ricevitore è costruita come:

$$d = \sqrt{r^2 + (z_R - z_S)^2},$$

detta r la distanza fra l'idrofono e la verticale della sorgente, z_R la profondità dell'idrofono e z_S quella della sorgente. In questo studio si assume $z_S = -15$ m. Possiamo in questa maniera ricavare la SL cumulativa mediante la conoscenza delle TL e degli SPL.

A proposito della formula semicilindrica, appare anche chiaro che, in essa comparando soltanto la distanza fra sorgente e ricevitore, non vi è traccia della dipendenza della velocità del suono nel mezzo dal punto, visto che in effetti è rigorosamente valida solo per un mezzo perfettamente omogeneo, in cui il suono non subisca gradienti di rifrazione: ciò preclude, fra l'altro, la possibilità di evidenziare l'effetto della presenza/assenza del termoclino superficiale utilizzando questa formula, che va presa solo come dispensatrice di un ordine di grandezza della SL dato l'SPL.

Capitolo 2.3. Il modello BELLHOP e il calcolo di TL

L'analisi del Source level ad una data frequenza $SL(f)$ presentata in questo capitolo verrà utilizzata per effettuare un opportuno confronto con i valori limiti di disturbo comportamentale FBR (limiti soglia delle prime risposte comportamentali delle linee guida ISPRA [6]).

Il calcolo, della $SL(f)$ verrà fatto specificamente per una serie di frequenze dello spettro in terze d'ottava (Figura 7), in modo da perseguire due risultati: da una parte, tentare una possibile identificazione della sorgente della specifica componente di Fourier, o della sua maggior parte, avvalendosi delle informazioni di letteratura delle frequenze di emissione delle singole sorgenti (Terminale, Rimorchiatori e nave di appoggio) dall'altra, considerando lo specifico gruppo funzionale di cetacei (LFC, MFC, HFC), nel cui spettro uditivo cade la frequenza in esame, confrontare la $SL(f)$ con le soglie FBR, ed eventualmente verificare a quale distanza dalla sorgente stessa il risultante SPL(f) scende sotto la soglia di prima risposta comportamentale in esame.

Consequentemente alla definizione di SL cumulativa e frequenza-specifica, la TL viene calcolata in modo diverso a seconda che serva per mettere in relazione SL ed SPL "cumulativi", oppure pertinente ad una particolare componente monofrequenza (per cui useremo il simbolo $TL(f)$, con riferimento alla particolare banda di frequenza f). La versione monofrequenza della precedente relazione fra SL, TL ed SPL è:

$$SL(f) = PSD(f) + TL(f).$$

Il calcolo della TL è fatto mediante un modello di propagazione acustica nel mare, così come spiegato nel Capitolo 2.1, inteso come una guida d'onda meccanica: la cosa matematicamente interessante della trattazione dei segnali monofrequenza è che essi sono facilmente trattabili, se questa frequenza è opportunamente elevata (se cioè la lunghezza d'onda associata è molto minore delle scale di variabilità del mezzo stesso), come propagazioni *radiali*, perciò trattabili con codici che nominalmente integrano equazioni differenziali ordinarie anziché le equazioni alle derivate parziali che descriverebbero esattamente il fenomeno ondulatorio.

Il modello di propagazione radiale che qui si utilizza è il *modello BELLHOP*, realizzato da M. Porter, e reso disponibile dalla "Heat, Light, and Sound Research, Inc." alla comunità scientifica. Il modello è introdotto in letteratura, per esempio, in [3]; un manuale di BELLHOP è scaricabile da [4]. Il modello BELLHOP fa parte di una più ampia famiglia di modelli idroacustici, dovuti sempre al gruppo di ricerca di Porter, e riuniti nell'"Acoustic Toolbox" scaricabile alla pagina web [5].

Nel modello adottato il mare è una guida d'onda confinante superiormente con l'aria ed inferiormente con il fondale. Questi due "confini" (su cui saranno date le cond. ∂) potrebbero essere tutt'altro che piani e paralleli, tant'è che il BELLHOP ammette una altimetria ed una batimetria non banale da includere nelle cond. ∂ ; nelle operazioni pratiche, causa anche le semplificazioni imposte dalla strumentazione di supporto utilizzata, *la superficie del mare deve essere piatta, mentre il fondo del mare ha una batimetria semplificata, ma ispirata a quella reale*. Come detto nel Capitolo 2.1, oltre alle cond. ∂ occorre, per legare $p(\mathbf{x})$ a $p(\mathbf{x}_s)$ determinando $TL(\mathbf{x})$, la conoscenza dell'indice di rifrazione acustico n nel mezzo: questa sarà data dalla conoscenza della *velocità del suono nel mare*, indicata come c_s , misurata mediante la sonda CTD nelle stazioni in cui si acquisiscono le misure di rumore.

I raggi acustici con cui nel modello BELLHOP si descrivono le onde sonore sono punto per punto perpendicolari al fronte d'onda; essi si dipartono dalla sorgente e, incurvandosi come dettato dal gradiente spaziale di c_s , fino a rimbalzare nei punti di discontinuità spaziale di tale velocità (ai confini della guida d'onda, cioè, al passaggio fra acqua ed aria, o fra acqua e fondo marino),

raggiungono le posizioni \mathbf{x} , dove determinano il campo acustico $p(\mathbf{x})$. I raggi acustici sono caratterizzati, oltre che dalla direzione iniziale che si diparte dalla sorgente, anche dalla frequenza: infatti, si arriva alla rappresentazione radiale risolvendo l'equazione d'onda sonora mediante scomposizione in onde piane di Fourier del campo p stesso, e a ogni fronte d'onda di frequenza assegnata si fa corrispondere un raggio la cui dinamica nel mezzo *dipende* dalla frequenza della componente che quel raggio approssima. Così, dalla sorgente il modello BELLHOP fa partire molti raggi sonori di geometria e frequenza diversa, che finiscono per interferire nel punto \mathbf{x} a cui si è interessati determinando $p(\mathbf{x})$.

Nella schematizzazione adottata per l'utilizzo del modello BELLHOP si calcola la propagazione dell'onda in uno spazio "cilindrico", fatto di piani verticali passanti per la verticale di x_s , ogni punto dei quali è rappresentato da una coppia di coordinate z , la profondità, ed r , la distanza dalla verticale della sorgente stessa. Il campo acustico può essere calcolato su ciascun piano verticale. Le stazioni di misura durante il monitoraggio "stand alone" sono orientate sulle direttrici Sud-Nord ed Est-Ovest, per cui si individuano quattro semipiani su cui calcolare $p(r,z)$: verso Sud, verso Nord, verso Est e verso Ovest, con l'asse delle z sulla verticale della sorgente. Inoltre, lungo ciascuna delle quattro direttrici giacciono diverse stazioni, tipicamente a 100 m, 1 km, e 10 km dalla sorgente, raggio per cui la sonda che misura la velocità del suono $c_s(r,z)$ riporterà, per esempio, queste misure con $r = 100$ m, 1 km, , 10 km.

Anche se, in linea di principio, la velocità del suono dipende sia da r che da z , come $c_s(r,z)$, nell'uso del modello BELLHOP ci si accontenta di usare una c_s , e quindi un indice di rifrazione sonoro, dipendente dalla sola profondità, come $c_s(z)$: per ciascuna stazione di misurazione, si considererà che il "semipiano cardinale" che la contiene sia caratterizzato da un unico profilo $c_s(z)$ risultante dalle misure effettuate in quella stazione stessa.

Tale profilo viene utilizzato dal modello BELLHOP come la velocità del suono sul semipiano cardinale contenente la stazione in esame; con esso, il BELLHOP traccia i raggi acustici che collegano la posizione della sorgente $(r, z) = (0, z_s)$ a un certo numero di "ricevitori" immaginari, che costituiscono una vera griglia, più o meno fitta a seconda delle impostazioni regolabili dall'utilizzatore, di posizioni (r, z) sul semipiano stesso.

Quando si conducono le campagne di monitoraggio del rumore durante l'allibio di metaniera, grandi o *small scale*, l'imbarcazione si manterrà invece a 4 n.m. dal Terminale in una posizione sola, scelta in modo da ottimizzare l'ascolto del rumore della nave in arrivo o in partenza, e questa posizione non necessariamente giacerà su un semipiano cardinale.

Tracciati i raggi acustici, il modello "si ricorda" che quelle traiettorie sono semplicemente un modo di rappresentare il suono, e quindi "mette in campo" la *natura ondulatoria* di quest'ultimo per calcolare il campo $p(r,z)$ in tutte le posizioni del piano: il BELLHOP è capace di calcolare $p(r,z)$ sotto diverse ipotesi, selezionabili dall'utilizzatore, che rappresentano *diversi gradi di approssimazione della natura ondulatoria del suono* mediante i raggi.

Anzitutto, i raggi *interferiscono*, visto che rappresentano fronti d'onda; si possono scegliere diversi tipi di interferenza, ed in particolare si sceglie un'ipotesi di *interferenza incoerente*: questo serve a tener conto della rifrazione molto complicata che la superficie del mare, fittamente ondata, produce sui raggi che riflette verso il basso, dando un effetto diffrattivo locale. Si potrebbe obiettare che quando la rugosità della superficie dovuta al moto ondoso è sufficientemente importante, su scale spaziali confrontabili con la lunghezza d'onda del suono, la stessa rappresentazione radiale entra in crisi a livello teorico; ciò è vero, ma tale condizione fisica corrisponderebbe a una condizione di mare impraticabile per le misure con l'idrofono in uso.

Un'ulteriore ipotesi che avvicina la descrizione radiale a quello che avremmo con onde sonore "vere" è l'uso di *fasci* anziché di raggi: cioè, l'energia sonora viene immaginata distribuita attorno al raggio, invece che concentrata tutta sulla traiettoria unidimensionale del raggio; attorno al raggio calcolato dal BELLHOP, si immagina un profilo Gaussiano di distribuzione dell'energia sonora (*Gaussian beam approximation*), e questo evita che i calcoli producano artificiose quantità "infinite" nelle regioni cosiddette caustiche.

Per ogni semipiano su cui interessa calcolare $p(r,z)$, il modello BELLHOP può restituire direttamente $TL(r,z)$, una volta che siano assegnati:

- la profondità z_s a cui giace la sorgente (di solito, 10 m o 15 m);
- la batimetria lungo il semipiano verticale contenente sorgente e ricevitore;
- la frequenza a cui riferiamo i raggi calcolati dal BELLHOP: nel caso del monitoraggio "stand alone" si sceglie $f = 12$ kHz come frequenza a cui l'emissione del Terminale massimamente si discosta dal rumore di fondo; nel caso del monitoraggio degli allibi, si ripete il calcolo per una collezione di frequenze presumibilmente rappresentative delle varie sorgenti che costituiscono il sistema (metaniera, Terminale e rimorchiatori);

- Il tipo di somma (interferenza) delle onde acustiche (raggi) che si opera per calcolare il campo acustico locale, che nella presente applicazione si fa in maniera *incoerente*: questo tiene di conto della rugosità della superficie marina data dal moto ondoso, come prima accennato.

Dopo che il modello BELLHOP ha calcolato $TL(f)$, per ogni osservazione SL sarà possibile determinare il source level come $SL(f) = SPL(f) + TL(f)$; avendosi diverse osservazioni, avremo in principio un SL per ciascuna osservazione, e potremo restituire il dato calcolando SL come “media” su queste osservazioni e attribuendo alla standard deviation dell’insieme di osservazioni il ruolo di incertezza sull’ SL calcolato. Si estende questa media, e il calcolo di questa incertezza, a osservazioni entro le quali la SL si presume mantenersi costante: quindi, entro i minuti di osservazione di una stessa stazione, nel caso del monitoraggio “stand alone”; entro i circa 10 minuti di osservazione di una stessa “fase”, nel caso del monitoraggio dell’allibo.

Come esempio concreto dell’uso del modello BELLHOP possiamo considerare l’osservazione da idrofono citata nei Capitoli 1.1 ed 1.2: utilizzando la batimetria del semipiano meridionale, possiamo calcolare il campo $TL(r, z)$ come in Figura 8; restringendosi, poi, alla profondità di 10 m, otteniamo la $TL(r, 10\text{ m})$ di cui in Figura 9.

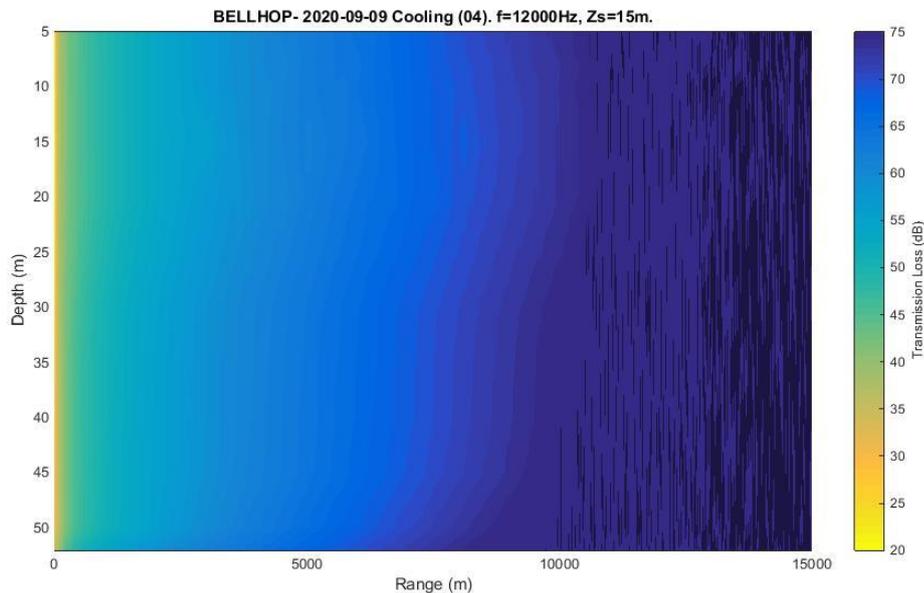


Figura 8 - il campo di transmission loss $TL(r,z)$ per ricavare il SL dalle misure dell'idrofono citate, come esempio, in § 0.

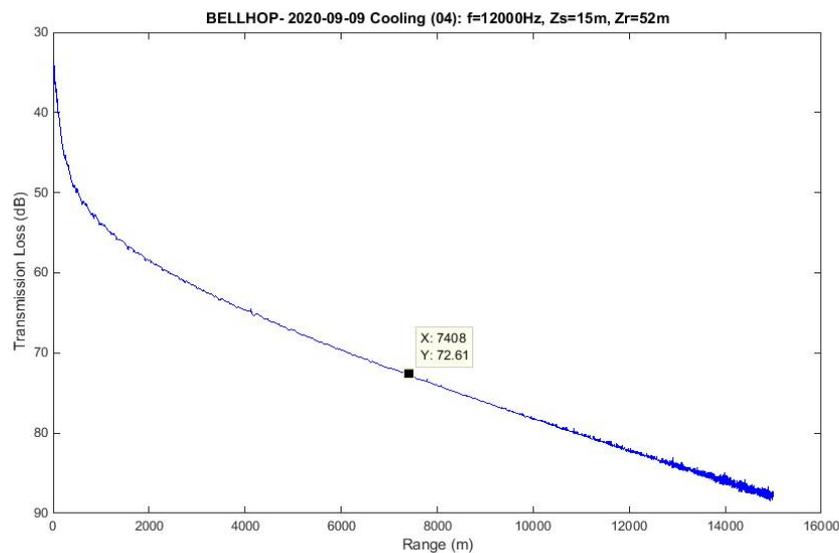


Figura 9 - La TL di cui in a 10 m di profondità.

Capitolo 2.3.1 Condizioni Oceanografiche

All'utilizzo del modello BELLHOP è necessaria la conoscenza delle *condizioni oceanografiche* del mezzo, che vengono descritte mediante la dipendenza della velocità del suono nell'acqua c_s dalla profondità z , così come misurata dalla sonda CTD durante l'acquisizione dei dati di idrofono. Tali misure della sonda sono riportate a titolo di esempio nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, definite rispetto al moto della metaniera e alle attività correlate di Allibo. Le fasi sono "Avvicinamento", Affiancamento (manovra ed attracco), "Allibo" (Raffreddamento-Discarica-Maximum Rate di scarica) ed "Allontanamento", nella stessa campagna in cui sono state prese le misure descritte nei Capitoli 1.1 ed 1.2.

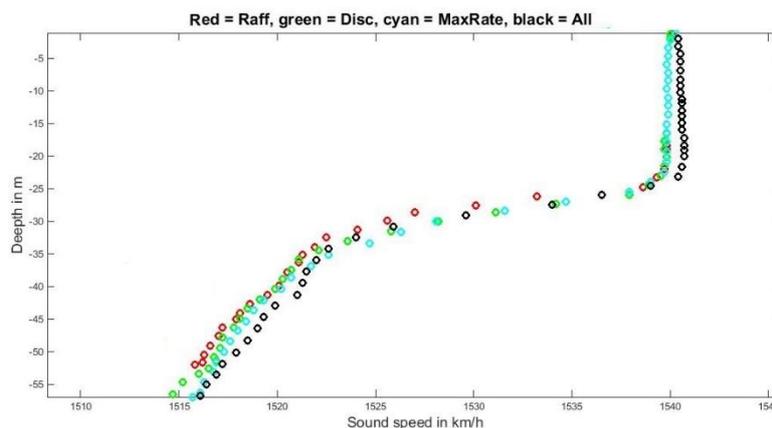


Figura 10 - Dipendenza della velocità del suono nell'acqua nelle di Raffreddamento (traccia in rosso), di Discarica (traccia in verde), di Maximum Rate (traccia ciano) e di Allontanamento (traccia nera).



OLT OFFSHORE LNG TOSCANA

PROJECT: Piano di monitoraggio del Rumore



Riferimenti

1. Documento Principale: *Piano di monitoraggio generale per il terminale FSRU-Toscana*.
2. *Valutazione del rumore sottomarino durante le fasi di allibo di una metaniera al terminale FSRU Toscana – Registrazione e analisi del rumore prodotto* (Maggio 2020).
3. Michael B. Porter, *Beam tracing for two- and three-dimensional problems in ocean acoustics*, The Journal of the Acoustical Society of America 146, 2016 (2019); doi: 10.1121/1.5125262.
4. Michael B. Porter, *The BELLHOP Manual and User's Guide: PRELIMINARY DRAFT*, scaricabile presso il sito web: <http://oalib.hlsresearch.com/Rays/>.
5. "Acoustic Toolbox", pagina web: <http://oalib.hlsresearch.com/AcousticsToolbox/>.
6. Borsani J.F., Farchi C. (2011) "Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne", ISPRA, Parte seconda, pp. 9-10.
7. "Venis Cruise 2.0 - Nuovo Terminal Crociere di Venezia, Bocca di Lido - Approfondimenti sulla Componente Rumore". Doc. No. 14-1316-H16, Rev. 0 - Febbraio 2016, Duferco Italia Holding S.p.A., Brescia, Italia, DP Consulting S.r.l. Treviso, Italia



OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI
RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

**Allegato 2
Elenco dei composti cloroderivati**



Rev. 0	7.01.2021	Emissione per commenti	AMDB	GBP	CP
Rev.	Data	Descrizione della Revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

Elenco dei composti cloroderivati da determinare nelle tre matrici (sedimenti, acqua, *M. galloprovincialis*) investigate.

		Sedimenti	Acqua	Mitili
Acidi Aloacetici	Dalapon	*	*	*
	Acido Dibromoacetico	*	*	*
	Acido Tribromoacetico	*	*	*
	Acido Monobromoacetico	*	*	*
	Acido Bromodichloroacetico	*	*	*
	Acido Bromocloroacetico	*	*	*
	Acido Dichloroacetico	*	*	*
	Acido Trichloroacetico	*	*	*
	Acido Monocloroacetico	*	*	*
	Acido Clorodibromoacetico	*	*	*
Alometani	Bromoformio	*	*	*
	Cloroformio	*	*	*
	Bromodichlorometano	*	*	*
	Dibromoclorometano	*	*	*
	Tetracloruro di carbonio	*	*	*
Acetonitrili	Trichloroacetoneitrile	*	*	*
	Dibromoacetoneitrile	*	*	-
	Dichloroacetoneitrile	*	*	*
VOC	1,2-Dibromoetano	*	*	*
	1,1,1-Trichloro-2-propanone	*	*	-
	1,1,1-Trichloroetano	*	*	*
	1,1,2-Trichloroetano	*	*	*
	1,1-dichloro-2-propanone	*	*	-
	Tetracloroetilene	*	*	*
	1,2,3-Trichloropropano	*	-	*
	1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	*	-	-
Trichloroetilene	*	*	*	
Alofenoli (SVOC)	2,4,6-trichloro fenolo	*	*	*
	2,4-dichloro fenolo	*	*	*
	4-cloro-3-metil fenolo	*	*	*
	Pentaclorofenolo	-	*	-
Cloropicrina	Cloropicrina		*	



OLT Offshore LNG Toscana S.p.A.



**TERMINALE GALLEGGIANTE DI RIGASSIFICAZIONE
FSRU - TOSCANA**

Piano di monitoraggio dell'ambiente marino

**Allegato 3
Metodi di analisi e strumentazione utilizzata**



Rev. 0	7.01.2021	Emissione per commenti	AMDB	GBP	CP
Rev.	Data	Descrizione della Revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	MATERIALI E METODI.....	3
2.1	COLONNA D'ACQUA.....	3
	2.1.1 Profili idrologici.....	3
	2.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	3
	2.1.3 Plancton.....	4
	2.1.4 Saggi ecotossicologici	5
	Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase liquida	5
	Phaeodactylum tricornutum	5
	Acartia tonsa	5
	Cassostrea gigas	5
2.2	SEDIMENTI	6
	2.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche	6
	Analisi granulometriche	6
	Analisi chimiche	6
	Analisi microbiologiche	7
	2.2.2 Saggi ecotossicologici	8
	Cassostrea gigas	8
	Corophium orientale	8
	Vibrio fischeri (sistema Microtox®) - fase solida	8
2.3	BIOTA.....	8
	2.3.1 Macrozoobenthos	8
	2.3.2 Meiobenthos	9
	2.3.3 Bioaccumulo	9
	2.3.4 Biomarkers.....	10
	2.3.5 Fauna ittica bentonectonica.....	11
	2.3.6 Cetacei e tartarughe marine	12
2.4	INDAGINI GENERALI	12
	2.4.1 Misura del rumore.....	12
	2.4.2 Bioacustica	12
3	STRUMENTAZIONE	13
3.1	SONDA IDROMARAMBIENTE MODELLO MAR-3	13
3.2	SONDA MULTIPARAMETRICA MISURAZIONE PAR	13
3.3	SPETTRORADIOMETRO SUBACQUEO.....	14
3.4	HPLC SHIMADZU CLASS VP (ANALISI CLOROFILLA A E DIVERSITÀ PIGMENTARIA)	15
3.5	AUTOANALYZER AA4 BRAN+LUEBBE (DETERMINAZIONE DEI NUTRIENTI)	16
3.6	ANALISI CHIMICHE.....	17
3.7	STRUMENTAZIONE PER BIOACUSTICA.....	17

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua (caratteristiche fisiche e chimiche)	3
Tabella 2 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento.....	7
Tabella 5 - Metodi relativi alla analisi chimiche su <i>M. galloprovincialis</i>	9

1 PREMESSA

La mole di dati acquisiti negli anni di monitoraggio richiederà di modificare nel tempo anche i metodi di elaborazione. Le *long-term series* infatti richiedono approcci statistici differenti avendo finalità diverse rispetto ai data-set ristretti. Si parla quindi di un'evoluzione dell'approccio utilizzato, che sarà puntualmente descritto nei report annuali di restituzione ed elaborazione dei dati ambientali. Analogamente, anche la strumentazione analitica utilizzata potrà essere rinnovata, e verrà indicato chiaramente nei rapporti annuali.

In questo documento vengono riportati i metodi di analisi dei campioni e la descrizione dei principali strumenti analitici ed apparecchiature utilizzate.

2 MATERIALI E METODI

2.1 Colonna d'acqua

2.1.1 Profili idrologici

I **profili idrologici** verranno eseguiti tramite sonda Idromarambiente modello MAR-3 dotata di sensori specifici per la determinazione dei seguenti parametri: Temperatura, Conducibilità, Ossigeno, pH, Potenziale redox, Torbidità, Fluorescenza.

I profili sottomarini della **Photosynthetic Available Radiation (PAR)** quantica (400-700nm) saranno acquisiti tramite sonda CTD SeaBird Electronics 19V2Plus. Dai profili di PAR viene ricavata la profondità della zona eufotica (Zeu), indice sintetico della trasparenza delle acque, analizzata per i confronti tramite ANOVA (OriginPro 2017).

L'**irradianza spettrale** sottomarina sarà misurata con spettrometro TRIOS Ramses. Dall'irradianza spettrale viene calcolata la riflettanza, utilizzata tramite regressioni in funzione della biomassa fitoplanctonica (Clorofilla a) come indice di eventuale alterazione dello stato delle acque.

2.1.2 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

I campioni per la caratterizzazione della colonna d'acqua saranno prelevati tramite bottiglie Niskin.

Per i metodi di analisi si rimanda alla tabella sottostante.

Tabella 1 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua (caratteristiche fisiche e chimiche).			
Prova	Metodo	Unità Misura	Limite Rilevabilità
Nutrienti inorganici	Spettrofotometria	µM	0,03
Sostanza organica disciolta	Spettrofotometria	m ⁻¹	0,04
Solidi sospesi	Metodo gravimetrico	mg/l	0,00001
Clorofilla a	HPLC	mg m ⁻³	0,05
Idrocarburi totali	UNI EN ISO 9377-2:2002	µg/l	10
Tensioattivi anionici	MP 287 REV 0 2019	mg/l	0,05
Tensioattivi non ionici	UNI 10511-2:1996+A1:2000	mg/l	0,03
Acidi aloacetici			
Dalapon	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Tribromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Monobromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromodichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Bromocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Dichloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Tricloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	0,5
Acido Monocloroacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Acido Clorodibromoacetico	EPA 552.3 2003	µg/l	2
Aloacetoni-trili			
Dibromoacetoni-trile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Dichloroacetoni-trile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Tricloroacetoni-trile	EPA 551 1990	µg/l	0,05
1,1,1-Tricloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,2
1,1-Dicloro-2-Propanone	EPA 551 1990	µg/l	0,05
Cloropicrina	EPA 551 1990	µg/l	0,5
Alometani e Composti Organici Volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01

Tabella 1 - Metodi relativi alle analisi effettuate sui campioni di acqua (caratteristiche fisiche e chimiche).			
Prova	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Carbonio Tetracloruro	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Tricloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Dicloro Bromo Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Tetracloro Etilene	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Dibromo Cloro Metano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Bromoformio	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,2-Dibromo Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5030C:2003+EPA 8260D2018	µg/l	0,01
Alofenoli			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2
Pentaclorofenolo	EPA 3510C 1996+EPA 8270E 2018	µg/l	0,2

Analisi microbiologiche

Le **analisi microbiologiche** per la ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali, sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.

Coliformi totali: APAT CNR IRSA 7010 C Man 29 2003

Coliformi fecali: APAT CNR IRSA 7020 B Man 29 2003

Streptococchi fecali (Enterococchi): CNR IRSA 7040 C Man 29 2003

2.1.3 Plancton

2.1.3.1 Fitoplancton

I campioni per lo studio del **fitoplancton** saranno prelevati tramite bottiglie tipo Niskin e fissati con formalina neutralizzata (concentrazione finale 0,74%).

Per l'analisi qualitativa della composizione del **microfitoplancton**, verrà effettuato un campionamento verticale da -70m alla superficie, con retino con maglia di porosità 10µm; il campione prelevato dal bicchiere di raccolta, dopo un risciacquo con acqua di mare, sarà fissato con formalina neutralizzata (concentrazione finale 3%). Si ottiene la ricchezza specifica (n.ro di taxa) microfitoplanctonica.

Saranno utilizzati microscopi inversi (Zeiss IM35, Zeiss IM, Zeiss Axio Vert.A1 KMAT, c.f.) per il conteggio e la determinazione tassonomica del fitoplancton.

I dati dei conteggi al microscopio dei campioni prelevati con bottiglia vengono raccolti in una matrice specie x stazioni da cui si ottengono le abbondanze totali e per gruppi tassonomici assolute e relative, la ricchezza specifica (n.ro di taxa), la diversità di Shannon-Wiener (H') e l'equitabilità (Pielou). Come analisi multivariata delle comunità fitoplanctoniche viene usato il test non parametrico ANOSIM (software PAST) in base alla similarità secondo l'indice di Bray-Curtis e la routine SIMPER (software PAST) per valutare il grado di similarità della composizione tassonomica tra le campagne.

Per ulteriori dettagli si rimanda a Zingone A., Totti C., Sarno D., Cabrini M., Caroppo C., Giacobbe M.G., Lugliè A., Nuccio C., Socal G., 2010. Fitoplancton: metodiche di analisi quali-quantitativa. In: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (eds.). Metodologie di campionamento e di studio del plancton marino. SIBM, ISPRA, Roma: 204-228.

Le concentrazioni di **clorofilla a** e dei pigmenti accessori di seguito specificati (**diversità pigmentaria**) verranno determinate in cromatografia liquida ad alta pressione (HPLC SHIMADZU Class VP10). Saranno determinati: Clorofilla b + Divinilclorofilla b, Divinilclorofilla a, Zeaxantina, Peridinina, Butanoiloxifucoxantina, Fucoxantina, Hesanoiloxifucoxantina, Prasincoxantina, Alloxantina. La diversità pigmentaria viene ricavata come rapporto tra la concentrazione del singolo pigmento e la somma dei pigmenti accessori.

2.1.3.2 Zooplancton

Lo studio del mesozooplacton sarà effettuato tramite pescate orizzontali e pescate verticali condotte nella colonna d'acqua compresa tra 50 m e la superficie e tra 100 m e 50 m di profondità.

L'**oloplancton** a copepodi sarà campionato con retino standard WP-2, con vuoto di maglia di 200µm, dotato di flussimetro, specifico meccanismo di sgancio e collettore di raccolta. **Meroplancton** e **ittioplancton** saranno campionati con retino Bongo-net, con vuoto di maglia di 300 µm, anch'esso dotato di flussimetro e collettori di raccolta.

Le pescate orizzontali, come previsto dal metodo standard, saranno effettuate mantenendo una rotta rettilinea per 15 minuti alla velocità costante di 2 nodi per la restituzione quali-quantitativa degli organismi al metro cubo di acqua filtrato.

I campioni raccolti saranno conservati in soluzione di acqua di mare e formalina al 4%.

Per il solo campione oloplanctonico verranno effettuate stime di biomassa umida con il metodo volumetrico di misura per sedimentazione in cilindri graduati da 500 ml dopo 24 ore.

I confronti tra campioni/annualità verranno effettuate utilizzando i dati di similarità/dissimilarità ottenuti dall'indice di *Bray-Curtis coefficient* e la loro significatività sarà valutata attraverso il test statistico non parametrico ANOSIM (*software PRIMER v7*).

2.1.4 Saggi ecotossicologici

***Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase liquida**

Procedimento del test – Vengono adottate le procedure previste dal protocollo UNI EN ISO 11348:2009 e dal protocollo “Basic” (Azur Environmental, 1995), a partire da una concentrazione del 90% del campione di acqua, con la sostituzione dei diluenti standard (NaCl al 3,5%) con acqua marina naturale. Tale modifica al protocollo originale è stata apportata poiché l'acqua di mare fornisce un ambiente osmotico e fisiologico più idoneo all'attività metabolica dei batteri rispetto al diluente standard e consente di ottenere, pertanto, risultati più verosimili nello studio di ambienti marino-salmastri. La relazione dose-risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante un software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16), che consente di individuare l'EC50 (e/o l'EC20), cioè la concentrazione del campione cui corrisponde una riduzione della bioluminescenza pari al 50% (20%).

Phaeodactylum tricornutum

Procedimento del test – Il principio del test, di tipo cronico, consiste nell'espore una coltura algale pura in fase esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito ed omogeneo apporto di nutrienti. Viene adottato il protocollo ISO 10253:2006. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo. Il test è stato condotto su campioni della colonna d'acqua. Come terreno di coltura, controllo e diluente è stata impiegata acqua di mare naturale, arricchita con lo stock di nutrienti indicato dal protocollo e sterilizzata tramite filtrazione su membrana da 0,45mm.

Un'aliquota di sospensione algale proveniente da una coltura pura in fase di crescita esponenziale viene conteggiata automaticamente tramite lo strumento camera di Burkler e diluita in acqua marina, fino ad ottenere una densità di 1.000.000 cell/ml.

Il saggio biologico viene organizzato con 3 repliche di ogni campione in beute da 50ml.

Vengono effettuate n. 5 diluizioni scalari (1:2) e ogni beuta è stata inoculata in modo da ottenere una densità iniziale di cellule pari a 10.000 cellule/ml. Le beute sono state successivamente incubate per 72 h in camera termostatica a 20 ± 2 °C, con regime di illuminazione continua del tipo cool white e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux (ISO, 10253). La densità algale dei campioni viene determinata al termine delle 72h.

Acartia tonsa

Il principio del saggio biologico acuto con *A. tonsa* consiste nell'esposizione di un numero stabilito di uova mature, per 48 ore, a diluizioni di matrice acquosa, con la finalità di stimare la percentuale di immobilizzazione dei naupli neonati.

Per la produzione di uova viene predisposto in laboratorio un numero idoneo di acquari, tale da garantire il mantenimento di adulti, suddivisi per classi di età. Alle colture con copepodi adulti viene addizionata 3 volte a settimana una sospensione algale di *Rhodomonas baltica*. Alle colture con naupli o copepoditi adulti viene addizionata 3 volte a settimana una sospensione algale di *Isochrysis galbana*.

I parametri di mantenimento degli acquari sono: temperatura: 20 ± 2 °C; salinità: 30 ± 2 ‰; illuminazione: 1000-3000 lux con fotoperiodo 14 ore luce:10 ore buio; aerazione continua.

Procedimento del saggio - Il saggio viene allestito secondo il protocollo UNICHIM 2365 (2012). Tre giorni prima dell'allestimento del saggio viene effettuata la raccolta delle uova. Tale raccolta avviene mediante sifonatura del fondo degli acquari di *A. tonsa* che abbiano un'età compresa tra 10 e 20 giorni. La maturità delle uova viene stabilita in microscopia ottica, valutando il colore delle stesse: uova di colore azzurro-grigio perla sono considerate mature, al contrario uova trasparenti, bianche o rosate sono scartate. Le uova mature vengono raccolte tramite una pipetta pasteur in vetro e inserite direttamente a contatto con la matrice da testare, 10 per replica. I campioni acquosi devono essere preparati precedentemente aliquotando (2 mL) sia il campione tal quale che le sue diluizioni in pozzetti di piastra multipozzetto, per un totale di 3 repliche per controlli e diluizioni di campione. Il controllo, così come il medium di diluizione, è rappresentato da acqua sintetica a salinità 30 (ASW), preparata secondo la ricetta riportata nel protocollo sopracitato.

Il numero di neonati mobili ed immobili viene conteggiato in ogni pozzetto sia a 24 che a 48 ore di esposizione. La sensibilità degli organismi (24 e 48 h EC50) viene determinata tramite l'allestimento del test, come precedentemente riportato, utilizzando 5 diverse concentrazioni di Ni²⁺ (0,1; 0,16; 0,25; 0,4 e 0,63 mg/L).

All'inizio del saggio biologico vengono misurati i seguenti parametri del controllo e dei campioni: pH, salinità e % di saturazione.

Cassostrea gigas

Il test viene allestito secondo ISO 17244 First edition 2015-09-15 Water quality-Determination of the toxicity of water samples on the embryo-larval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*)

L'emissione dei gameti *C.gigas* viene stimolata con il ciclo termico (femmine separate dai maschi) che consiste nell'alternanza di bagni a 14°C e 28°C nell'acqua marina naturale. Il ciclo termico (30min/30min) viene ripetuto fino al raggiungimento dell'emissione.

L'emissione dei maschi viene interrotta; gli organismi vengono tolti dall'acqua e mantenuti a secco in un ambiente fresco a 15-16°C fino all'ottenimento dei gameti femminili. Le femmine vengono lasciate separatamente proseguire l'emissione per almeno 30 minuti. Durante l'emissione delle femmine viene controllata al microscopio ottico la qualità e l'omogeneità delle loro uova. Una volta scelte le femmine con l'emissione migliore, le uova vengono unite e filtrate attraverso un setaccio di maglia 100µm. I maschi vengono reinseriti insieme nell'acqua di mare e lasciati riprendere l'emissione dello sperma. La soluzione dello sperma viene filtrata attraverso un setaccio di maglia 32µm.

Alla sospensione di uova (500mL) vengono aggiunti ~10mL della sospensione dello sperma filtrato. Mentre si lascia avvenire la fecondazione, viene calcolato il volume della sospensione dei zigoti da inoculare in ogni camera test per raggiungere la concentrazione finale degli embrioni prevista. Le camere test vengono mantenute per 24 ore in cella termostatica al buio alla temperatura di 24°C. Il test viene bloccato con l'aggiunta di ~1ml di formalina in ogni camera test. La percentuale di larve normali (D-shape), ossia larve normalmente sviluppate, viene valutata al microscopio ottico osservando almeno 100 larve. La tossicità della matrice acquosa testata viene stimata sulla base dei valori di EC20 ed EC50, calcolati con il metodo Probit. Il test è allestito in tre repliche. Per ogni campione sono preparate 3 diluizioni (100%, 50% e 25). La sensibilità degli embrioni viene testata tramite l'esposizione alle concentrazioni crescenti del tossico di riferimento Cu²⁺ controllo positivo).

2.2 Sedimenti

2.2.1 Caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche

Analisi granulometriche

L'analisi granulometrica per densitometria viene effettuata secondo ASTM D 422-63 (Reapproved 2002). Le dimensioni delle particelle vengono determinate indirettamente, misurandone il tempo di sedimentazione all'interno di un cilindro da 1L, contenente una dispersione delle particelle stesse in acqua distillata. Per il calcolo del diametro del singolo granulo di limo e di argilla, si fa riferimento alla legge di Stokes (1880), la quale permette di determinare il diametro di una sfera avente peso specifico noto, della quale sia nota la velocità di caduta V (in cm/sec), all'interno di un liquido di peso specifico e viscosità conosciuti. Nel corso della prova viene misurata la velocità di caduta delle particelle, vale a dire del tempo che la singola particella impiega per percorrere una determinata distanza. Le letture di tale distanza vengono effettuate mediante un densimetro, che viene introdotto nel cilindro contenente le particelle in esame.

Analisi chimiche

Per i metodi si rimanda alla tabella sottostante.

I risultati delle analisi chimiche e fisiche saranno elaborati tramite metodi multivariati (es Principal Component Analysis) per individuare eventuali trend spaziali o temporali. I metodi di elaborazione dati potrebbero variare nel tempo in ragione del tipo di data set da analizzare. La descrizione dettagliata e le eventuali variazioni saranno inserite nei rapporti annuali.

Tabella 2 - Metodi relativi alla analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimento.			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C10 – C40	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	1,5
Idrocarburi C<10	EPA 5021A:2014 + EPA 8015C:2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3545C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	mg/kg	0,001
Total Organic Carbon (TOC)	UNI EN 15936:2012	mg/kg	100
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
Alluminio (Al)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	%	0,03
Bario (Ba)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Cromo totale (Cr tot)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Ferro (Fe)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	5,0
Nichel (Ni)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Rame (Cu)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Zinco (Zn)	EPA 3051 A:2007 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Arsenico (As)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01
Piombo (Pb)	EPA 3051 A:2007 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Dalapon	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	0,2
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Bromodichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	0,4
Acido Dichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	1,6
Acido Tricloroacetico	MI/C/10	µg/kg	0,2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	1,2
Alometani, aloacetoniitrili, composti organici volatili (VOC)			
Cloroformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,1-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloruro di carbonio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tricloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Bromodichlorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,1,2-Tricloroetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tetracloroetilene	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Bromoformio	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoclorometano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
1,2-Dibromoetano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Tricloroacetoniitrile	MI/C/11	µg/kg	0,05
Dicloroacetoniitrile	MI/C/11	µg/kg	0,05
1,1-dicloro-2-propanone	MI/C/11	µg/kg	0,5
1,2,3-Tricloropropano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,05
Dibromoacetoniitrile	MI/C/11	µg/kg	5
1,2-Dibromo-3-Cloro-propano	EPA 5035A:2002 + EPA8260D:2018	µg/kg	0,2
1,1,1-Tricloro-2-propanone	MI/C/11	µg/kg	1
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3545C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3545C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3545C:2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5

Analisi microbiologiche

La ricerca di coliformi fecali, coliformi totali, streptococchi fecali sono state effettuate seguendo le seguenti metodologie.

Coliformi totali e fecali: CNR IRSA 2003 7010.

Streptococchi fecali (Enterococchi): APAT CNR IRSA 7040/metodo C (2003).

2.2.2 Saggi ecotossicologici

Cassostrea gigas

Il test viene allestito secondo ISO 17244 First edition 2015-09-15 Water quality-Determination of the toxicity of water samples on the embryo-larval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*)

L'emissione dei gameti *C.gigas* viene stimolata con il ciclo termico (femmine separate dai maschi) che consiste nell'alternanza di bagni a 14°C e 28°C nell'acqua marina naturale. Il ciclo termico (30min/30min) viene ripetuto fino al raggiungimento dell'emissione. L'emissione dei maschi viene interrotta; gli organismi vengono tolti dall'acqua e mantenuti a secco in un ambiente fresco a 15-16°C fino all'ottenimento dei gameti femminili. Le femmine vengono lasciate separatamente proseguire l'emissione per almeno 30 minuti. Durante l'emissione delle femmine viene controllata al microscopio ottico la qualità e l'omogeneità delle loro uova. Una volta scelte le femmine con l'emissione migliore, le uova vengono unite e filtrate attraverso un setaccio di maglia 100µm. I maschi vengono reinseriti insieme nell'acqua di mare e lasciati riprendere l'emissione dello sperma. La soluzione dello sperma viene filtrata attraverso un setaccio di maglia 32µm.

Alla sospensione di uova (500mL) vengono aggiunti ~10mL della sospensione dello sperma filtrato. Mentre si lascia avvenire la fecondazione, viene calcolato il volume della sospensione dei zigoti da inoculare in ogni camera test per raggiungere la concentrazione finale degli embrioni prevista. Le camere test vengono mantenute per 24 ore in cella termostatica al buio alla temperatura di 24°C. Il test viene bloccato con l'aggiunta di ~1ml di formalina in ogni camera test. La percentuale di larve normali (D-shape), ossia larve normalmente sviluppate, viene valutata al microscopio ottico osservando almeno 100 larve. La tossicità della matrice acquosa testata viene stimata sulla base dei valori di EC20 ed EC50, calcolati con il metodo Probit. Il test è allestito in tre repliche. Per ogni campione sono preparate 3 diluizioni (100%, 50% e 25). La sensibilità degli embrioni viene testata tramite l'esposizione alle concentrazioni crescenti del tossico di riferimento Cu²⁺ controllo positivo).

Corophium orientale

Il principio del saggio biologico con *C. orientale*, consiste nell'esposizione di un numero stabilito di organismi per 28 giorni al sedimento tal quale, con la finalità di stimare la percentuale di mortalità degli organismi stessi.

Gli anfipodi vengono campionati setacciando il sedimento (con setaccio a maglia di 0,5mm) per selezionare organismi giovani (~4mm) idonei per il test, scartando gli individui maturi e quelli di taglia minore (< 4mm). Gli anfipodi selezionati vengono acclimatati in laboratorio alle seguenti condizioni: Temperatura dell'acqua: 16 ± 2°C; Salinità: 36 ± 2 ‰; Illuminazione: continua; O₂ disciolto nell'acqua sovrastante il sedimento: > 60 %.

Procedimento del saggio - Il saggio viene allestito secondo il protocollo ISO 16712:2005, EPA/600/R-94/025). Circa 200cc di sedimento da testare vengono introdotti all'interno di un barattolo da 1 litro e vengono aggiunti circa 750cc di acqua di mare naturale filtrata. Per ogni campione sono state allestite 4 repliche e in ciascun barattolo sono stati inseriti 25 individui. Come sedimento di controllo si utilizza quello nativo proveniente da un sito non contaminato. Dopo 28 giorni il contenuto di ogni becker viene setacciato (500µm) e gli organismi vivi contati. La sensibilità degli organismi (96 h LC50) viene determinata tramite l'esposizione per 96 ore a concentrazioni crescenti di CdCl₂ (0,8 mg/l; 1,6 mg/l; 3,2 mg/l; e 6,4 mg/l).

All'inizio e alla fine del saggio biologico vengono misurati i seguenti parametri dell'acqua sovrastante il sedimento: pH, salinità, NH₄⁺ e ossigeno disciolto.

***Vibrio fischeri* (sistema Microtox®) - fase solida**

Il saggio biologico viene applicato al sedimento tal quale, seguendo la metodica Microtox Solid Phase Test (SPT) indicata in "Metodologie analitiche di Riferimento, ICRAM, 2001 – APPENDICE 2 Valutazione della tossicità naturale nel saggio Microtox in fase solida: la normalizzazione pelitica, Onorati et al. 2001."

In sintesi i batteri sono stati esposti in 35ml di acqua di mare naturale per 20 minuti in agitazione (T 15 °C) a 7g di sedimento umido. N. 2 aliquote di 1,5ml sono state prelevate con una pipetta con un puntale del diametro di 1mm, passate in una colonna filtro: su tale frazione acquosa è stata condotto il test, attraverso l'applicazione di 13 diluizioni scalari e 3 controlli.

I valori di EC50 in mg/ vengono normalizzati per il peso secco del sedimento. Successivamente il valore di EC50 viene convertito da mg/l in percentuale e trasformato in unità tossiche (TU=100/EC50). Ai fini del calcolo del Sediment Toxicity Index (STI) è necessario anche calcolare la tossicità naturale stimata attraverso l'algoritmo di correzione pelitica: $y=0.28+2.728*\%pelite$ (sulla frazione < 1mm). Per le analisi è stato utilizzato il lotto batterico n. 14A4003 (scadenza 01/2016, ECOTOX s.r.l., Pregnana Milanese, MI).

Prima dell'analisi, la taratura dello strumento e la qualità dei batteri vengono controllate con il tossico di riferimento (fenolo); il valore di EC50 dopo 5 minuti è risultato 19,26mg/l (valori di riferimento EC50=13-26mg/l, metodica ISO 11248-3 2007).

I batteri vengono testati anche con un'altra sostanza di riferimento (Cu⁺⁺).

2.3 Biota

2.3.1 Macrozoobenthos

Il campionamento dei sedimenti per la caratterizzazione di popolamenti macrobentonici viene effettuato tramite benna Van Veen (con volume pari a 25 litri e superficie di campionamento di 0,1m²). Ciascun campione viene setacciato su maglia 0,5mm e fissato in formalina al 8 %.

Il sorting viene effettuato con l'ausilio di uno stereomicroscopio da dissezione e la determinazione tassonomica fatta al più basso livello tassonomico possibile. La matrice di abbondanza (specie x stazioni) sarà elaborata tramite Cluster Analysis e non-metric Multidimensional Scaling (n-MDS).

L'analisi strutturale del popolamento sarà condotta attraverso il calcolo dei seguenti indici: numero totale di individui (N), numero di specie (S), ricchezza specifica di Margalef (D), diversità specifica di Shannon-Weaver (H') ed equità di Pielou (J).

Il calcolo degli indici ecologici, la Cluster Analysis e l'n-MDS sono stati effettuati utilizzando il software PRIMER 6.0 (PRIMER-E Ltd, Plymouth, U. K.; Clarke & Warwick, 2001; Clarke & Gorley, 2006).

2.3.2 Meiobenthos

Per lo studio della meiofauna verrà usato un carotatore cilindrico di Plexiglas di 2,75cm di diametro che verrà inserito manualmente nel sedimento prelevato tramite benna VanVeen.

La fauna verrà narcotizzata con una soluzione di Cloruro di Magnesio (MgCl₂) al 7% e dopo 10 minuti fissata e conservata in una soluzione di formalina al 10% neutralizzata con borax. La fase di estrazione, verrà fatta attraverso il metodo della centrifugazione in gradiente di Ludox AM-30, preceduto dalla vagliatura di ciascun campione mediante due setacci sovrapposti con maglie rispettivamente di 1mm e 63µm. Il setaccio a maglie più grandi consente di eliminare il detrito grossolano e il macrobenthos, quello a maglie inferiori invece permette l'eliminazione della frazione più fine del sedimento e della microfauna, trattenendo la frazione costituita da sabbia e meiofauna. Successivamente il materiale di quest'ultima frazione (sabbia + meiofauna) viene distribuito in diverse provette da 50ml, dosando al massimo 20ml di materiale per provetta, addizionato con Ludox, e sottoposto a centrifugazione (5 minuti a 2000rpm) per estrarre la meiofauna. La procedura viene ripetuta tre volte.

Successivamente all'estrazione, gli organismi vengono trasferiti in piastre Petri con fondo retinato, e, con l'ausilio di uno stereomicroscopio (Wild M8 o Nikon SMZ18), identificati per principale gruppo tassonomico di appartenenza (ordine-phylum) e contati. L'identificazione di campioni problematici si avvarrà dell'ausilio di un microscopio composto motorizzato dotato di ottiche Nomarski Nikon Eclipse 90i (oppure Leitz Dialux 20).

I dati di abbondanza vengono raccolti in una matrice specie x stazioni da sottoporre ad analisi univariate e multivariate. Per le analisi univariate verranno calcolati i principali indici ecologici: numero di taxa rinvenuti (S), diversità di Shannon-Wiener (H'), equità di Pielou (J'), la ricchezza di Margalef (d). Le analisi Statistiche multivariate (Cluster Analysis, MDS) saranno effettuate utilizzando il software PRIMER 6.0.

2.3.3 Bioaccumulo

Le indagini di bioaccumulo vengono eseguite utilizzando il bioindicatore *Mytilus galloprovincialis*.

Il monitoraggio viene condotto con la modalità definita "attiva": i mitili vengono prelevati dall'impianto di acquicoltura presente nell'area marina antistante Isola di Palmaria (Golfo di La Spezia) poco o affatto influenzata da fonti di impatto. I mitili vengono collocati in 4 stazioni di monitoraggio lungo il Terminale e in una stazione di controllo lontano da fonti di inquinamento. I mitili vengono alloggiati in reticelle di nylon e collocati all'interno di gabbie di acciaio inox alla profondità di 12 metri. Dopo circa 4 settimane i mitili vengono prelevati e sottoposti alle analisi secondo le procedure sotto riportate. Inoltre, all'atto della traslocazione, un campione di mitili appena prelevato dall'impianto di acquicoltura (denominato Tempo 0) viene sottoposto alle medesime indagini. Gli stessi campioni vengono utilizzati per i Biomarkers.

Analisi chimiche

Per i metodi analitici si rimanda alla seguente tabella.

Tabella 3 - Metodi relativi alla analisi chimiche su <i>M. galloprovincialis</i> .			
	Metodo	Unità Misura	Limite Rilevabilità
Idrocarburi C<10	EPA 5021A 2014 + EPA 8015C 2007	mg/kg	0,5
Idrocarburi C10-C40	UNI EN ISO 16703:2011	mg/kg	5
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	mg/kg	0,001
Composti organostannici	UNI EN ISO 23161:2011	mg/kg	0,001
Bario (Ba)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Cromo totale (Cr)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Ferro (Fe)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	%	0,03
Manganese (Mn)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	5,0
Nichel (Ni)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Rame (Cu)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Vanadio (V)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Zinco (Zn)	EPA 3052:1996 + EPA 6010D:2018	mg/kg	1,0
Arsenico (As)	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Cadmio (Cd)	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,01

Tabella 3 - Metodi relativi alla analisi chimiche su <i>M. galloprovincialis</i> .			
	Metodo	Unita Misura	Limite Rilevabilita
Piombo (Pb)	EPA 3052:1996 + EPA 7010:2007	mg/kg	0,3
Mercurio (Hg)	EPA 7473:2007	mg/kg	0,005
Acidi aloacetici			
Dalapon	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	1
Acido Tribromoacetico	MI/C/10	µg/kg	10
Acido Monobromoacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Bromodichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Acido Bromocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Dichloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Tricloroacetico	MI/C/10	µg/kg	2
Acido Monocloroacetico	MI/C/10	µg/kg	3
Acido Clorodibromoacetico	MI/C/10	µg/kg	5
Alometani, composti organici volatili (VOC)			
1,1,1-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
1,1,2-Tricloro Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Bromo Dichloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Bromoformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,5
Carbonio Tetracloruro	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Cloroformio	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Dibromo Cloro Metano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,2
Tetracloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,15
Tricloro Etilene	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,25
1,2,3-Tricloro propano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,6
1,2-Dibromo Etano	EPA 5035A: 2002 + EPA 8260D:2018	µg/kg	< 0,25
Aloacetoniatri			
Tricloroacetoniatrile	MI/C/11	µg/kg	0,5
Dibromoacetoniatrile	MI/C/11	µg/kg	0,8
Alofenoli (SVOC)			
2,4-Diclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
2,4,6-Triclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
4-Cloro-3-Metilfenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5
Pentaclorofenolo	EPA 3550C: 2007 + EPA 3630C:1996 + EPA 8270E:2018	µg/kg	0,5

Analisi microbiologiche

Coliformi totali (ISO4832:2006), Streptococchi fecali (NF V08-060:2009), Coliformi fecali (APHA Compendium of methods for the microbiological examination of foods ed 4th 2001, Cap 9).

2.3.4 Biomarkers

Neutral Red Retention Time (NRRT). Numerose indagini hanno dimostrato che le membrane lisosomiali sono altamente sensibili allo stress ossidativo che ne provoca l'alterazione strutturale e funzionale.

Il Neutral Red (NR) è un colorante lipofilo e come tale attraversa facilmente le membrane plasmatica e lisosomiale. Nei lisosomi, il pH acido impedisce al colorante di ritornare liberamente nel citoplasma. L'efficienza con cui il NR rimane intrappolato nei lisosomi dipende quindi dalla funzionalità della pompa protonica, presente sulla membrana, responsabile per il trasporto attivo di ioni H⁺ all'interno dell'organulo. L'alterazione strutturale e funzionale della membrana lisosomiale viene valutata mediante la misura del tempo di ritenzione del rosso neutro all'interno dei lisosomi secondo il protocollo descritto nel *Manual on the Biomarkers Recommended for the Med-Pol Biomonitoring Programme* messo a punto nell'ambito dell'UNEP-MAP (*United Nations Environment Programme – Mediterranean Action Plan*). In breve, 40 µl di emolinfa (prelevata dal muscolo adduttore posteriore) diluita 1:1 con soluzione salina vengono posti su un vetrino e lasciati incubare in camera umida (16°C) per 30 minuti. Dopo rimozione del liquido in eccesso, alle cellule aderenti al vetrino sono aggiunti 40µl di NR in soluzione fisiologica e lasciati incubare in camera umida (16°C) per 15 minuti. Dopo aver rimosso il liquido in eccesso e proceduto con un lavaggio in soluzione fisiologica, il vetrino viene osservato al microscopio. Vengono effettuate letture successive dello stesso campione, ogni 15 minuti per la prima ora e ogni 30 minuti per le due ore successive al fine di valutare il tempo occorrente affinché il 50% degli emociti presenti colorazione rossa (e lisosomi ingranditi), indice dello fuoriuscita del colorante attraverso la membrana lisosomiale. Un tempo breve di ritenzione indica una condizione di maggior danno, il contrario se il tempo di ritenzione del colorante risulta elevato.

Comet assay Oltre alle membrane cellulari, anche il DNA è esposto all'impatto dei ROS (*Reactive Oxygen Species*), oltre ad essere anche sensibile all'azione diretta di contaminanti specifici quali gli IPA. Il rilevamento di composti e/o miscele ad azione genotossica nell'ambiente marino ha una importanza notevole in relazione alla possibilità di trasferimento nelle catene alimentari e da queste all'uomo tramite il consumo di prodotti della pesca.

Il Comet assay permette di valutare il grado di integrità della doppia elica di DNA su cellule incluse in agarosio, lisate e sottoposte a corsa elettroforetica. Il grado di frammentazione del DNA viene valutato sulla base del pattern di migrazione elettroforetica mediante l'impiego di un sistema di analisi dell'immagine.

In breve, le cellule branchiali di mitilo vengono dissociate mediante un trattamento enzimatico e meccanico. Successivamente, le cellule isolate sono incluse in un gel di agarosio e poste su vetrini per microscopia ottica e sottoposte a lisi delle membrane per consentire al DNA di migrare durante la successiva corsa elettroforetica effettuata a pH fortemente basico (>13) applicando un campo elettrico di 0,86V/cm ed un'intensità di corrente pari a 300mA. Dopo l'elettroforesi, i vetrini vengono neutralizzati lavandoli con un tampone TRIS-HCl 0,4M, immersi in 100% metanolo freddo, asciugati all'aria e colorati con bromuro di etidio. Osservati con un microscopio a fluorescenza (400 x), le cellule danneggiate si presentano a forma di cometa con la testa e la coda; la lunghezza e l'intensità di fluorescenza della coda sono correlate al danno al DNA. Un sistema d'analisi dell'immagine (Comet Assay II, Perceptive Instruments, UK) permette di quantizzare il danno, che viene espresso come % di DNA migrato. Per ogni campione vengono preparati 2 vetrini, per ogni vetrino sono lette 50 cellule secondo un criterio casuale.

Analisi istologica dell'apparato branchiale. L'alterazione strutturale delle branchie di *M. galloprovincialis* è stata riportata in letteratura come conseguenza dell'esposizione a NaClO in un range di dosi compatibile con il rilascio da parte di impianti di produzione energetica (Lopez-Galindo *et al.*, 2009). Pertanto, oltre al danno genotossico a carico delle cellule branchiali vengono indagate anche le possibili alterazioni istologiche su campioni di tessuto (prelevati da N. 5 individui per stazione di campionamento) preparati secondo le tecniche istologiche convenzionali. In breve, frammenti di branchie vengono fissati in soluzione di Bouin, disidratati in una serie di alcool, inclusi in resina metacrilato (Historesin), sezionati ed osservati al microscopio ottico previa colorazione con Blu di Metilene e Blu di Toluidina. Per ogni replica vengono osservate almeno 100 lamelle branchiali ed è assegnato un punteggio in base al grado di integrità del tessuto per ciascun individuo. In particolare, il valore 1 è assegnato quando non si osserva alcun tipo di alterazione, mentre il punteggio di 5 è rappresentativo di una grave compromissione.

2.3.5 Fauna ittica bentonectonica

I popolamenti della fauna ittica bentonectonica e gli eventuali effetti su di essi dovuti alla presenza del Terminale verranno analizzati, sia in termini qualitativi che quantitativi, raccogliendo campioni attraverso due metodi distinti: le reti da posta fisse e le reti a traino di fondo.

1) **Reti da posta:** Saranno utilizzate reti da posta ad imbrocco, ciascuna lunga 1000 m, aventi maglie stirate di 40 mm ed una altezza di 3 m. Le reti da posta saranno calate in quattro siti in prossimità del terminale (entro l'area interdotta alla navigazione). Una quinta rete con le stesse caratteristiche tecniche e costruttive delle precedenti verrà utilizzata in un sito al di fuori della zona interdotta alla navigazione, ma sempre nella zona del Terminale interdotta alla pesca che presenta le stesse caratteristiche batimetriche e bionomiche. Tale sito sarà considerato come controllo nell'interpretazione dei dati.

Le reti saranno calate nella tarda mattinata/pomeriggio per essere poi salpate la mattina successiva, rimanendo in pesca per circa 20-24 ore. Tutto il materiale raccolto in ciascun sito di campionamento verrà conservato in contenitori distinti per le successive analisi di laboratorio.

2) **Reti a traino di fondo:** Le pesche a strascico saranno effettuate utilizzando una rete tradizionale con maglia al sacco di 50 mm per la pesca di specie demersali e bentoniche. Saranno effettuate cinque cale durante le ore diurne, quattro al margine dell'area interdotta alla pesca ed una localizzata più a nord ma sempre all'interno della zona del Terminale su fondali con caratteristiche simili. Le cale avranno una durata media di circa 30 minuti a partire dal momento in cui la rete tocca il fondo. Anche nel caso delle pesche a strascico, tutto il materiale raccolto sarà trasferito in laboratorio per essere analizzato.

Analisi dei dati. Gli organismi catturati con i due metodi di campionamento saranno classificati fino al livello di specie. Ciò permetterà di compilare una lista faunistica per ogni tipologia di attrezzo utilizzato. Per ogni specie catturata sarà rilevato il peso totale in kg ed il numero di individui. Inoltre, per ogni individuo, sarà rilevata la taglia, espressa come Lunghezza Totale (LT) al mezzo centimetro inferiore, per gli Osteitti e Condroitti, mentre per i Molluschi Cefalopodi sarà rilevata la Lunghezza del Mantello (LM). Per i Crostacei Decapodi la taglia, misurata al mm inferiore, sarà espressa come Lunghezza del Carapace (LC). Le taglie così rilevate saranno utilizzate per costruire distribuzioni di taglia-frequenza delle specie più rappresentative delle catture delle reti da posta e dello strascico.

Per rendere i dati raccolti confrontabili tra di loro sarà necessario utilizzare dei metodi di standardizzazione. Per quanto riguarda i dati di cattura delle reti da posta, saranno elaborati indici in numero e peso standardizzati ai 1000 m di lunghezza delle reti e alle 24 ore (Num/1000m/24h e Kg/1000m/24h).

I dati di cattura realizzati con la rete a strascico saranno standardizzati in indici di densità e biomassa (Num/Km² e Kg/Km²) utilizzando il metodo dell'area strascicata utilizzando la formula:

$$\text{Area strascicata (Km}^2\text{)} = (\text{AO} \cdot \text{V} \cdot 1,853 \cdot \text{D}) / (1000 \cdot 60)$$

dove:

AO = apertura orizzontale della rete, espressa in m;

V = velocità della barca in pesca, espressa in nodi (miglia nautiche/ora);

D = durata della cala in minuti.

Sarà studiata la variazione degli indici di biomassa e densità tra i siti vicini al Terminale e quelli controllo, sia dei principali gruppi tassonomici (Osteitti, Condroitti, Crostacei Decapodi e Molluschi Cefalopodi), sia delle specie più rappresentative delle catture.

2.3.6 Cetacei e tartarughe marine

L'area di campionamento sarà un cerchio di 12NM di diametro e circa 200 km², con centro il punto di ancoraggio del Terminale. L'attività di monitoraggio sarà condotta seguendo il "closing mode" (ACCOBAMS WS), metodo che prevede la possibilità di abbandonare la rotta per avvicinarsi agli animali per poterli studiare. L'avvicinamento sarà effettuato secondo le regole ACCOBAMS di rispetto, mentre il survey sarà svolto secondo la metodica del "design based", applicando in navigazione dei "traks" con rotte ad una distanza rispettivamente di 1, 3, 6 miglia nautiche dal Terminale. Per il riconoscimento dei cetacei incontrati sarà utilizzata la tecnica della Photo-Id (Foto-identificazione), mentre la navigazione sarà effettuata applicando la metodologia del "Visual Line Transect Surveys".

Per il survey visivo saranno eseguite rotte fisse che consentono di ottenere informazioni quantitative e qualitative degli animali presenti in un determinato territorio. L'osservatore si muove su un percorso prestabilito, registrando le coordinate degli incontri di gruppi o individui target e, allo stesso tempo, la distanza dall'osservatore. Ciò consente una stima della superficie coperta e del modo in cui la probabilità di rilevabilità varia tra 0 (lontano dalla rotta) ed 1 (sulla rotta). Utilizzando il conteggio grezzo e questa funzione di probabilità, si può ottenere una stima della densità assoluta.

La Photo-ID prevede l'utilizzo di fotografie riportanti parti o caratteristiche anatomiche al fine di poter riconoscere individualmente gli animali nel tempo e nello spazio. A tal scopo la tecnica si basa su parti o "marchi" che siano indelebili, facilmente identificabili e riconoscibili. La presenza di marchi naturali permette, inoltre, di non arrecare disturbo agli animali e quindi evitare possibili azioni di risposta positive o negative. I marchi naturali del tursiopo e nei cetacei in generale sono il risultato delle interazioni intra-specifiche e sono identificati dalla pinna dorsale e dall'area del dorso che la circonda. Per le tartarughe, invece, vengono utilizzate le caratteristiche delle placche del carapace o la presenza di targhette identificative.

2.4 Indagini generali

2.4.1 Misura del rumore

Si rimanda al documento dedicato (appendice 1 al piano di monitoraggio dell'ambiente marino).

2.4.2 Bioacustica

Ogni campagna di monitoraggio bioacustico prevedrà transetti lineari ad angolo fisso di 30° con costante visual/ascolto, all'interno di un'area di 113nm². Tali transetti per ogni campagna avverranno sempre con copertura dell'area indicata precedentemente e con direzione che varierà per ogni campagna (es. una volta direzione Nord-Sud, oppure Est-Ovest e così via).

Le indagini prevedono la registrazione e la eventuale successiva elaborazione delle emissioni acustiche dei cetacei incontrati e nonché il monitoraggio dei cetacei con la tecnica del visual.

Durante i survey acustici gli operatori avranno a disposizione sistemi portatili (pc idonei all'attività, con hardware e software dedicati) unitamente a sistema idrofonico trainabile. Sarà utilizzato un idrofono analogico COLMAR GP1280.

Un lungo periodo di attività permetterà di confrontare i dati ecologici e comportamentali e comprendere se e quali interferenze o disturbi agiscono sugli animali.

3 STRUMENTAZIONE

3.1 SONDA IDROMARAMBIENTE MODELLO MAR-3

Sonda multiparametrica di ultima generazione: elettronica e meccanica progettate per garantire: semplicità di impiego; modularità di configurazione; accuratezza; affidabilità.

Idonea per l'utilizzo in ogni ambiente acquatico: mare, acque interne, bacini salmastri.

Utilizzabile per l'esecuzione di profili a lettura diretta o con funzione autoregistrante.

Applicabilità su stazioni di monitoraggio autonome, anche collegata ad altri dispositivi di misura.

Sensoristica di alto livello, anche per oceanografia.

Disponibile con corpo sonda e sensori in titanio, immuni dagli effetti delle corrosioni, oppure con corpo in Delrin o acciaio inox AISI 316L

Memoria interna	4 MB
Interfaccia I/O	MCBH4M, RS232/RS485
Alimentazione	5÷30 Vdc; 60 mA (std)
Batteria interna	8Ah al litio
Meccanica (Titanio)	Altezza, escluso connettore: 500 mm Diametro massimo: 90 mm Peso: 3 kg in aria - 1.6 kg in acqua Massima profondità applicativa: 200 bar

PARAMETRO	CAMPO DI MISURA	ACCURATEZZA	RISOLUZIONE
Pressione	0÷100 dbar	0.1 dbar	0.002 dbar
Temperatura	-2÷38 °C	0.01 °C	0.0007 °C
Conducibilità	0÷70 mS/cm	0.02 mS/cm	0.0015 ms/cm
Ossigeno disciolto	0÷150 %sat	1.0 %sat	0.002 %sat
pH	2÷12	0.05	0.0002
Redox	-1÷1 V	1 mV	0.03 mV
Torbidità	0÷100 FTU	0.05 FTU	0.002 FTU
Clorofilla 'a'	0÷50 mg/m ³	0.05 mg/m ³	0.001 mg/m ³

3.2 SONDA MULTIPARAMETRICA MISURAZIONE PAR

CTD **Sea Beard Electronic 19plus V2** accoppiato con deck unit **Sea Bird Electronics 36** e **Power Data Interface Module (PIDM)** per l'alimentazione della sonda e la visione in tempo reale dei dati acquisiti utilizzando un singolo cavo conduttore.

Caratteristiche:

- Plastic housing per misure fino a 600 m
- **SBE 5M miniature pump** (flusso a velocità costante per risposta di conducibilità costante nel tempo.
- Condotto T-C, garanzia di misurazioni di temperatura e conducibilità sulla stessa parcella d'acqua.

Parametri misurati:

- **Photosynthetic Available Radiation (PAR)** in acqua e contemporanea superficiale con due sensori **Satlantic SAT-QR-9916**.
- La sonda fornisce anche i seguenti parametri: Pressione (**Strain-gauge sensor**, 600 m), Temperatura, Conducibilità, Fluorescenza della clorofilla a (**WET Labs Eco**), Retrodiffusione (bb (470nm), bb(532nm) e fluorescenza della CDOM (**WET Labs Eco Triplet**)

Specifiche tecniche:

	Temperature (°C)	Conductivity (S/m)	Pressure
Measurement Range	-5 to +35	0 to 9	0 to 600:
Initial Accuracy	± 0.005	± 0.0005	± 0.1% of full scale
Typical Stability	0.0002/month	0.0003/month	0.1% of full scale /year
Resolution	0.0001	• 0.00005 (most oceanic water; 0,4 ppm in salinity)	0.002% of full scale
Sensor Calibration	+1 to +32	0 to 9; physical calibration over range 2.6 to 6 S/m, plus zero conductivity (air)	Ambient pressure to full scale range in 5 steps

I dati ottenuti dalla sonda vengono elaborati mediante il software SeaSoft.

3.3 SPETTRORADIOMETRO SUBACQUEO

- Unità subacquea costituita da una gabbia in acciaio inox in cui alloggiato 2 radiometri **RAMSES TRIOS: ACC/VIS** per la misura della irradianza discendente ed ascendente, **ARC/VIS** per la misura della radianza ascendente, un sensore di profondità (max 100 m) ed uno di inclinazione rispetto alla verticale (2 assi) **TRIOS RAMSES SAMIP**.
- Radiometro di superficie **RAMSES TRIOS: ACC/VIS** per la misura contemporanea della irradianza discendente di superficie.
- Unità di alimentazione, gestione e acquisizione simultanea dati dai 4 radiometri **TRIOS RAMSES IPS 104-4 plus**.

Range spettrale (nm):	320-950
Detector:	array di foto diodi con 256 canali
Pixel dispersion (nm/pixel):	3.3
Accuratezza delle lunghezze d'onda (nm):	0.3
Canali disponibili:	190

3.4 HPLC SHIMADZU CLASS VP (ANALISI CLOROFILLA A E DIVERSITÀ PIGMENTARIA)

Lo strumento è composto da

- pompa LC-10AD VP
- valvola a bassa pressione FCV-10AL VP (modulazione solventi)
- rivelatore spettrofotometrico SPD-10AV VP ed uno fluorimetrico RF-551
- degassatore DGU-14°
- unità di controllo SCL-10A VP.

La valvola di iniezione campioni è una Rheodyne 7725i con un loop di 200 μ l.

Gestione del sistema (più acquisizione dati e integrazione picchi) via PC tramite software SHIMADZU Class VP 6.1.

Messa a punto e calibrazione metodo con standard cromatografici (DHI, Water and Environment, DK; SIGMA), verifica periodica del sistema di misura tramite mix certificati di pigmenti (DHI, Water and Environment, DK).

Specifiche metodologiche

La colonna di analisi è una **RP-C8** Shandon Hypersil MOS con dimensioni di 4.6 mm di diametro interno per 100 mm di lunghezza e dimensioni delle particelle di silice di 3 μ m. Il sistema è dotato inoltre di una precolonna, Hypersil ODS con diametro interno di 3.2 mm, lunghezza di 10 mm e dimensioni delle particelle di 5 μ m.

Ogni corsa cromatografica ha la durata di 30 minuti nei quali due eluenti vengono somministrati seguendo una sequenza temporale simile a quella di Vidussi et al. (1996) e Barlow et al. (1997). L'eluente A è composto da 70% metanolo, 30% ammonio acetato 1M in soluzione acquosa e antiossidante BHT (Butile Idrossi Toluene), l'eluente B da metanolo puro. Metanolo ed ammonio acetato sono reagenti con grado di purezza specifico per HPLC, così come l'acetone utilizzato per gli estratti.

Gli estratti sono preparati pochi minuti prima dell'iniezione, aggiungendo 1 mL di soluzione dell'estratto acetone con 1 mL di ammonio acetato 1M in soluzione acquosa e 0.1 mL di standard interno APO (**β 8 APO CAROTENAL**, cod. 10810) alla concentrazione di 2.803 mg/L ed iniettati (circa 500 μ l) con una siringa in vetro (Hamilton) da 1 ml facendo passare il campione attraverso filtri, collegati alla siringa. Millipore MILLEX-FG PTFE con diametro interno di 4 mm e porosità di 0.2 μ m.

3.5 AUTOANALYZER AA4 BRAN+LUEBBE (DETERMINAZIONE DEI NUTRIENTI)

Analizzatore a flusso continuo modulare per la determinazione dei nutrienti tramite analisi automatizzata di campioni di acqua composto da

- Campionatore Compact Sampler, con alloggi fino a 100 campioni.
- Pompe ad alta precisione per prelievo e avanzamento campioni
- 4 moduli analitici dedicati ciascuno ad una specifica analisi (nitriti, nitrati, ortofosfati, silicati).
- 4 colorimetri riferiti ad ogni modulo analitico
- PC + stampante (software AACE) per la gestione del sistema analitico

Intervalli di determinazione:

nitriti 0.03 – 2.5 μM

nitrati 0.03 – 50 μM

ortofosfati 0.03 – 5 μM

silicati 0.1 – 50 μM

Specifiche metodologiche

Il sistema si basa sul metodo analitico del flusso segmentato con un flusso continuo di liquido diviso da bolle d'aria in segmenti discreti su cui agiscono le reazioni chimiche appropriate, garantendo limitata diffusione del campione, assenza di contaminazione, simultaneità di analisi e velocità della stessa. Il flusso continuo viene successivamente inviato al colorimetro.

Riferimenti metodologie

Parametro	Metodologia	Unità di misura	Limite Rilevabilità
Nutrienti inorganici disciolti	Spettrofotometria Autoanalyzer (1, 2)	μM	0,03
Sostanza organica disciolta cromoforica	Spettrofotometria (3)	m^{-1}	0,04
Solidi sospesi	Metodo gravimetrico (2, 4)	g	0,00001
Clorofilla a	HPLC (5, 6)	mg m^{-3}	0,05
Diversità pigmentaria	HPLC (5,6)	mg m^{-3}	t(6, 0.99)S _c

Per ulteriori dettagli relativi a paragrafi da 3.3 a 3.5 si rimanda ai seguenti riferimenti:

- Saggiomo V., Catalano G., Corato F., Ribera D'Alcalà M., 2010. Metodi automatici di analisi dei nutrienti. In: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), Metodologie di campionamento e di studio del plancton marino: 55-79, SIBM-ISPRA Roma.
- Strickland J.D.H., Parson T.R., 1972. A practical handbook of sea-water analysis. Journal of the Fisheries Research. Board of Canada, 177–179.
- Mitchell B.G., Bricaud A., Carder K., Cleveland J., Ferrari G., Gould R., Kahru M., Kishino M., Maske H., Moisan T., Moore L., Nelson N., Phinney D., Reynold R., Sosik H., Stramski D., Tassan S., Trees C., Weidemann A., Wieland J., Vodacek A., 2000. Determination of spectral absorption coefficients of particles, dissolved material and phytoplankton for discrete water samples. In: Fargion G., Mueller J.L. (eds.) Ocean Optics Protocols for Satellite Ocean Color Sensor Validation, Revision 2, NASA/TM-2000-209966, Ch. 12: 125-153.
- Van der Linde D.W., 1998. Protocol for Determination of Total Suspended Matter in Oceans and Coastal Zones. CEC-JRC-Ispra. Technical note, I., 98, pp. 182.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzman J., Caillau C., Marty J.C., 1996. Determination of chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of chlorophyll a from divinyl-chlorophyll a and zeaxanthin from lutein. J. Pl. Res., 18: 2377-2382.
- Barlow R.G., Cummings D.G., Gibb S.W., 1997. Improved resolution of mono- and divinyl chlorophylls a and b and zeaxanthin and lutein in phytoplankton extracts using reverse phase C-8 HPLC. Mar. Ecol. Prog. Ser., 161: 303-307.

3.6 ANALISI CHIMICHE

Metalli

Digestione: Mineralizzatore a microonde (Ethos 1 – FKV) con rotore a 10 posizioni e programmatore di rampe di temperatura.

Analizzatore Diretto del Mercurio DMA-80 TRICELL – Milestone con autocampionatore a 40 posti ed unità di programmazione esterna.

Spettrometro di assorbimento atomico Agilent modello SpectrAA-240Z basato su tecnica effetto Zeeman per la correzione del background (con autocampionatore).

Spettrometro ICP ottico Agilent Modello 5110 VDV con autocampionatore.

TOC

Analizzatore elementare TOC Modello CUBE - Elementar con autocampionatore rotante per solidi.

Composti Organici

VOLATILI

- Autocampionatore per spazio di testa (TRIPLUS RSH) + analisi gascromatografica con GC Trace 1300 ThermoScientific + Spettrometro di Massa a Singolo Quadrupolo ISQ ThermoScientific.
- Sistema Purge&Trap + analisi gascromatografica con GC Trace 1300 ThermoScientific + Spettrometro di Massa a Singolo Quadrupolo ISQ ThermoScientific.

NON VOLATILI

Idrocarburi pesanti:

Estrazione con solvente ad alta pressione (ASE350 ThermoScientific) oppure in bagno ad ultrasuoni + analisi gascromatografica con GC Trace 1300 ThermoScientific + rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID).

Altri composti non volatili: Estrazione con solvente ad alta pressione (ASE350 ThermoScientific) oppure in bagno ad ultrasuoni + analisi gascromatografica con GC Trace 1300 ThermoScientific + Spettrometro di Massa a Triplo Quadrupolo (TSQ 9000 ThermoScientific).

3.7 STRUMENTAZIONE PER BIOACUSTICA

Per l'ascolto e la eventuale registrazione durante i nuovi transetti di visual/ascolto/registrazione, è previsto l'uso dell'*idrofono analogico Colmar GP1280*: questo idrofono, che viene trainato, ha una banda 5 Hz – 90 kHz con una sensibilità di -163 dB re V/ μ Pa.

Sensibilità	dB re V/ μ Pa	-163
Range frequenza	Hz	5 -90.000
Direzionalità	sferica	omnidirezionale
Guadagno @5kHz	dB	30
Rumore di ingresso equivalente	dB re 1 μ Pa/ \sqrt Hz	32
Consumo	mA	9
Profondità massima	m	1.000



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.