



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Orientale  
Porti di La Spezia e  
Marina di Carrara

Presidente: Dott. Mario Sommariva  
Segretario Generale: Ing. Federica Montaresi

Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Mirko Leonardi

# PIANO REGOLATORE PORTUALE DI MARINA DI CARRARA

**CIG: 949570145B**

LIVELLO

PRP

ELABORATO

**PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO, RIPASCIMENTO E IMMERSIONE DELIBERATA  
IN MARE DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DAI FONDALI DEL PORTO DI MARINA DI CARRARA:  
POPOLAMENTI ITTICI DEMERSALI, CETACEI E TARTARUGHE MARINE**

Redazione del Piano Regolatore Portuale:



Modellistica numerica di supporto:



ELABORATO <b>G.1.05</b>	SCALA	NS. RIF. PRP-MDC_G.1.05_ 2022.DOCX	COMMESSA – NN. A4 MDC2023 - 22	
DATA 2022	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETÀ DI QUESTO ELABORATO, CON DIVIETO DI RIPRODURLO,  
ANCHE IN PARTE, O DI RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LE NECESSARIE AUTORIZZAZIONI

2022



Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Ligure Orientale  
Porti di La Spezia e  
Marina di Carrara

**PIANO DI MONITORAGGIO DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO, RIPASCIMENTO E  
IMMERSIONE DELIBERATA IN MARE DEI SEDIMENTI MARINI PROVENIENTI DAI  
FONDALI DEL PORTO DI MARINA DI CARRARA:  
POPOLAMENTI ITTICI DEMERSALI, CETACEI E TARTARUGHE MARINE**



Via Menichetti, 35  
57121 - Livorno

[www.aplysia.it](http://www.aplysia.it)  
[info@aplysia.it](mailto:info@aplysia.it)

P.IVA e C.F. 01336260490  
N° Iscrizione Albo Cooperative A100447  
Registro delle Imprese di Livorno N° 01336260490



## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	4
<b>POPOLAMENTI ITTICI DEMERSALI</b> .....	6
Piano di campionamento.....	6
Analisi dei dati.....	9
<b>CETACEI E TARTARUGHE MARINE</b> .....	9
Monitoraggio del rumore acustico subacqueo.....	9
Piano di campionamento.....	10
Metodologia del campionamento acustico .....	13
Strumentazione utilizzata .....	13
Analisi dei dati acustici.....	16
Monitoraggio di cetacei e tartarughe .....	17
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	18

## **Piano di monitoraggio delle attività di dragaggio, ripascimento e immersione deliberata in mare dei sedimenti marini provenienti dai fondali del Porto di Marina di Carrara: popolamenti ittici demersali, cetacei e tartarughe marine**

### **PREMESSA**

Viene proposto di seguito un piano di monitoraggio delle attività di dragaggio, trasporto e sversamento di sedimenti destinati a ripascimento e allo sversamento in un'area oltre 3 miglia marine dalla costa (entro la batimetrica dei 200 m), provenienti dal Porto di Marina di Carrara, in linea con le disposizioni di cui all'art. 109, comma 1, lett. A) del D.Lgs. 152/2006 e al D.M. 173/2016. Lo scopo del monitoraggio è valutare se ed in che modo la movimentazione dei sedimenti e la presenza stessa delle imbarcazioni coinvolte, possano avere effetti negativi sull'ambiente marino e sulle specie che lo abitano. In particolare saranno prese in considerazione le seguenti componenti biotiche:

- Popolamenti ittici demersali, con particolare riferimento a specie di interesse commerciale
- Cetacei e tartarughe marine

In questa relazione vengono riportati i piani di campionamento necessari alla descrizione della fauna ittica demersale presente nell'area di sversamento, al fine di valutare le possibili differenze prima e dopo lo sversamento (*fasi ante operam e post operam*) ed alla misurazione del rumore subacqueo prodotto dalla draga durante le attività di dragaggio e di sversamento dei sedimenti portuali (fase in corso d'opera). Le misure effettuate prima dell'inizio dei lavori (*ante operam*) serviranno alla valutazione del rumore di fondo. Sono previste, inoltre, attività di avvistamento di cetacei e tartarughe marine nell'area di ripascimento e in quella di sversamento sia da terra che da imbarcazione.

L'area individuata per il ripascimento della spiaggia sommersa del litorale di Marina di Carrara si estende dalla torre FIAT al Fiume Frigido fino a oltre il Fosso Poveromo, su fondali variabili tra i 5 e gli 8 m circa di profondità. L'area marina esterna scelta per l'immersione di sedimenti è posta a poco più di 3 nM dalla costa ed è estesa circa 2,2 nM<sup>2</sup> con una profondità media di 17 m (Figura 1 e Tabella 1). Sono state individuate anche due aree di 1 nM<sup>2</sup> con caratteristiche simili al sito di immersione e sufficientemente distanti da non essere interessate dagli effetti delle attività monitorate e quindi utilizzate come siti di controllo.

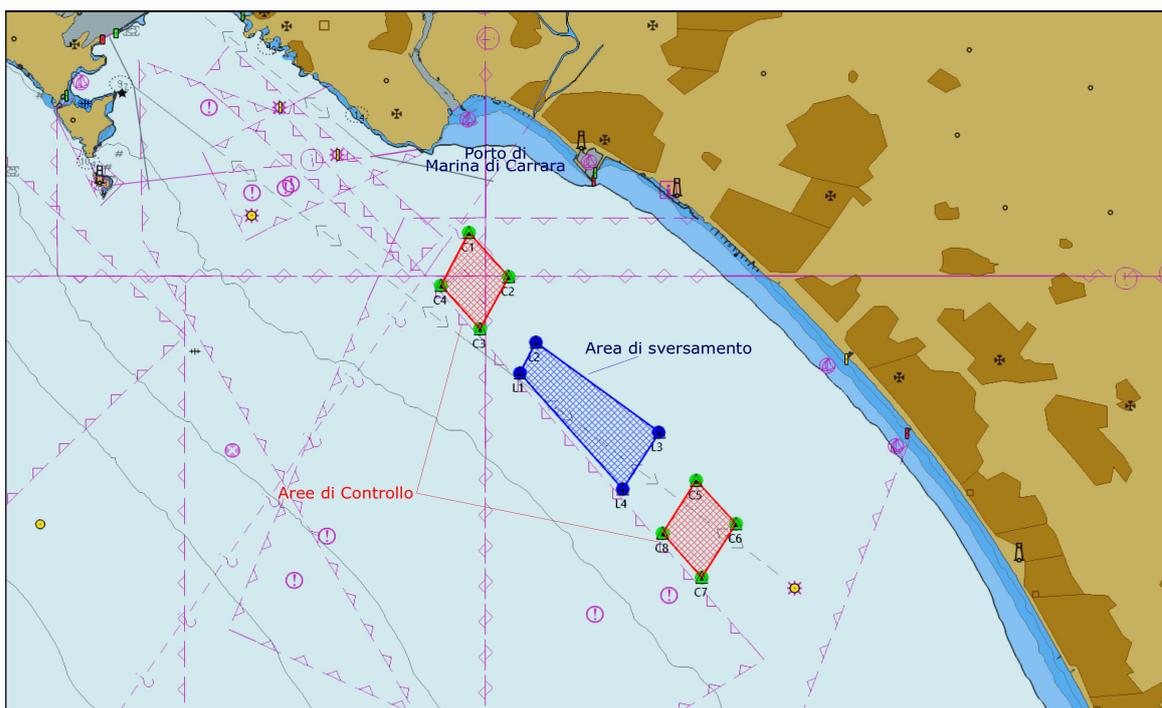


Figura 1 – Area di sversamento (in blu) e aree di controllo (in rosso)

Tabella 1 - Coordinate dei punti che delimitano l'area di sversamento e le aree di controllo

Area di Sversamento				
	L1	L2	L3	L4
<b>Latitudine</b>	43° 58.3540' N	43° 58.8860' N	43° 57.3530' N	43° 56.3930' N
<b>Longitudine</b>	10° 00.7970' E	10° 01.1810' E	10° 04.0470' E	10° 03.2080' E
Aree di Controllo				
	C1	C2	C3	C4
<b>Latitudine</b>	44° 00.7357' N	43° 59.9961' N	43° 59.1009' N	43° 59.8481' N
<b>Longitudine</b>	09° 59.6105' E	10° 00.5407' E	09° 59.8710' E	09° 58.9544' E
	C5	C6	C7	C8
<b>Latitudine</b>	43° 56.5361' N	43° 55.8003' N	43° 54.8805' N	43° 55.6385' N
<b>Longitudine</b>	10° 04.9114' E	10° 05.8468' E	10° 05.0425' E	10° 04.1300' E

## POPOLAMENTI ITTICI DEMERSALI

Nell'ambiente marino vengono distinti due grandi domini: il dominio bentonico rappresentato dai fondi marini e il dominio pelagico che è costituito dalle masse d'acqua sovrastanti. Il primo è popolato dagli organismi di fondo (benthos) e il secondo da quelli pelagici (plancton e necton) (Ghirardelli, 1981).

Il necton, viene definito come un gruppo di organismi acquatici che vivono per una parte della loro vita o sempre, sospesi nell'acqua e che riescono a nuotare attivamente vincendo la forza delle correnti. E' costituito da pesci, ma anche da crostacei, molluschi e cefalopodi e da un numero meno rappresentativo di altri animali come rettili marini, uccelli e mammiferi (Ghirardelli, 1981).

Particolarmente rilevanti ai fini degli studi ambientali oltre agli animali nectonici come i mammiferi marini e le tartarughe marine, agli habitat marini "sensibili" definiti ai sensi della Direttiva 92/43/CEE come gli habitat marini in cui vivono specie rare, endemiche, vulnerabili o in pericolo, anche le specie ittiche demersali di particolare interesse commerciale e nello specifico le aree di nursery o reclutamento di queste specie.

Il conseguimento ed il mantenimento di un buono stato ambientale dell'ecosistema marino, infatti, prevede l'adozione di strategie finalizzate ad una gestione sostenibile delle attività umane per assicurare che la pressione complessiva sia mantenuta entro livelli compatibili con il conseguimento del buon stato ambientale.

Viene da sé che l'importanza di assicurare azioni di monitoraggio e ricerca scientifica orientate all'acquisizione delle conoscenze necessarie per la razionale utilizzazione delle risorse dell'ambiente marino, sede di riproduzione e nursery di molte specie ittiche, ecosistema che presenta la più elevata biodiversità e zona biologicamente produttiva.

### Piano di campionamento

Per il monitoraggio dei popolamenti ittici presenti nell'area si sversamento saranno effettuate due campagne di pesca a strascico all'interno di questa area e nei due siti di controllo, una prima (*ante operam*) e l'altra dopo (*post operam*) le attività di scarico dei sedimenti.

Per le attività di campionamento verrà utilizzata, preferibilmente, un'imbarcazione a strascico di Viareggio, marineria che abitualmente opera nella zona in oggetto.

Il motopeschereccio prescelto sarà dotato di ecoscandaglio, radar, GPS, Plotter cartografico interfacciato con il GPS, apparecchiatura VHF, cella frigorifera e munito di un verricello salpa-rete. La rete a strascico avrà maglie al sacco di 50 mm, utilizzate in base alle normative europee per la pesca a strascico di specie demersali e bentoniche.

Nel corso di ogni campagna saranno rilevate la profondità e la temperatura con l'ausilio del *Data logger*, modello DST Centi della Star-Oddi, e se possibile l'apertura orizzontale e verticale della rete utilizzando l'attrezzatura Scanmar. Nel caso fosse impossibile utilizzare tale apparecchiatura, sarà comunque calcolata l'area strascicata o "swept area" (Sparre *et al.*, 1989) utilizzando la seguente formula:

$$\text{Area Strascicata (kmq)} = (\text{AO} \cdot \text{V} \cdot 1.853 \cdot \text{D}) / (1000/60)$$

dove:

AO = Apertura Orizzontale della rete espressa in m;

V = Velocità della barca espressa in nodi (miglia nautiche/ora)

D = Durata della cala in minuti

Per ogni campagna (*ante e post operam*) saranno realizzate 2 pescate sperimentali all'interno dell'area di immersione dei sedimenti e 2 in ciascuna area di controllo, per un totale di 6 campionamenti per campagna.

Di seguito si riporta la tempistica delle attività di pesca sperimentale con il numero di cale previste durante le fasi del monitoraggio.

	Mesi	Frequenza	Numero di cale	
			Area di sversamento	Aree di controllo
<b>Fase <i>ante operam</i></b>	1	1	2	4
<b>Fase <i>post operam</i></b>	1	1	2	4

Saranno seguite le metodologie standard usate nelle campagne sperimentali del programma europeo MEDITS (International bottom trawl survey in the Mediterranean; MEDITS Working Group, 2017). Le cale dovranno essere eseguite nell'arco temporale compreso tra mezz'ora dopo l'alba e mezz'ora prima del tramonto, ed avranno una durata di 30 minuti calcolata dal momento in cui la rete toccherà il fondo. In caso di interruzione della cala, questa verrà considerata valida se saranno trascorsi almeno 2/3 del tempo o del percorso totale di cala. Per ogni cala verranno rilevati i seguenti dati:

- latitudine e longitudine di inizio e fine cala
- orario iniziale e finale
- profondità iniziale e finale
- lunghezza dei calamenti e del cavo di traino
- condizioni meteo marine
- velocità di traino iniziale e finale
- se possibile apertura verticale e orizzontale della rete

Tutto il materiale raccolto dalla rete durante ogni cala verrà diviso nelle seguenti categorie: Pesci (frazione composta da tutte le specie di pesci teleostei e selaci), Crostacei (frazione del pescato costituita da tutte le specie di Crostacei, Decapodi e Stomatopodi), Cefalopodi (frazione formata da tutte le specie di Cefalopodi, Decapodi ed Ottopodi), altre specie commerciabili (frazione composta da tutte quelle specie di interesse commerciale, almeno su base locale), Biocenosi bentoniche (specie dell'epimegabenthos come celenterati, echinodermi, tunicati, ecc.), Rifiuti (frazione di origine antropica, possibilmente con indicazioni qualitative e quantitative). Per tutte

le specie e i taxa identificati verranno rilevati il peso totale della cattura ed il numero totale di esemplari. Per 37 specie bersaglio, tra quelle del protocollo MEDITS (Tabella 2), verranno effettuate misurazioni biometriche, come descritto successivamente.

Tabella 2 - Specie bersaglio "MEDITS" (in grassetto sono evidenziate le specie per cui saranno rilevati anche i parametri biologici di maturità sessuale e il peso individuale)

<i>Aspitrigla cuculus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Boops boops</i> (Linnaeus, 1758)
<b><i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758)</b>	<b><i>Galeus melastomus</i> (Rafinesque, 1809)</b>
<i>Lepidorhombus boschii</i> (Risso, 1810)	<i>Lophius budegassa</i> Spinola, 1807
<i>Lophius piscatorius</i> Linnaeus, 1758	<b><i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus, 1758)</b>
<i>Micromesistius poutassou</i> (Risso, 1826)	<b><i>Mullus barbatus</i> Linnaeus, 1758</b>
<b><i>Mullus surmuletus</i> Linnaeus, 1758</b>	<b><i>Pagellus acarne</i> (Risso, 1826)</b>
<b><i>Pagellus bogaraveo</i> (Brünnich, 1768)</b>	<b><i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758)</b>
<i>Phycis blennoides</i> (Brünnich, 1768)	<b><i>Raja asterias</i> Delaroché, 1809</b>
<b><i>Raja clavata</i> Linnaeus, 1758</b>	<b><i>Sardina pilchardus</i> (Walbaum, 1792)</b>
<b><i>Scylliorhinus canicula</i> (Linnaeus, 1758)</b>	<i>Solea vulgaris</i> Quensel, 1806
<i>Spicara flexuosa</i> Rafinesque, 1810	<i>Spicara smaris</i> (Linnaeus, 1758)
<b><i>Trachurus mediterraneus</i> (Steindachner, 1863)</b>	<b><i>Trachurus trachurus</i> (Linnaeus, 1758)</b>
<i>Trigla lucerna</i> Linnaeus, 1758	<i>Trigloporus lastoviza</i> (Bonnaterre, 1788)
<i>Trisopterus m. capelanus</i> (Lacepède, 1800)	<i>Zeus faber</i> Linnaeus, 1758
<b><i>Penaeus keraturus</i> (Forskål, 1775)</b>	<b><i>Parapenaeus longirostris</i> (Lucas, 1846)</b>
<b><i>Squilla mantis</i> (Linnaeus, 1758)</b>	<b><i>Eledone cirrhosa</i> (Lamarck, 1798)</b>
<b><i>Eledone moschata</i> (Lamarck, 1799)</b>	<b><i>Illex coindetii</i> (Verany, 1839)</b>
<b><i>Loligo vulgaris</i> Lamarck, 1798</b>	<i>Octopus vulgaris</i> Cuvier, 1797
<i>Sepia officinalis</i> Linnaeus, 1758	

Le analisi biometriche delle specie identificate come bersaglio potranno essere effettuate a bordo o in laboratorio. Per quanto riguarda i Pesci, verrà misurata la lunghezza totale (LT in cm, dalla punta del muso alla fine della coda); la lunghezza del carapace per i Crostacei (LC in mm, dal margine posteriore dell'orbita al margine posteriore mediano del carapace); la lunghezza dorsale del mantello per i Cefalopodi (per gli Ottopodi, LM in cm, intesa come la lunghezza del mantello dalla sua estremità posteriore fino alla linea ideale che passa tra gli occhi; per i Decapodi come la lunghezza del mantello dalla sua estremità posteriore fino a quella anteriore).

Verranno poi determinati il sesso e lo stato di maturità delle gonadi (in accordo alle scale di maturità MEDITS) insieme al peso individuale (PT), al decimo di grammo.

Verrà inoltre calcolata la sex-ratio delle specie bersaglio più rappresentative, secondo la seguente formula:

$$\text{Sex ratio (\%)} = \frac{N \text{ Femmine}}{(N \text{ Femmine} + N \text{ Maschi})} * 100$$

## Analisi dei dati

I dati raccolti durante la campagna e registrati su appositi moduli e tabelle, verranno informatizzati in un database. I dati raccolti serviranno per il calcolo degli indici di abbondanza in biomassa (kg/kmq) e densità (N/kmq). Inoltre le misurazioni delle taglie permetteranno di realizzare grafici di distribuzione di taglie almeno per le specie più rappresentative

Per il confronto tra le aree (Controllo 1, Controllo 2 e area di sversamento) verranno studiate le componenti della diversità specifica; dalla matrice specie/cala sperimentale verranno calcolati il numero totale di specie e di esemplari catturati, gli indici di ricchezza specifica di Margalef (d), di equitabilità di Pielou (P') e di diversità specifica di Shannon- Weaver (H'). I risultati dei parametri strutturali di popolazione saranno utilizzati anche per il confronto tra la campagna *ante* e *post operam*.

Nella restituzione dei dati saranno prodotti elaborati sottoforma di grafici e tabelle tematiche, che serviranno alla valutazione delle possibili differenze, a livello ecologico e biologico, del popolamento ittico analizzato prima (*ante operam*) e dopo le attività di sversamento (*post operam*) tenuto conto della variabilità temporale dovuta alla tipologia di piano di campionamento proposto.

## CETACEI E TARTARUGHE MARINE

### Monitoraggio del rumore acustico subacqueo

La maggior parte degli organismi acquatici possono produrre suoni e rumori, con modalità diverse e con frequenze che variano dagli infrasuoni agli ultrasuoni. Soprattutto i cetacei Odontoceti e Mysticeti sfruttano il suono come strumento di comunicazione anche a lunghe distanze, per la visione subacquea alternativa alla vista (eco-localizzazione), per l'orientamento e per la ricerca del cibo. Anche l'uomo contribuisce alla produzione di suoni e rumori subacquei che si traducono spesso nel cosiddetto inquinamento acustico marino che può avere effetti negativi sulla vita di molti organismi marini. In particolare per inquinamento acustico si intende l'introduzione intenzionale o accidentale di energia acustica nella colonna d'acqua, da fonti puntuali o diffuse tali da provocare risposte o effetti sugli animali. L'introduzione di rumore determina infatti un aumento di quello che viene definito "rumore ambientale naturale". Dopo decenni di ricerche, si è infatti giunti alla conclusione che molti dei suoni antropici provocano effetti di differente grado sui vari 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 – espressa 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 nella unità logaritmica deciBel, dB). Ne deriva che l'intensità locale del suono è rappresentata dal *Sound Pressure Level* (SPL), su scala logaritmica (dB).

In base a quanto riportato nel descrittore n. 11 della European Marine Strategy Framework (Van der Graaf *et al.*, 2012) e descritto da ISPRA nelle “Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne” (Borsani e Farchi, 2011), l’obiettivo principale per la valutazione dei possibili effetti di attività antropiche sulla fauna marina, è quello di misurare il *Source Level* (SL) del rumore prodotto, determinando il *Sound Pressure Level* (SPL) localizzato “a un metro” dalla sorgente emittente. Quindi con una mappa degli SPL misurati in diversi punti dell’ambiente marino, in base alla conoscenza della geometria relativa di questi punti rispetto alla sorgente (imbarcazioni o altro) e della modellizzazione fisica della propagazione sonora legata alle caratteristiche del fondale marino, si possono ricavare i rispettivi SL.

Le linee guida di ISPRA (Borsani e Farchi, 2011) definiscono i valori soglia per rumori di natura sia impulsiva che continua (attività di escavo, dragaggi, navigazione, ecc.), in grado di provocare nei cetacei le prime risposte comportamentali fino a danni temporanei o permanenti. Per quanto concerne i suoni non impulsivi, a bassa frequenza i cetacei sembrano rispondere a valori di RL (*received level*) compresi tra 120 e 160 dB mentre a media frequenza si riscontrano risposte variabili, con alcuni individui sensibili a valori di RL compresi tra 90 e 120 dB e altri che non sembrano evidenziare alcun disturbo fino a valori di RL pari a 150 dB.

### **Piano di campionamento**

Saranno effettuate campagne finalizzate alla misurazione del rumore acustico subacqueo nelle aree dove sono previste le attività di dragaggio (canale di accesso portuale) e nell’area di sversamento esterna. I rilevamenti saranno eseguiti nella fase *ante operam*, quindi prima dell’inizio dei lavori, e durante le attività di dragaggio e di sversamento, in specifiche stazioni come descritto di seguito. Saranno svolte 5 campagne di rilevamento di cui una in fase *ante operam* e 4 in corso d’opera.

I dati ricavati dalla fase *ante operam* permetteranno di definire il “rumore di fondo” presente nell’area e di caratterizzarlo in termini di livelli e spettro di frequenze, ottenendo quindi l’ambiente acustico in assenza delle attività previste.

Considerando le attività in grado di generare possibili livelli di rumore significativo durante le fasi di dragaggio e immersione, saranno pianificati gli interventi di campionamento acustico in accordo con gli operatori a bordo della draga, in modo da poter eseguire le misure, durante l’esecuzione dei lavori, nel modo corretto.

Per ognuna della attività oggetto del monitoraggio, dragaggio e immersione, sono state individuate delle stazioni a distanza variabile dalla sorgente del rumore, distribuite secondo una direttrice. I punti di campionamento e quindi le stazioni, riportati di seguito, sono indicativi e legati alla posizione della sorgente di rumore (draga) al momento delle fasi di rilevamento acustico ed alle distanze di 100 m, 1000 m e 5000 m da questa.

L’area di dragaggio (A1) si trova nella zona prospiciente l’imboccatura del Porto di Marina di Carrara (Figura 2). Le stazioni individuate si trovano rispettivamente a 100 m, 1000 m e 5000 m di distanza dalla draga sulla direttrice SE (Figura 3).



Figura 2 - Area di dragaggio (A1)

Stazioni  
Area di  
dragaggio

D-SE100  
D-SE1K  
D-SE5K

Latitudine

Longitudine

44°01.588' N

10°02.681' E

44°01.266' N

10°03.136' E

43°59.727' N

10°05.289' E

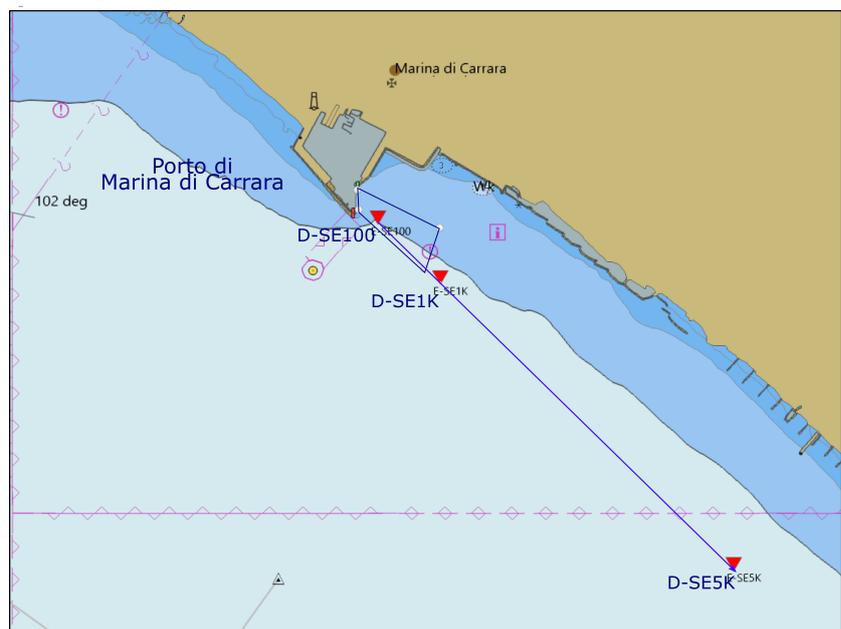


Figura 3 - Stazioni di campionamento per l'area di dragaggio

L'area di sversamento (A2) di circa 2,2 nM<sup>2</sup> si trova a poco più di 3 nM dal porto in direzione SW (Figura 4). Le stazioni sono posizionate a 100 m, 1000 m e 5000 m di distanza dalla draga su 3 direttrici: NW, SW e SE. (Figura 5).

Area di sversamento	Latitudine	Longitudine
L1 (NE)	43°58.3540'N	10°00.7970'E
L2 (NW)	43°58.8860'N	10°01.1810'E
L3 (SE)	43°57.3530'N	10°04.0470'E
L4 (SW)	43°56.3930'N	10°03.2080'E

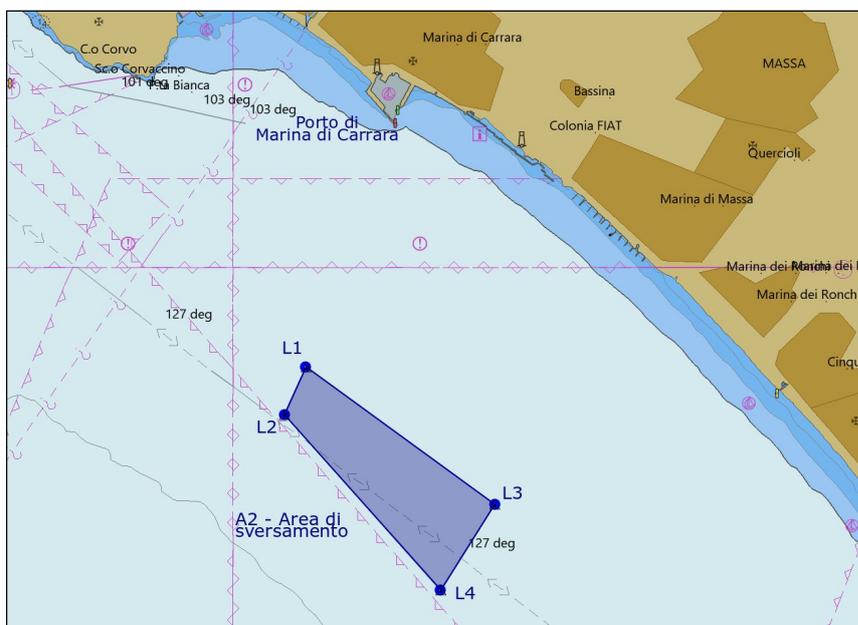


Figura 4 - Area di sversamento

Stazioni Area di sversamento	Latitudine	Longitudine
S-100	43°57.7525'N	010°02.2934'E
S-NW1K	43°58.1374'N	010°01.7825'E
S-NW5K	43°59.5641'N	009°59.8327'E
S-SW1K	43°57.3510'N	010°01.7666'E
S-SW5K	43°55.8571'N	009°59.6311'E
S-SE1K	43°57.3628'N	010°02.8107'E
S-SE5K	43°55.8075'N	010°04.8824'E

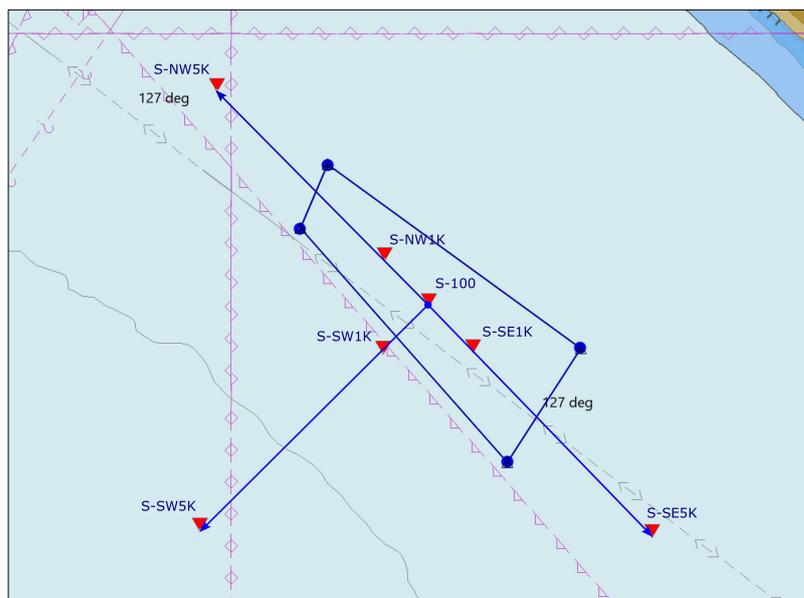


Figura 5 - Stazioni di campionamento per l'area di sversamento

Considerando l'omogeneità delle caratteristiche del fondale lungo le direttrici le stazioni della fase di cantiere (corso d'opera) potranno essere leggermente spostate rispetto alle stazioni effettuate con il bianco (*ante operam*), ma saranno mantenute le distanze e la direttrice rispetto alla distanza dalla sorgente.

Di seguito si riporta la tempistica dei rilevamenti acustici con il numero delle stazioni campionate

	Mesi	Frequenza	Numero stazioni	
			Area dragaggio	Area sversamento
Fase <i>ante operam</i>	1	1	3	7
Fase in corso d'opera	4	4	3	7

### Metodologia del campionamento acustico

Il campionamento acustico è effettuato secondo le normative standardizzate europee e così identificate con imbarcazione ferma, motori e pompe spenti:

- Registrazione del rumore con idrofono calibrato Smid - Aquatech DH200GP nella banda 10 Hz - 80 KHz per almeno 4 minuti.
- Profilo verticale con sonda multiparametrica CTD Ageotec H2O IMSV per la misura di Temperatura, Profondità, Conducibilità per il calcolo diretto della velocità del suono. La misura delle caratteristiche del mezzo di propagazione del suono è indispensabile nella successiva fase di analisi. In funzione del profilo di velocità del suono e delle caratteristiche termiche dell'ambiente può essere necessario eseguire i campionamenti al di sopra e al di sotto del termoclino se presente.
- Registrazione dei segnali AIS di tutte le imbarcazioni presenti in zona, allo scopo di conoscere le presenze di altre sorgenti di rumore antropiche e relative distanze.
- Registrazione manuale di imbarcazioni non dotate di AIS mediante osservazione diretta
- Registrazione delle condizioni meteomarine

### Strumentazione utilizzata

Idrofono Smid DH200GP per la registrazione dei dati audio nella banda 10Hz - 80 kHz (Figura 6). I dati di rumore acustico acquisiti dagli idrofoni digitali sono campionati a 192 kHz con una sensibilità di -156 dB re V/uPa; il rumore elettronico dello strumento, se valutato in termini di pressione acustica, ha un livello inferiore al livello del rumore del mare a forza "zero", che, secondo letteratura, è intorno a +21 dB re 1Pa/VHz a 30 kHz; Quindi tutto il rumore registrato è relativo a suoni realmente presenti in acqua e non a interferenze introdotte dallo strumento di misura. La registrazione avviene su software dedicato.

## DH SERIES DIGITAL HYDROPHONES

### LOW-NOISE, LOW-POWER DIGITAL HYDROPHONES

The DH SERIES is a family of low noise low power digital hydrophones usable in a very wide range of applications:

- **Shallow water applications**  
It can be deployed from surface platforms (Vessels, Shore Labs, Buoys) through an underwater cable
- **Deep water applications**  
It can be part of the payload of deep water platforms (AUVs, ROVs, Underwater Observatories)



### MODELS

#### For SHALLOW WATER

- **DH 100:** Low cost, Low power, measurements in Audio Band
- **DH200GP:** Very low noise, general purpose use
- **DH200HS:** Very high acoustic level measurement (e.g. airgun)
- **DH800:** High performance device for scientific use. The system integrates Front End and depth sensor

#### For DEEP WATER

- **DH600:** Very low power, very low noise; working depth: 4.000 meters

### TECHNICAL DATA

Model		DH100	DH200GP (DH200HS <i>Note 1</i> )	DH600	DH800 <i>(Note 2)</i>
Sensitivity of low gain channel @ 10 kHz	dB re 1V/ $\mu$ Pa	- 186	- 186	- 186	- 196
Sensitivity of high gain channel @ 10 kHz	dB re 1V/ $\mu$ Pa	- 148	- 148	- 148	- 158
Frequency range	Hz	20 to 48000	10 to 90000	10 to 90000	4 to 90000
Sampling Frequency	kHz	96	100/200	100/200	50/100/200
Beam pattern	°	OMNIDIRECTIONAL			
Equivalent input noise (high gain ch @ 10 kHz)	dB re 1 $\mu$ Pa/ $\sqrt$ Hz	+ 35	+ 24	+ 37	+ 20
Maximum driven cable length	m	200	100	100	300
Power consumption	mW	700	800	150	850
Length	mm	180	180	180	250
Diameter	mm	30	30	35	40
Standard output connection		cable	cable	cable	underwater connector
Maximum depth	m	700	1000	4000	1000
Depth sensor range	m	-	-	-	300

Figura 6 - Modello di Idrofono utilizzato e specifiche tecniche

Sonda CTD Ageotec IMSV per la misura di Temperatura, Profondità, Conducibilità con calcolo diretto della velocità del suono (Figura 7).

I dati vengono registrati su file con PC dedicato mediante il software APWin, che permette anche la visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e degli altri dati acquisiti. In ogni stazione sarà eseguita una calata di CTD.



#### TECHNICAL SPECIFICATION

<p><b>Sound velocity</b> Range: 1350-1600 m/sec Resolution: 0.001 m/sec Accuracy: <math>\pm 0.060</math> m/sec (P = 2000 dbar) <math>\pm 0.045</math> m/sec (P = 100 dbar)</p> <p><b>Temperature</b> Range: -2÷38 °C Resolution: 0.001 °C Accuracy: <math>\pm 0.01</math> °C</p> <p><b>Conductivity</b> Range: 0÷70 mS/cm Resolution: 0.001 mS/cm Accuracy: <math>\pm 0.01</math> mS/cm</p> <p><b>Pressure</b> Range: 0÷2000 dbar Resolution: 0.03 dbar Accuracy: <math>\pm 1</math> dbar</p> <p><b>Salinity</b> Range: 0÷40 ppt Resolution: 0.001 ppt Accuracy: <math>\pm 0.01</math> ppt</p>	<p><b>Internal memory:</b> 4 Mbyte (200.000 data sets)</p> <p><b>I/O interface:</b> Connector: MCBH6M Output: RS232 Baud Rate: 9600</p> <p><b>Electrical:</b> Supply: 7÷30 VDC Current: 30mA Internal battery: 8 Ah lithium (IMSV only)</p> <p><b>IMSV dimensions:</b> Diameter: 50 mm Length: 250 mm (excluding connector) Weight: 980 gr (in air) Material: Titanium</p> <p><b>IMSV dimensions:</b> Diameter: 75 mm Length: 490 mm Weight: 4000 gr (in air) Material: AISI316L stainless steel</p> <p><b>Environmental:</b> Pressure: 200 bar Temperature: -5÷55 °C</p>
--	---

Figura 7 - Modello di sonda CTD utilizzata e specifiche tecniche

I due strumenti appena descritti, dispongono di un cavo di 100m e sono accoppiati in una gabbia che li rende solidali fra loro e ne permette la discesa per gravità. Durante la misura acustica vengono acquisiti e registrati costantemente anche i dati della sonda CTD, permettendo in fase di analisi di verificare l'effettiva posizione dei sensori soprattutto in relazione alla profondità.

Per la ricezione dei segnali identificativi emessi da tutte le imbarcazioni eventualmente presenti in zona di campionamento, sarà utilizzato un Ricevitore AIS Icom MXA-5000 (Automatic Identification System),

## Analisi dei dati acustici

I dati raccolti permetteranno l'identificazione delle distribuzioni dei livelli di pressione del suono istantaneo calcolando la percentuale del tempo della singola registrazione in cui SPL(t) supera le soglie individuate dalle linee guida di ISPRA.

I livelli di rumore sono prodotti utilizzando la PSDf (*Power Spectral Density function*), che rappresenta il modo in cui l'energia contenuta nel rumore, sotto forma di pressione acustica, si distribuisce nel campo di frequenze considerato. Nel nostro caso è utile la rappresentazione nel campo da 10Hz a 48kHz, nel quale ricadono la totalità delle sorgenti di rumore previste. La PSDf di una sequenza temporale di rumore può essere stimata a partire dalla *Fourier Transform* (FT) del rumore stesso, calcolata mediante il metodo numerico detto *Fast Fourier Transform* (FFT) su una sequenza di campioni frequenziali spazati uniformemente (spaziatura lineare).

Oltre che come curva continua, la PSDf può essere calcolata e rappresentata anche in terze d'ottava. L'analisi in terzi d'ottava è appropriata per privilegiare la rilevazione/analisi di dettagli alle basse frequenze e in particolare per monitorare rumore ambiente a lungo-lunghissimo termine. L'analisi mediante FFT, con risoluzione frequenziale costante in tutta la banda, è invece utile per rilevare segnali particolari (specialmente linee spettrali molto strette) in qualunque intervallo della banda. Poiché durante le attività possono verificarsi fenomeni sia a banda larga che a banda stretta, sia la curva continua che in terze d'ottava sono indicate in questo tipo di monitoraggio e sono rappresentate entrambe. Ognuna delle due rappresentazioni riesce a mettere in evidenza caratteristiche diverse, quindi l'analisi spettrale è compiuta calcolando e rappresentando la *Power Spectral Density function* (PSDf) di un minuto di dati di rumore nella banda fino a 48 kHz sia mediante FFT sia in terzi d'ottava.

Ricavare l'entità della sorgente di un rumore da misure remote richiede la conoscenza dell'effetto che il mezzo interposto fra sorgente e misura produce sul suono stesso, ossia un *modello di propagazione* del suono. Quello che misuriamo come suono è la fluttuazione locale  $\delta p$  della pressione  $p$ . Le fluttuazioni locali della pressione  $p$  ubbidiscono però a un'approssimazione in cui una propagazione sinusoidale è diretta e modulata dalla caratteristica locale del mezzo, detto *indice di rifrazione*. A sua volta, nel caso in cui le fluttuazioni sinusoidali abbiano una periodicità spaziale (lunghezza d'onda) molto minore della scala su cui l'indice di rifrazione varia, l'onda può essere approssimata da un *fascio di raggi*, ognuno dei quali si distende nel mezzo come la traiettoria di una particella fisica soggetta ad opportune equazioni meccaniche. Questa approssimazione trasforma l'equazione ondulatoria in un *ray tracing*, o *beam tracing*, che si può applicare alla propagazione dei suoni che ci interessano attraverso l'ambiente marino. È questo il contesto in cui matura il modello idroacustico detto *Modello BELLHOP*, utilizzato nel presente piano di monitoraggio per ottenere il SL dal valore di SPL delle misure in remoto. Secondo il modello BELLHOP, la velocità del suono nell'acqua in un punto P dipende dalla distanza orizzontale di P dalla sorgente  $r_p$ , e dalla profondità del punto  $z_p$ , e l'ambiente acustico marino è invariante per rotazione orizzontale. Quindi la propagazione è rappresentata come un campo  $c_s(r,z)$ , dove il punto  $(0,z_s)$  è la posizione della sorgente. L'input fondamentale che si deve dare al modello per predire l'attenuazione del suono in mare e quindi legare il livello sonoro misurato lontano dalla sorgente con il *source level* (SL), è il profilo della velocità che si ottiene direttamente

dalla sonda CTD. Il modello BELLHOP si dimostra ben in grado di riprodurre la fisica della propagazione in condizioni di stagionalità diversa, come mostrato sotto. Il modello non predice la stagionalità, esso si limita a calcolare come il suono si attenua nell'ambiente una volta che gli viene fornito dall'esterno il profilo della velocità del suono con la profondità. Il modello BELLHOP quindi non prevede come saranno le condizioni stagionali, ma assume come input le condizioni stagionali che si misurano in natura e, come output, fornisce la TL conseguente.

## **Monitoraggio di cetacei e tartarughe**

### *Avvistamenti nell'area di sversamento*

In concomitanza con le campagne di misura del rumore e durante il trasferimento da una stazione all'altra nelle aree sottoposte a dragaggio e sversamento di materiali, saranno effettuate anche osservazioni sulla eventuale presenza di cetacei e tartarughe marine. Questa attività di *visual census* sarà effettuata da personale dedicato attraverso l' utilizzo di attrezzature quali binocoli, bussole da rilevamento, telemetri, fotocamere e videocamere reflex digitali, schede di osservazione.

In questo modo, in base ai dati storici di avvistamento nell'area, sarà possibile ottenere ulteriori informazioni sulla etologia delle specie presenti, aggiornare le mappe di presenza, le stime qualitative e quantitative e determinare l'eventuale impatto o disturbo delle attività oggetto di monitoraggio. In caso di avvistamento, per il riconoscimento degli individui, sarà utilizzata la tecnica della Photo-ID (Foto-identificazione) ed implementata l'informazione sulla piattaforma *Intercet*.

### *Avvistamenti nell'area di ripascimento*

Durante lo svolgimento delle attività di ripascimento si possono verificare situazioni e condizioni ambientali tali da recare disturbo a cetacei e tartarughe marine eventualmente presenti. Al fine di valutare e quindi scongiurare interazioni negative con questi animali e dato che le attività vengono svolte in un'area ristretta e ad una profondità relativamente bassa, si prevede di effettuare 6 campagne di avvistamento da terra per l'intera durata del ripascimento. Durante ogni campagna due operatori situati in due punti diversi della spiaggia a circa 1,5 km di distanza tra loro, verificheranno la presenza di cetacei e tartarughe marine con l'ausilio di binocolo. Di ogni avvistamento verrà segnalata la specie, il numero, la presenza o meno di giovani, la direzione del nuoto e il comportamento, dove possibile. Saranno inoltre rilevati dati relativi alle condizioni meteo, lo stato del mare ed il traffico navale. Gli operatori saranno sempre in contatto con il personale a bordo della draga per segnalare possibili criticità legate alla presenza di cetacei o tartarughe marine nell'area. Durante questa attività sarà rilevata l'eventuale presenza di animali spiaggiati e nidi di tartarughe.

Una ulteriore attività prevista sarà l'imbarco, a bordo della draga, di personale specializzato per l'avvistamento e l'identificazione di cetacei, durante tutto il periodo di lavorazione e per attività di tutoraggio e addestramento del personale imbarcato nell'identificazione e nella registrazione di cetacei e tartarughe eventualmente osservate. Ciò permetterà di adottare misure di mitigazione

(*real-time mitigation practices*) quali le interruzioni temporanee delle attività, o lo spostamento della draga nel caso di individuazione di cetacei o tartarughe nel sito di sversamento (*Visual monitoring protocol*). Altre misure di mitigazione possono essere l'uso di dispositivi acustici (*Acoustic mitigation devices - AMD*) prima dell'inizio dei lavori che favorisca l'allontanamento di mammiferi marini e il *Soft start protocol* cioè l'inizio delle attività viene svolto a bassa intensità di rumore aumentando gradualmente fino ai livelli massimi (ACCOBAMS, 2013 *a e b*).

Il Personale coinvolto in tutte attività di avvistamento e monitoraggio di cetacei e tartarughe marine sarà composto da naturalisti e biologi marini, mentre un ingegnere acustico effettuerà le misurazioni del rumore sottomarino.

### Restituzione dati

Dalle attività di registrazione e successive analisi sarà redatto un report con grafici e tabelle dei livelli registrati di PSDf e di TL in rapporto ai valori delle Linee Guida ISPRA. I risultati delle analisi acustiche e degli avvistamenti effettuati in mare saranno riportati in mappe tematiche delle aree di monitoraggio.

### BIBLIOGRAFIA

ACCOBAMS (2013a) - Anthropogenic noise and marine mammals. Review of the effort in addressing the impact of anthropogenic underwater noise in the ACCOBAMS and ASCOBANS areas. Fifth Meeting of the Parties to ACCOBAMS (Tangier, 5-8 November 2013).

ACCOBAMS (2013b) - Methodological guide: guidance on underwater noise mitigation measures. Fifth Meeting of the Parties to ACCOBAMS (Tangier, 5-8 November 2013).

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.

GHIRARDELLI E. (1981). La vita nelle acque. UTET, Torino: 609 pp.

MEDITS Working Group (2017). Medits Handbook, version n.9: 106 pp.

SPARRE, P., URSIN, E. and S. C. VENEMA (1989). Introduction to tropical fish stock assessment. 1. Manual. FAO. Fish. tech. Pap. 3M/I: xii + 337 pp.

VAN DER GRAAF A.J., AINSLIE M.A., ANDRÉ M., BRENSING K., DALEN J., DEKELING R.P.A., ROBINSON S., TASKER M.L., THOMSEN F., WERNER S. (2012). European Marine Strategy

Framework Directive - Good Environmental Status (MSFD GES): Report of the Technical Subgroup on Underwater noise and other forms of energy.

## INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	4
<b>POPOLAMENTI ITTICI DEMERSALI</b> .....	6
Piano di campionamento .....	6
Analisi dei dati .....	9
<b>CETACEI E TARTARUGHE MARINE</b> .....	9
Monitoraggio del rumore acustico subacqueo .....	9
Piano di campionamento .....	10
Metodologia del campionamento acustico .....	13
Strumentazione utilizzata .....	13
Analisi dei dati acustici .....	16
Monitoraggio di cetacei e tartarughe .....	17
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	18

