

Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale

PORTI DI LA SPEZIA E MARINA DI CARRARA

Legge 84/94 e successive modifiche

Asp Sede: Via del Molo, 1/19126 LA SPEZIA (SP) Tel. +390187546320
AdSP Ufficio Territoriale: Viale Colombo, 6/ 54033 MARINA DI CARRARA (MS)
Tel. +390585782501 P.IVA: 01447450113 C.F.: 91091240118

DRAGAGGIO DEL 3° BACINO PORTUALE E DEL CANALE NAVIGABILE - 1° LOTTO FUNZIONALE

STAZIONE APPALTANTE

Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale

GRUPPO DI PROGETTAZIONE INTERNO

Ing. Davide Vetrà, RUP e Responsabile Settore Safety, Viabilità e Dragaggi

Ing. Mirko Leonardi, Dirigente Ufficio Energia ed Ambiente

SUPPORTO

Ing. Valeria Fanelli, Geom. Riccardo Guastini, Geom. Simone Moracchioli, P.I. Gian Luca D'Imporzano

Progetto di Fattibilità Tecnico Economica:

R.T.P. HYDROGEO INGEGNERIA Srl - HERA Srl - BIOSCIENCE RESEACH CENTER Srl

PROGETTO ESECUTIVO

D - LAVORI PRINCIPALI

D.03 - PIANO DI MONITORAGGIO

D.03.01

PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE - LAVORI PRINCIPALI

REV.	DATA/DATE	DESCRIZIONE / DESCRIPTION				SCALA / SCALE
00	DIC. 2025	PRIMA EMISSIONE				---
						DATA / DATE
Redatto da:		VERIFICATO / VERIFIED		AUTORIZZATO / AUTHORIZED		
Dott.ssa Monia Renzi - BsRC						
COD. LAV. / WORK'S CODE	FASE/PH. CODE	TIPO/TYP.	DOC. NUM.	DETAIL COD.	REV.	

Oggetto: Piano di Monitoraggio Ambientale



BIOSCIENCE RESEARCH CENTER
(Responsabile scientifico)
Dott.ssa Monia Renzi



PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – PORTO LA SPEZIA

Protocollo 2025_6233

del 22/10/2025

SPECIFICHE DI COMMESSA PER TRACCIABILITÀ INTERNA A BSRC

Codice Commessa:	CC_0811_131_2022	
Committente:	Porto di La Spezia	
Progetto:	Piano di monitoraggio ambientale	
Tipologia dell'Elaborato:	Relazione Tecnico Scientifica	
Motivo dell'invio:	<input checked="" type="checkbox"/> Approvazione	<input checked="" type="checkbox"/> Informazione

CODIFICA DELL'ELABORATO

Classificazione di Sicurezza:	<input checked="" type="checkbox"/> Pubblico	<input type="checkbox"/> Privato
Titolo dell'Elaborato:	Piano di monitoraggio ambientale - Porto di La Spezia	
Nome del file:	CC_0811_PMA_La Spezia	

ALLEGATI

Numero totale di Allegati:	ZERO
----------------------------	------

STORIA DELLE REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
00	22/10/2025	Prima Emissione	S. Anselmi	M. Renzi	M. Renzi

Sommario

Gruppo di lavoro	2
Abbreviazioni e definizioni	3
Premessa.....	5
1. Struttura organizzativa e flusso informativo del monitoraggio ambientale	6
2. Procedure operative del monitoraggio ambientale.....	11
3. Geolocalizzazione del sito di dragaggio	22
4. Sintesi della caratterizzazione ambientale dei materiali da dragare (D.M. 173/2016)	23
5. Descrizione dei lavori previsti e gestione dei materiali dragati	26
6. Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)	31
7. Descrittori ambientali oggetto di monitoraggio	44
8. Procedure operative per il campionamento e il rilevamento dei parametri ambientali	47
9. Frequenze di monitoraggio	49
10. Prescrizioni e indirizzi derivanti dallo studio modellistico della torbidità	51
11. Gestione e restituzione dei dati.....	54
12. Specifiche a garanzia della qualità dei dati.....	55
13. Specifiche a chiusura	56

Gruppo di lavoro

Di seguito si riporta il personale coinvolto della redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) del Porto della Spezia.

Nome e Cognome	Funzione	Attività Specifica
Monia Renzi	RS	Supervisione tecnico-scientifica e validazione finale del PMA, con verifica di conformità metodologica e normativa al D.M. 173/2016.
Serena Anselmi	TL/CT/RQ	Redazione del PMA e definizione del programma di monitoraggio per le fasi di dragaggio e conferimento.

RS = Responsabile Scientifico; TL = Tecnico di Laboratorio; CT = Coordinamento Tecnico; RQ = Responsabile Qualità.



Abbreviazioni e definizioni

Tabella 0-1. Termini e Abbreviazioni generali.

Termine / Abbreviazione	Definizione
D.M. 173/2016	Decreto Ministeriale 15 luglio 2016 (allegato tecnico all'art. 109 del D.Lgs. 152/2006) che disciplina caratterizzazione, classificazione, gestione, destinazione e monitoraggio dei sedimenti da dragaggio.
D.Lgs. 152/2006, art. 109	Quadro normativo di riferimento per le immersioni deliberate in mare di materiali da escavo.
PMA	Piano di Monitoraggio Ambientale: programma di controlli su acqua, sedimento e biota articolato nelle fasi AO, CO e PO.
Principio di gradualità	Criterio del D.M. 173/2016 per calibrare descrittori, stazioni e frequenze in funzione di qualità/quantità dei sedimenti, durata e modalità operative.
AO – Ante Operam	Fase pre-cantiere: definizione del quadro di riferimento e dei valori baseline (es. 90° percentile torbidità/TSS).
CO – Corso d'Opera	Fase durante le attività: monitoraggio continuo/discreto e attivazione di soglie di allerta/azione.
PO – Post Operam	Fase successiva ai lavori: verifica del ripristino delle condizioni ambientali (alla chiusura e, per descrittori lenti, a 12 mesi).
Descrittori ambientali	Variabili monitorate (chimico-fisiche, ecotossicologiche, biologiche); es. torbidità, TSS, pH, O ₂ disciolto, metalli, biota.
Torbidità (NTU)	Indicatore ottico della sospensione solida in colonna d'acqua; riferimento statistico: 90° percentile AO.
TSS – Solidi sospesi totali (mg/L)	Concentrazione di particolato in acqua; spesso correlata alla torbidità.
L1 / L2	Soglie di concentrazione del D.M. 173/2016 per sostanze di interesse (attenzione / contaminazione significativa).
LEG – Livello di Effetto Grave	Valore sito-specifico oltre il quale è attesa ≥95% probabilità di effetti ecotossicologici gravi; usato per rivalutare la classe.
Conferimento a terra	Gestione in impianti autorizzati dei sedimenti non idonei all'immersione/riutilizzo in mare (fuori perimetro di monitoraggio di questo PMA).
Overdredging	Eccedenza tecnica di escavo rispetto alla quota di progetto, considerata nei volumi pianificati.
Draga a benna ambientale chiusa (ECOGAB)	Attrezzatura di escavo con chiusura ermetica per minimizzare dispersioni e torbidità in risalita.
Cassoni cellulari impermeabili	Strutture in c.a. a bassa permeabilità per il confinamento/riutilizzo in sicurezza dei sedimenti (classi B, C, D*, D).
SSS – Side Scan Sonar	Rilievo acustico per mappatura morfologica e identificazione di target anomali sul fondo.
Multibeam	Batimetria ad alta risoluzione per controllo quote di fondo pre e post operam.
GPS/AIS	Sistemi di tracciamento posizione/rotte dei mezzi durante dragaggio e conferimento.
Stazioni fisse / mobili	Punti di monitoraggio rispettivamente permanenti e adattabili alla posizione del cantiere/mezzi.
QA/QC	Quality Assurance/Quality Control: tarature, catena di custodia, controlli interni/esterni, tracciabilità dati.
UNI EN ISO/IEC 17025	Norma per l'accreditamento dei laboratori di prova e taratura impiegati nelle analisi del PMA.
AdSP Mar Ligure Orientale	Autorità di Sistema Portuale committente e soggetto attuatore dell'intervento alla Spezia.
ARPAL	Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Liguria: ente di controllo ambientale territoriale.
Capitaneria di Porto	Autorità marittima per vigilanza, sicurezza e prescrizioni operative in mare.
Macrozoobenthos / Biota	Componenti biologiche di fondi mobili usate come indicatori dello stato ecologico.
ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler – strumento acustico per la misura della velocità e direzione delle correnti marine.
AIS	Automatic Identification System – sistema di tracciamento automatico delle imbarcazioni utilizzato per il monitoraggio del traffico marittimo.
GPS	Global Positioning System – sistema di posizionamento satellitare per la localizzazione in tempo reale delle unità navali.



PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – PORTO LA SPEZIA

Protocollo 2025_6233

del 22/10/2025

Tabella 0-2. Abbreviazioni e descrizione delle diverse tipologie di stazioni di monitoraggio ambientale.

Termine / Abbreviazione	Definizione
Stazioni Ambientali di Monitoraggio Fisse (SAF)	Le Stazioni Ambientali Fisse (SAF) sono punti di monitoraggio geograficamente fissi, caratterizzati da coordinate costanti, utilizzate per valutare le condizioni ambientali <i>Ante Operam</i> (AO), corso d'opera (CO) e <i>Post Operam</i> (PO) dell'area portuale interessata dal dragaggio.
	Non dispongono di strumentazione installata stabilmente in acqua. Sono monitorate tramite strumentazione mobile (sonde multiparametriche, campionatori, correntometri portatili). Le misure non sono continue, ma effettuate: <ul style="list-style-type: none">• periodicamente durante AO e PO,• secondo frequenze definite durante CO (es. settimanale, quindicinale).• Non vengono monitorate ogni giorno, ma secondo un calendario stabilito nel PMA.
	Definire il <i>background</i> ambientale del porto. Valutare eventuali modifiche dei parametri ambientali nel tempo (<i>trend</i>).
Stazioni Mobili Operative (SMO)	Le Stazioni Mobili Operative (SMO) sono punti di monitoraggio non georeferenziati in modo fisso, attivati quotidianamente durante le operazioni di dragaggio. Si spostano in prossimità del cantiere e seguono la draga, consentendo il controllo diretto dei livelli di torbidità giorno per giorno.
	Non hanno coordinate fisse: vengono posizionate di volta in volta in funzione: <ul style="list-style-type: none">• della posizione della draga,• del regime delle correnti,• dell'eventuale <i>plume</i> torbido. Utilizzano strumentazione mobile: <ul style="list-style-type: none">• sonde multiparametriche portatili,• strumentazione per torbidità. Le misure sono operate da personale tecnico direttamente sul campo.
	Eseguire misure discrete ripetute nel corso del turno operativo per il controllo della torbidità associata al dragaggio. Supportare le procedure di: <ul style="list-style-type: none">• allerta,• allarme,• verifica anomalie. Consentire l'immediata risposta in caso di superamenti delle soglie.
Boe Fisse Multisensore (BFM)	Le Boe Fisse Multisensore (BFM) sono piattaforme strumentali installate prima dell'avvio dei lavori e disinstallate solo al termine della fase <i>Post Operam</i> , dotate di sensori in acquisizione continua e sistema di trasmissione dati.
	Hanno coordinate fisse e non si spostano per tutta la durata del progetto. Sono equipaggiate con: <ul style="list-style-type: none">• sonda multiparametrica (torbidità NTU/FNU, temperatura, conducibilità, ossigeno, pH),• correntometro per misura delle correnti,• unità telemetrica per trasmissione dati. Misurano i parametri in acquisizione continua, con trasmissione dati a intervalli definiti.
	Fornire il valore di torbidità in continuo, utile per: <ul style="list-style-type: none">• allerta e allarme,• ricostruzione del <i>plume</i>,• gestione operativa del cantiere.

Nel presente PMA il termine “monitoraggio in continuo” è utilizzato esclusivamente per indicare l'acquisizione automatizzata H24, senza soluzione di continuità, effettuata dalle boe fisse multisensore (BFM).

Per SMO e SAF il monitoraggio è definito come discreto o operativo ad alta frequenza, poiché basato su misure puntuali ripetute e non su registrazione continua.

Premessa

La movimentazione e gestione dei sedimenti marini è disciplinata dal D.M. 173 del 15 luglio 2016, allegato tecnico all'art. 109 del D.Lgs. 152/2006, che ha abrogato il precedente D.M. 24 gennaio 1996 e superato le linee guida APAT–ISPRA “*Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini*” (2007). Il decreto costituisce il quadro normativo di riferimento per la caratterizzazione, classificazione, gestione e destinazione dei materiali di dragaggio, nonché per la pianificazione del monitoraggio ambientale delle relative attività. Il capitolo 3.3 del D.M. 173/2016 (“*Attività di monitoraggio ambientale*”) definisce i criteri per la redazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), che deve essere proporzionato alle caratteristiche dell'intervento e dei materiali da movimentare, applicando il principio di gradualità in funzione di:

- qualità e quantità dei sedimenti da dragare;
- durata e modalità operative dell'escavo;
- caratteristiche dei siti di dragaggio;
- sensibilità ambientale del contesto marino circostante.

Il PMA ha lo scopo di:

- quantificare gli effetti delle operazioni di dragaggio;
- permettere l'attivazione di misure correttive o di contenimento in caso di superamento delle soglie di allerta;
- verificare e documentare l'avvenuto ripristino delle condizioni ambientali pre-intervento.

Il programma di monitoraggio è articolato in tre fasi operative:

- *Ante Operam* (AO), definizione delle condizioni ambientali precedenti alle operazioni di dragaggio;
- *Corso d'opera* (CO), monitoraggio dell'evoluzione delle condizioni ambientali durante le operazioni di dragaggio;
- *Post Operam* (PO), verifica delle condizioni ambientali a completamento dell'intervento.

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) è riferito agli interventi di adeguamento dei fondali portuali del Terzo Bacino del porto della Spezia, promossi dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale.

Il PMAO tiene conto:

- dei risultati delle caratterizzazioni ambientali e morfo-batimetriche dei materiali da dragare;
- delle modalità operative di dragaggio e movimentazione definite dal soggetto esecutore dell'intervento.

Il documento definisce:

- le scelte tecnico-scientifiche adottate in relazione al contesto ambientale e alle caratteristiche dei sedimenti;
- i descrittori ambientali oggetto di monitoraggio per ciascuna matrice (acqua, sedimento, biota);
- le frequenze temporali e le modalità operative per ciascuna fase (AO, CO, PO);
- i criteri di controllo della torbidità e dei solidi sospesi durante le operazioni di dragaggio.

Il presente documento definisce le attività di monitoraggio ambientale connesse al dragaggio del Terzo Bacino (I° Lotto). Non tratta l'ammissibilità dei sedimenti né il monitoraggio del conferimento presso la cassa di colmata di Genova, per i quali si rimanda alle specifiche tecniche dedicate. Il PMA riguarda esclusivamente il Terzo Bacino; un PMA separato sarà predisposto per il Canale di Accesso. Il Piano è redatto in coerenza con gli indirizzi tecnico-operativi adottati da Regione Liguria e ARPAL per il monitoraggio delle acque marino-costiere e dei dragaggi portuali.

1. Struttura organizzativa e flusso informativo del monitoraggio ambientale

L'attuazione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) richiede una struttura organizzativa chiara, coerente e pienamente operativa durante tutte le fasi progettuali (*Ante Operam*, *Corso d'Opera* e *Post Operam*). Una definizione puntuale dei ruoli, delle responsabilità e dei flussi informativi è essenziale per garantire la qualità dei dati raccolti, la tempestività delle comunicazioni e l'autonomia decisionale del Proponente/Esecutore, nel rispetto delle prescrizioni degli Enti competenti.

Il sistema è progettato affinché ogni misura raccolta sul campo segua un percorso tracciabile: dalla registrazione operativa alla verifica tecnica, dal controllo qualità alla validazione scientifica, fino alla trasmissione ufficiale al Committente e agli Enti.

1.1. Struttura organizzativa del monitoraggio

La struttura di monitoraggio è composta da figure professionali con competenze specifiche e ruoli complementari. L'organizzazione assicura la corretta esecuzione delle attività, la supervisione tecnico-scientifica, la qualità dei dati e la gestione tempestiva delle informazioni.

- **Responsabile Ambientale (RA)**
Figura nominata dal Committente. Supervisiona l'attuazione complessiva del PMA e trasmette agli Enti competenti tutta la documentazione validata.
- **Responsabile Scientifico (RS)**
Garantisce la coerenza scientifica del PMA, approva i protocolli operativi, supervisiona la validazione dei dati e firma i report tecnici intermedi e finali.
- **Coordinatore Tecnico (CT)**
Organizza e coordina le attività di monitoraggio in campo, verifica la congruità dei dati raccolti e autorizza eventuali approfondimenti e ripetizioni di misura.
- **Responsabile Qualità (RQ)**
Applica le procedure QA/QC, verifica la tracciabilità della catena di custodia e della strumentazione, assicura la qualità complessiva dei dataset analitici.
- **Operatori di monitoraggio**
Svolgono le attività operative: misure, campionamenti, gestione delle stazioni mobili e controllo delle boe.
- **Laboratori accreditati**
Eseguono analisi chimiche, ecotossicologiche e microbiologiche secondo la UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Tutte le figure operano in modo coordinato sotto la supervisione del RS e del RA, rispondendo all'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, soggetto attuatore del PMA.

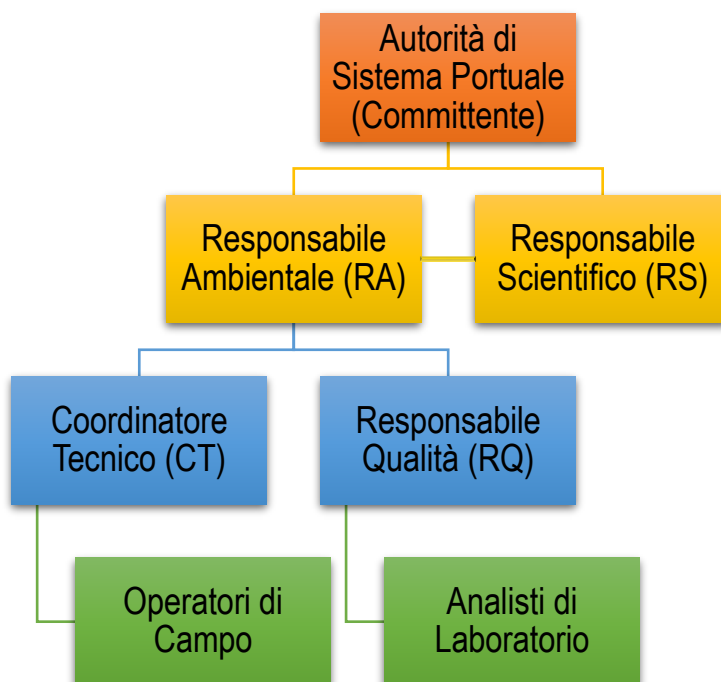


Figura 1-1. Schema gerarchico verticale.

1.2. Flusso informativo interno

Il processo di gestione dei dati ambientali rappresenta l'ossatura tecnica del PMA ed è strutturato in modo da garantire continuità operativa, controllo interno rigoroso e piena tracciabilità delle informazioni prodotte durante le diverse fasi del progetto. Ogni giornata di monitoraggio si conclude con la raccolta delle misure strumentali, dei campioni e delle osservazioni di campo da parte degli operatori incaricati, i quali provvedono alla redazione del report giornaliero entro 24 ore dal termine delle attività. Tale documento costituisce il primo livello di registrazione, contenente i dati grezzi, le condizioni ambientali osservate e tutte le note operative rilevanti. Il report viene quindi sottoposto alla verifica del Coordinatore Tecnico (CT), che ne controlla la coerenza con le condizioni operative, la correttezza delle procedure di campionamento e l'assenza di incongruenze evidenti. Questa fase è finalizzata a garantire che le informazioni siano complete, correttamente contestualizzate e rispondenti agli obiettivi del monitoraggio.

Successivamente, il documento passa al Responsabile Qualità (RQ), che applica le procedure di Quality Assurance/Quality Control (QA/QC). Tale controllo riguarda sia gli aspetti formali – correttezza dei moduli, tracciabilità dei campioni, continuità delle misure – sia gli aspetti metodologici, al fine di assicurare che ogni attività sia stata eseguita nel rispetto dei protocolli approvati.

Concluse le verifiche interne, il materiale viene infine sottoposto al Responsabile Scientifico (RS), che esegue la validazione tecnica definitiva. In questa fase il RS valuta la congruità scientifica dei dati, l'allineamento con le condizioni meteo-marine e operative, la correttezza delle interpretazioni preliminari e la coerenza con lo stato complessivo del monitoraggio. Solo a seguito della validazione del RS i dati e i report acquisiscono carattere ufficiale.

La documentazione validata viene quindi trasmessa al Responsabile Ambientale (RA), che la inserisce nel flusso di comunicazione formale del PMA e la inoltra al Committente. Sarà poi il Responsabile Ambientale a provvedere alla trasmissione istituzionale verso gli enti competenti attraverso i canali ufficiali. Questo processo interno, articolato su più livelli di verifica, assicura che le informazioni trasmesse all'esterno siano sempre affidabili, controllate e coerenti con le

procedure approvate, garantendo al contempo una gestione ordinata, trasparente e tracciabile dei dati ambientali prodotti dal Piano di Monitoraggio.

Il flusso informativo interno assicura continuità, tracciabilità e tempestività nella gestione dei dati; la sequenza operativa prevede:

1. **Raccolta dei dati e redazione del report giornaliero** da parte degli operatori di campo.
2. **Verifica di congruità** da parte del CT.
3. **Controllo qualità (QA/QC)** da parte del RQ.
4. **Validazione scientifica** da parte del RS.
5. **Trasmissione al RA**, che inoltra il materiale al Committente.
6. **Invio formale agli Enti** da parte del Committente.

L'intero processo è documentato e archiviato in formato digitale con tracciabilità completa.

1.3. Flusso informativo verso gli Enti

Il sistema informativo del PMA è stato progettato per assicurare tempestività, tracciabilità e trasparenza, distinguendo chiaramente tra:

- decisioni operative interne (che competono solo al Proponente/Esecutore),
- comunicazioni informative verso gli enti (ARPAL, Regione Liguria, AdSP, Capitaneria).

Gli enti partecipano al processo decisionale nella fase di approvazione del Piano di gestione delle materie e del relativo PMA. Una volta conclusa tale fase, non prendono più parte attiva ai processi decisionali operativi riguardanti l'esecuzione del PMA ma ricevono le comunicazioni sugli esiti della sua attuazione secondo le modalità da esso previste.

Tutti i dati (misure in campo e analisi di laboratorio) vengono archiviati in un sistema centralizzato secondo procedure QA/QC. La trasmissione avviene solo dopo la validazione.

Il flusso informativo è articolato nei seguenti livelli:

A. Comunicazioni di routine

Ogni giorno di monitoraggio, gli operatori redigono un report comprendente:

- attività svolte,
- condizioni operative,
- risultati strumentali preliminari.

Il report è inviato al CT, RQ e RS entro 24 ore.

Dopo la verifica interna, la versione validata viene trasmessa al RA che provvede all'invio al Committente (entro 48 h).

L'invio agli enti ha carattere puramente informativo.

B. Comunicazioni immediate in caso di superamento soglie

In caso di superamento di soglie di allerta o allarme:

- il dato viene verificato dal CT e dal RS;

- il RS attiva le azioni correttive interne previste dal PMA (modulazione attività, spostamento draga, sospensione temporanea, ecc.);
- il RA trasmette agli enti una segnalazione informativa, senza richiesta di validazione o approvazione.

Gli enti non devono essere coinvolti nel processo decisionale e non rilasciano pareri operativi.

C. Restituzione periodica dei dati

La documentazione viene inviata alle autorità con le seguenti tempistiche:

- AO: trasmissione del report completo prima dell'avvio dei lavori.
- CO: trasmissione dei dataset:
 - per i dati rilevati in campo: ogni settimana;
 - per i risultati delle analisi: entro due mesi dalla chiusura di ciascuna campagna.
- PO: report finale entro due mesi dal completamento delle attività.

La trasmissione ha il solo scopo di aggiornamento istituzionale.

Gli Enti competenti (ARPAL, Regione Liguria, Capitaneria di Porto) ricevono esclusivamente:

- dati verificati e validati.
- report ufficiali completi (precedentemente validati).

L'invio avviene tramite PEC istituzionale e piattaforma web-GIS dedicata.

1.4. Vie di trasmissione dei dati

La trasmissione segue tre canali:

- **PEC ufficiale** per i documenti validati (agli Enti di Controllo).
- **Rete documentale interna** per i flussi operativi quotidiani, (ad esempio *sharepoint* condiviso tra le varie figure professionali).
- **Piattaforma web-GIS** per consultazione georeferenziata dei dati validati.

Le modalità di trasmissione dei dati, dei report e della documentazione tecnica sono definite per garantire tracciabilità, sicurezza e tempestività nella comunicazione tra la struttura tecnica del monitoraggio, il Responsabile Ambientale, il Committente e le autorità competenti. La trasmissione delle informazioni avviene attraverso canali ufficiali, interni e digitali integrati, che assicurano il controllo costante del flusso informativo in tutte le fasi del PMA.

a) Trasmissione formale – PEC istituzionale

La posta elettronica certificata (PEC) costituisce il canale ufficiale per la trasmissione di tutti i documenti validati dal Committente verso le autorità competenti (ARPAL Liguria, Regione Liguria, Capitaneria di Porto della Spezia e, ove previsto, Ministero dell'Ambiente). Ogni invio formale include:

- lettera di trasmissione firmata digitalmente dal Committente;
- report tecnico o analitico in formato PDF/A;
- eventuali allegati tabellari (.xlsx o .csv) e materiali fotografici o grafici.

Tutte le comunicazioni PEC vengono registrate e archiviate in formato digitale per garantire la completa tracciabilità del flusso informativo.

b) Trasmissione interna – rete dedicata e gestione documentale



La comunicazione interna tra operatori di campo, Coordinatore Tecnico (CT), Responsabile Qualità (RQ), Responsabile Scientifico (RS) e Responsabile Ambientale (RA) avviene tramite rete documentale riservata (server o cloud protetto), che consente lo scambio sicuro dei dati e dei file tecnici. Questo sistema permette:

- l'invio dei report giornalieri di campo entro 24 ore dal campionamento;
- la condivisione delle analisi di laboratorio e dei report tecnici intermedi per le verifiche QA/QC;
- la gestione e l'archiviazione controllata di versioni e revisioni dei documenti.

Ogni documento è codificato con riferimento alla fase operativa (AO–CO–PO) e alla data di produzione, garantendo la rintracciabilità di tutto il materiale.

c) Trasmissione digitale – piattaforma web-GIS

È prevista una piattaforma web-GIS dedicata, che consente la visualizzazione georeferenziata dei punti di monitoraggio e dei risultati aggiornati. L'accesso alla piattaforma sarà riservato ai soggetti istituzionali coinvolti (ARPAL, Regione Liguria, AdSP, Capitaneria di Porto). Solo i dati validati dal Responsabile Scientifico e trasmessi tramite il Responsabile Ambientale saranno caricati nella piattaforma, in modo da garantire la coerenza e l'ufficialità delle informazioni.

d) Formati e conservazione dei dati

Tutti i documenti e i dati del PMA saranno prodotti, trasmessi e archiviati in formato digitale standard:

- PDF/A → report tecnici e documentazione ufficiale;
- .xlsx / .csv → dati analitici e tabelle di monitoraggio;
- .jpg / .tiff / .pdf → rilievi fotografici e grafici.

L'archiviazione è garantita su server dedicato e protetto, con *backup* periodico e conservazione dei dati per almeno dieci anni dalla conclusione delle attività.

2. Procedure operative del monitoraggio ambientale

Il monitoraggio ambientale rappresenta un elemento essenziale per garantire che le attività di dragaggio si svolgano nel pieno rispetto delle caratteristiche ecologiche del Golfo della Spezia.

Le procedure operative descritte in questo capitolo definiscono in modo organico come, quando e con quali strumenti debbano essere raccolti i dati, fornendo un quadro chiaro delle modalità di controllo nelle diverse fasi del progetto.

Il sistema di monitoraggio è costruito su tre componenti principali:

- **le stazioni ambientali fisse (SAF)**, che consentono il controllo delle condizioni di fondo;
- **le stazioni mobili operative (SMO)**, che seguono quotidianamente la draga durante l'attività;
- **le boe multisensore (BFM)**, che garantiscono un controllo continuo H24 della colonna d'acqua.

Tali componenti lavorano in modo integrato per assicurare una sorveglianza costante delle lavorazioni e una tempestiva identificazione di eventuali anomalie o alterazioni ambientali.

2.1. Obiettivi del monitoraggio

In primo luogo, il sistema deve garantire il controllo continuo della torbidità, principale indicatore immediato di potenziale impatto del dragaggio. Allo stesso tempo, deve monitorare l'evoluzione delle condizioni fisiche e chimiche della colonna d'acqua tramite misure periodiche e campionamenti dedicati.

Un ulteriore obiettivo consiste nell'assicurare una tracciabilità completa delle misure e delle attività, in modo da poter ricostruire, a posteriori, l'evoluzione degli eventi e la risposta del sistema ambientale. Infine, il monitoraggio deve mantenere un elevato standard qualitativo grazie alla corretta calibrazione degli strumenti, alla validazione scientifica dei dati e all'applicazione delle procedure QA/QC.

2.2. Campo di applicazione

Il presente PMA riguarda esclusivamente le attività di monitoraggio connesse al dragaggio del Terzo Bacino.

Sono oggetto del monitoraggio:

- i parametri torbidimetrici, idrologici e multiparametrici della colonna d'acqua;
- le condizioni dei sedimenti durante le campagne AO, CO e PO;
- la risposta del biota e delle componenti ecotossicologiche tramite le analisi previste dal D.M. 173/2016.

Non rientra nel presente documento alcuna attività connessa all'immersione dei materiali a mare, che sarà trattata in un PMA specifico.

2.3. Metodologie di campionamento e misura

Il sistema di monitoraggio impiega metodologie consolidate in ambito portuale e coerenti con la normativa vigente.

- **Stazioni Ambientali Fisse (SAF)**
Posizionate in coordinate predefinite, consentono un controllo periodico delle condizioni generali del corpo idrico e delle variazioni dei parametri chimico-fisici.
- **Stazioni Mobili Operative (SMO)**
Le SMO seguono la draga durante le ore di lavoro ed effettuano serie di misure ripetute della torbidità nel corso del turno operativo. Esse registrano le variazioni della torbidità in prossimità del punto di lavoro e costituiscono lo strumento principale di sorveglianza operativa.
- **Boe Fisse Multisensore (BFM)**

Le boe, dotate di sonde multiparametriche e correntometri, acquisiscono dati in continuo H24 e trasmettono i valori in tempo reale attraverso sistemi di telemetria. Rappresentano la componente di controllo più stabile e costante del PMA.

2.4. Procedure operative

Prima di analizzare nel dettaglio ogni fase del monitoraggio, è utile ricordare che il sistema è articolato secondo una sequenza logica che segue l'evoluzione delle attività:

- definizione del quadro iniziale (AO),
- controllo operativo (CO),
- verifica del ritorno alle condizioni di riferimento (PO).

Ogni fase integra misure specifiche, rafforzando la lettura complessiva del sistema marino.

2.4.1. Ante Operam (AO)

La fase di *Ante Operam* costituisce la base interpretativa di tutto il monitoraggio.

In questa fase vengono acquisite le condizioni naturali della colonna d'acqua e dei sedimenti, prive di interferenze dovute al dragaggio. Questo consente di definire valori di riferimento (baseline) e di verificare il corretto funzionamento di SAF, SMO e BFM. Le boe multisensore vengono installate e testate in questa fase, garantendo sin dall'inizio un monitoraggio continuo H24 dei parametri torbidimetrici e idrologici.

Attività previste dal D.M. 173/2016

- Colonna d'acqua: misure multiparametriche, torbidità (NTU), solidi sospesi totali (SST, mg/L), parametri chimico-fisici, campioni per analisi ecotossicologiche, chimiche e microbiologiche.
- Sedimenti: prelievi con benna *Van Veen*, analisi chimiche, fisiche ed ecotossicologiche.
- Biota: prove su organismi test per bioaccumulo e biomarcatori.

L'insieme dei dati raccolti costituisce il quadro di riferimento per tutte le fasi successive.

2.4.2. Corso d'Opera (CO)

Durante il dragaggio, il monitoraggio assume un carattere operativo e dinamico.

Le SMO seguono la draga durante le ore di lavoro ed effettuano serie di misure ripetute della torbidità nel corso del turno operativo. Le misure non sono continue, ma vengono eseguite più volte nel corso del turno operativo. Le BFM proseguono la loro attività di monitoraggio in continuo, permettendo di osservare l'evoluzione della colonna d'acqua su scala temporale fine. Le SAF, invece, forniscono un controllo periodico per verificare eventuali effetti più estesi.

Attività previste dal D.M. 173/2016

- Colonna d'acqua: misure multiparametriche, torbidità (NTU), solidi sospesi totali (SST, mg/L), parametri chimico-fisici, campioni per analisi ecotossicologiche, chimiche e microbiologiche.
- Sedimenti: prelievi con benna *Van Veen*, analisi chimiche, fisiche ed ecotossicologiche.
- Biota: prove su organismi test per bioaccumulo e biomarcatori.

2.4.3. Post Operam (PO)

La fase di *Post Operam* consente di verificare che le condizioni ambientali siano ritornate ai livelli registrati in *Ante Operam*. Le attività si articolano in un primo ciclo (PO₁) eseguito immediatamente dopo la conclusione dei lavori e in un secondo ciclo (PO₂), effettuato dopo circa un anno, per valutare parametri a lento ripristino.

Durante questa fase, le boe multisensore continuano a garantire il monitoraggio in continuo h24, permettendo di osservare l'evoluzione della torbidità e degli altri parametri idrologici fino alla completa stabilizzazione.

Attività previste dal D.M. 173/2016

- Colonna d'acqua: misure multiparametriche, torbidità (NTU), solidi sospesi totali (SST, mg/L), parametri chimico-fisici, campioni per analisi ecotossicologiche, chimiche e microbiologiche.
- Sedimenti: prelievi con benna *Van Veen*, analisi chimiche, fisiche ed ecotossicologiche.
- Biota: prove su organismi test per bioaccumulo e biomarcatori.

2.5. Procedure operative in caso di anomalie e superamenti

Il sistema di gestione delle anomalie costituisce un elemento essenziale del PMA, poiché consente di individuare tempestivamente qualsiasi condizione non conforme e di attuare misure correttive adeguate alla natura e alla gravità dell'evento. Le procedure qui descritte garantiscono un approccio strutturato, basato su verifiche progressive e decisioni interne rapide, in conformità agli schemi operativi applicati da ARPAL nei monitoraggi portuali della Liguria.

Le anomalie possono riguardare aspetti strumentali, operativi, torbidimetrici o analitici (chimici, ecotossicologici e microbiologici). L'intero iter si articola in cinque fasi principali: identificazione, verifica tecnica, classificazione, applicazione delle misure correttive e chiusura dell'evento.

2.5.1. Identificazione dell'anomalia

L'anomalia viene rilevata quando uno o più parametri presentano valori incompatibili con:

- gli andamenti attesi in funzione delle lavorazioni in corso;
- le condizioni meteomarine e idrodinamiche locali;
- la coerenza tra strumenti (SMO-BFM-SAF);
- la baseline determinata in Ante Operam;
- le soglie operative di pre-allerta e di allarme, differenziate tra aree sensibili e non sensibili, secondo lo schema ARPAL.

La gestione delle anomalie torbidimetriche è basata su tre livelli operativi:

- Pre-allerta, attivata al superamento del 70% della soglia di allarme
 - 7 NTU in area sensibile;
 - 21 NTU in area non sensibile.
- Allerta, corrispondente al superamento delle soglie di allarme
 - 10 NTU area sensibile;
 - 30 NTU area non sensibile,quando non persistente o localizzato.
- Allarme, attivato in caso di superamenti persistenti o plume in espansione verso aree sensibili.

L'anomalia può essere individuata:

- automaticamente dalle BFM (deriva sensore, errore, perdita segnale);
- dagli operatori SMO durante i rilievi;
- dal CT tramite revisione quotidiana dei dataset;
- dal RQ durante le verifiche QA/QC;
- dai laboratori, in caso di superamenti AO.

Ogni potenziale anomalia viene immediatamente registrata e inviata al Coordinatore Tecnico.

2.5.2. Verifica tecnica immediata

Il Coordinatore Tecnico attiva la verifica entro tempi molto rapidi, seguendo una sequenza standardizzata:

- 1) **Controllo di coerenza interna dei dati**
 - confronto SMO–BFM–SAF;
 - valutazione delle tendenze temporali;
 - analisi dei valori rispetto alla corrente.
- 2) **Ripetizione della misura**
 - seconda misura con lo stesso strumento;
 - verifica con strumento di backup se lo scostamento persiste.
- 3) **Valutazione delle condizioni ambientali**
 - vento, onda, traffico marittimo, altre attività concomitanti.
- 4) **Verifica dello stato strumentale**
 - integrità del sensore;
 - presenza di fouling;
 - correttezza della calibrazione;
 - telemetria e alimentazione.

La verifica consente di distinguere tra:

- **evento reale** (origine ambientale/operativa),
- **evento apparente** (errore tecnico/strumentale).

2.5.3. Classificazione dell'evento

Livello 0 – Anomalia tecnica (nessun impatto ambientale)

Riguarda esclusivamente irregolarità strumentali:

- fouling sul sensore;
- deriva di calibrazione;
- perdita del segnale;
- incoerenze non attribuibili alle attività;
- malfunzionamenti della telemetria.

Livello 1 – Pre-allerta

Superamento delle soglie di:

- **>21 NTU** in area non sensibile;
- **>7 NTU** in area sensibile;

persistente per più misure consecutive nell'arco di un'ora.

Azioni richieste:

- verifica tecnica immediata;
- aumento frequenza misure SMO;
- tracciamento del plume;
- valutazione della corrente;
- mitigazioni leggere.

**Livello 2 – Allerta**

Superamento non persistente delle soglie di:

- **>30 NTU** area non sensibile;
- **>10 NTU** area sensibile.

Caratteristiche:

- fenomeno localizzato o temporaneo;
- correlazione con specifiche fasi del ciclo di dragaggio;
- *plume* contenuto e tendenzialmente discendente.

Azioni richieste:

- verifica incrociata SMO–BFM;
- ottimizzazione ciclo di presa/benna;
- riduzione prudenziale della produttività;
- profilature verticali di verifica;
- comunicazione informativa agli enti.

Livello 3 – Allarme

Attivato quando il superamento della soglia:

- dura **>30–60 minuti**, oppure
- si verifica per **più misure consecutive**, oppure
- il *plume* **si espande verso aree sensibili**.

Azioni richieste: rallentamento immediato del ciclo di escavo;

- riposizionamento SMO a valle della corrente;
- analisi tecnica delle cause;
- sospensione temporanea del dragaggio, se necessario;
- misure ogni 15–30 minuti nel periodo di fermo.

Ripartenza solo dopo:

- rientro stabile sotto soglia per almeno **due cicli consecutivi**;
- validazione del CT e del Responsabile Scientifico.

Anomalie analitiche (A0–A3)

Classificano eventuali scostamenti dei parametri chimici, ecotossicologici e microbiologici rispetto ai valori AO.

Livello	Significato	Indicazioni operative
A0	Scostamento $\leq 20\%$ (variabilità naturale)	Nessuna azione
A1	Scostamento 20–30%	Ripetizione misura / confronto successiva campagna
A2	Scostamento $> 30\%$	Approfondimenti aggiuntivi e verifiche ambientali
A3	Superamenti normativi o tossicità significativa	Attivazione indagine integrata

2.5.4. Misure correttive e operative

Ogni livello di anomalia richiede misure correttive proporzionate.

- **Misure correttive per Livello 0 – Anomalie tecniche**
 - Pulizia e ispezione sensore
 - Ricalibrazione sul campo
 - Verifica della telemetria e dell'alimentazione
 - Sostituzione della strumentazione, se necessario
 - Ripetizione misure SMO e controllo dei valori BFM

Le attività di dragaggio continuano normalmente.

- **Misure correttive per Livello 1 – Soglia di attenzione**
 - Riposizionamento della stazione mobile in direzione della corrente
 - Riduzione momentanea della velocità di escavo
 - Profilature verticali di verifica
 - Verifica del ciclo di lavoro del mezzo (fasi più impattanti)
 - Monitoraggio rafforzato fino al rientro dei valori

Le attività proseguono, con mitigazioni leggere.

- **Misure correttive per Livello 2 – Soglia di allarme**
 - Conferma della misura con ripetizione immediata
 - Valutazione congiunta SMO–BFM
 - Attivazione della sospensione temporanea del dragaggio
 - Analisi delle cause (idro-meteo, granulometria, manovre operative)
 - Adozione di misure correttive:
 - rallentamento del ciclo,
 - riposizionamento strumentazione,
 - aumenti temporanei dei punti di controllo
 - Ripartenza solo dopo validazione interna CT–RS–RA

Comunicazione agli Enti non sospensiva.

- **Misure correttive per anomalie analitiche (A0–A3)**
 - A0–A1: ripetizione campioni, controllo QA/QC, verifica condizioni idrologiche
 - A2: esecuzione di campagne aggiuntive mirate
 - A3:
 - indagini approfondite sui sedimenti e sulla colonna d'acqua;
 - verifica con eco-tossicologia aggiuntiva;
 - implementazione di stazioni supplementari temporanee

Le attività operative continuano salvo decisione interna motivata.

Tempi di intervento e responsabilità in caso di anomalie BFM

La gestione delle anomalie strumentali delle boe multisensore (BFM) richiede tempi di risposta molto rapidi, poiché tali sistemi costituiscono il presidio primario del monitoraggio in continuo. Il PMA stabilisce un protocollo di reattività volto a garantire il tempestivo riconoscimento dell'anomalia e il ripristino delle funzionalità strumentali entro intervalli compatibili con la tutela ambientale.



L'individuazione delle anomalie è affidata a:

- il Coordinatore Tecnico (CT), che esegue la revisione quotidiana della completezza e coerenza delle serie temporali;
- il Responsabile Scientifico (RS), che verifica periodicamente la coerenza interna dei dataset e valuta le possibili implicazioni ambientali;
- il sistema automatico delle BFM, che segnala malfunzionamenti (perdita segnale, deriva sensore, mancata telemetria);
- gli operatori di campo, che identificano incoerenze tra SMO, SAF e BFM durante le attività giornaliere.

Il PMA definisce i seguenti tempi massimi di reazione:

- anomalia lieve (deriva sensore, *fouling* localizzato): intervento entro 24 ore;
- anomalia significativa (interruzione parziale del segnale < 2 ore): intervento entro 4 ore;
- anomalia critica (perdita totale del segnale, interruzione > 2 ore): intervento tecnico entro 2 ore e attivazione immediata delle misure compensative.

Se almeno una BFM rimane operativa, le attività di dragaggio possono proseguire con monitoraggio intensificato tramite SMO e SAF. Se invece tutte le BFM risultano indisponibili oltre i tempi ammessi, il dragaggio viene sospeso fino al ripristino del presidio o all'attivazione di un sistema equivalente approvato da CT e RS.

Ogni anomalia e ogni intervento tecnico vengono registrati nel Registro Strumentazione Fissa e nel Registro delle Anomalie, garantendo la piena tracciabilità del processo decisionale.

2.5.5. Comunicazione, registrazione e chiusura dell'anomalia

Una volta completate le misure correttive:

- A. Il Responsabile Scientifico emette la nota tecnica di validazione dell'evento.
- B. Il Responsabile Ambientale trasmette la documentazione al Committente.
- C. Il Committente provvede alla comunicazione agli Enti (ARPAL, Regione, Capitaneria), in forma puramente informativa e non sospensiva.
- D. L'evento viene registrato nel Registro delle Anomalie, che include:
 - a. descrizione dell'evento;
 - b. classificazione;
 - c. misure adottate;
 - d. tempi di rientro;
 - e. eventuali azioni migliorative.

Il Registro costituisce parte integrante dei report CO e PO.

2.6. Procedure operative per la redazione dei report, la gestione documentale e la tracciabilità

Le attività di rendicontazione e di gestione documentale rappresentano un asse portante dell'intero PMA. Esse garantiscono infatti che ogni misura acquisita, ogni anomalia rilevata e ogni decisione operativa siano registrate, verificate e archiviate secondo criteri di qualità, trasparenza e tracciabilità.

Il presente capitolo definisce in modo organico le modalità di redazione, validazione, trasmissione e archiviazione dei report e disciplina, allo stesso tempo, le procedure di gestione della strumentazione fissa e mobile impiegata nelle fasi AO, CO e PO.

2.6.1. Redazione dei report giornalieri di campo

La redazione del report giornaliero è una delle operazioni più importanti del flusso informativo del PMA.

Esso costituisce il documento primario attraverso cui vengono riportate tutte le operazioni effettuate in campo, le condizioni operative e le eventuali anomalie rilevate.

- **Compilazione del report.** Gli operatori di campo redigono il report entro 24 ore dal completamento delle attività giornaliere. Il documento deve descrivere in modo chiaro e completo:
 - data e orario delle attività svolte;
 - condizioni meteomarine e idrodinamiche;
 - parametri misurati tramite SAF, SMO e BFM;
 - eventuali campionamenti eseguiti (acqua, sedimento, biota);
 - attività di manutenzione strumentale svolte;
 - osservazioni operative;
 - eventuali anomalie tecniche o ambientali rilevate.
- **Trasmissione e verifica interna.** Una volta compilato, il report viene trasmesso a:
 - Coordinatore Tecnico (CT),
 - Responsabile Qualità (RQ),
 - Responsabile Scientifico (RS).

Il CT effettua un controllo preliminare di coerenza dei dati, verificando la compatibilità tra misure, attività operative e condizioni meteomarine. Il RQ esegue il controllo QA/QC, accertando la tracciabilità e la correttezza metodologica delle misure. L'RS provvede alla validazione scientifica del documento.

- **Archiviazione.** Il report validato viene trasformato in formato PDF/A e archiviato nel sistema informativo del PMA, costituendo parte integrante del database ufficiale.

2.6.2. Report di allerta ambientale

Il report di allerta viene redatto in presenza di eventi critici o non conformità, quali:

- superamento delle soglie operative (torbidità, parametri chimici, ecotossicologici, microbiologici);
- anomalie classificate di Livello 1 o Livello 2;
- risultati analitici difformi rispetto ai valori AO.

- **Apertura dell'allerta.** Il Coordinatore Tecnico redige la scheda di evento riportando:
 - natura dell'anomalia,
 - parametri coinvolti,
 - stazioni interessate,
 - data e ora del rilevamento,
 - prima valutazione tecnica.

- **Analisi tecnica e scientifica.** Il RS approfondisce l'evento analizzando:
 - andamento temporale;
 - condizioni meteomarine;
 - coerenza tra strumenti;
 - confronto con il quadro AO;
 - possibili cause operative.
- **Redazione del report di allerta.** Il documento deve includere:
 - descrizione dettagliata dell'evento;
 - grafici, tabelle e serie temporali;
 - misure correttive adottate;
 - verifiche successive;
 - nota tecnica conclusiva del RS.
- **Comunicazione agli enti.** Il RA trasmette il report al Committente, che provvede all'invio formale agli Enti competenti, in forma non sospensiva.
- **Archiviazione.** Il report viene codificato, salvato in formato PDF/A e archiviato insieme alla scheda evento.

2.6.3. Report periodici e report di fase (AO – CO – PO)

I report periodici e di fase rappresentano la sintesi tecnico-scientifica dell'andamento del monitoraggio durante ciascuna fase operativa.

- **Raccolta e verifica dei dataset.** Il CT raccoglie tutti i dataset validati e li mette a disposizione del RQ e del RS. Il RQ ne verifica l'integrità e la qualità.
- **Redazione del report.** Il RS elabora il documento includendo:
 - descrizione delle attività svolte nella fase;
 - risultati analitici (acqua, sedimenti, biota);
 - elaborazioni statistiche, grafici e *trend*;
 - confronto con i valori di riferimento AO;
 - analisi delle eventuali allerte;
 - valutazione ambientale complessiva.
- **Validazione multilivello.** Il report viene approvato congiuntamente da:
 - CT,
 - RQ,
 - RS.
- **Trasmissione agli enti.** Il RA trasmette il documento al Committente per l'invio formale.

2.6.4. Tracciabilità documentale e requisiti dei report

Ogni documento prodotto nell'ambito del PMA deve essere univocamente identificato attraverso un sistema codificato che include:

- sigla del progetto;
- tipologia di documento (ad esempio, G = giornaliero, A = allerta, F = fase);
- fase operativa (AO, CO, PO);
- numero progressivo;
- numero di revisione;
- data di emissione.

Intestazione obbligatoria dei documenti

Ogni report deve riportare:

- titolo completo e riferimento del progetto;
- fase operativa e periodo di monitoraggio;
- redattori, verificatori e validatori;
- indice dei contenuti;
- sintesi dei risultati;
- numero di versione e codice documento.

Gestione delle revisioni

Tutte le modifiche devono essere annotate in un'apposita tabella che riporti:

- data,
- autore,
- descrizione della modifica,
- approvatore.

2.7. Procedure operative per la gestione della strumentazione

Il PMA utilizza un sistema strumentale misto basato su stazioni fisse (strumentazione mobile portatile), stazioni mobili operative (strumentazione mobile portatile) e boe multisensore fisse (strumentazione fissa).

2.7.1. Gestione operativa delle stazioni fisse (SAF)

Le SAF sono installate in posizioni prestabilite e rappresentano il riferimento di lungo termine sulle condizioni del corpo idrico. Le operazioni previste comprendono:

- controlli giornalieri del segnale acquisito;
- revisione grafica delle serie temporali;
- verifica funzionale e ricalibrazione se necessario;
- registrazione di ogni intervento nel Registro Strumentazione Fissa.

2.7.2. Gestione delle stazioni mobili operative (SMO)

Le SMO seguono la draga durante le ore di lavoro ed effettuano serie di misure ripetute della torbidità nel corso del turno operativo. Le attività prevedono:

- riposizionamento quotidiano sulla base della direzione della corrente;
- calibrazione pre-uscita e controllo della deriva a fine giornata;
- verifica incrociata con i valori BFM;
- registrazione dell'intera sessione (profili, anomalie, coordinate).

2.7.3. Gestione delle boe multi-sensore (BFM)

Le BFM costituiscono il presidio principale di monitoraggio in continuo previsto dal PMA. Le attività previste comprendono:

- verifica giornaliera della corretta acquisizione e trasmissione telemetrica;
- controllo del funzionamento delle sonde multiparametriche e dei correntometri;
- pulizia e rimozione del *fouling* con cadenza settimanale;
- ricalibrazione o sostituzione delle sonde in caso di deriva significativa;
- registrazione di ogni intervento nel Registro Strumentazione Fissa.

Trasmissione dati

Le boe trasmettono automaticamente i dati ogni 60 minuti, 24 ore su 24, registrando ogni 15 minuti, tramite rete GSM/satellitare.



Le attività operative comprendono:

- verifica quotidiana del flusso dati;
- validazione settimanale dei dataset;
- manutenzione antivegetativa programmata;
- controllo dell'alimentazione e del modem;
- registrazione degli interventi.

2.7.4. Strumentazione mobile

La strumentazione mobile comprende:

- sonde portatili multiparametriche,
- torbidimetri,
- bottiglia Niskin,
- strumenti per parametri fisici.

Ogni utilizzo richiede:

- calibrazione pre-campagna con standard certificati;
- verifica della deriva a fine attività;
- sostituzione dello strumento in caso di scostamenti >10%;
- compilazione delle schede QA/QC.

2.7.5. Tracciabilità delle attività strumentali

Tutti gli interventi vengono annotati nei registri dedicati:

- Registro Strumentazione Fissa,
- Registro Strumentazione Mobile,
- Schede di calibrazione,
- Schede di manutenzione.
- Ogni registrazione riporta:
- tipo e identificativo dello strumento;
- data e ora dell'intervento;
- operatore responsabile;
- descrizione ed esito;
- validazione CT/RQ.

3. Geolocalizzazione del sito di dragaggio

In **Figura 3-1** è riportata l'ubicazione delle aree di escavo del Terzo Bacino del porto della Spezia.



Figura 3-1. Ubicazione delle aree di dragaggio del Terzo Bacino e del Canale di Accesso del porto della Spezia, con indicazione delle stazioni di caratterizzazione ambientale. Si precisa che il Canale di Accesso non è oggetto del presente PMA.

Le aree di dragaggio sono collocate all'interno del bacino portuale (Terzo Bacino) e lungo il canale di ingresso, come rappresentato nella figura, dove sono evidenziate le stazioni della caratterizzazione ambientale 2025 ai sensi del D.M. 173/2016.

Le due aree individuate rappresentano i principali settori operativi del porto della Spezia oggetto degli interventi di approfondimento e manutenzione dei fondali. Il Terzo Bacino comprende la zona interna del porto commerciale, dove si concentrano le attività di carico e scarico merci, la movimentazione container e i principali terminal portuali. In questa porzione di bacino i fondali presentano quote variabili tra -10 m e -14 m s.l.m., con presenza di sedimenti a granulometria fine, prevalentemente limoso-argillosa, tipici degli ambienti portuali a bassa energia idrodinamica.

La conformazione chiusa del Golfo della Spezia garantisce condizioni idrodinamiche favorevoli e limitata influenza del moto ondoso, rendendo le operazioni di dragaggio tecnicamente agevoli e controllabili dal punto di vista ambientale.

4. Sintesi della caratterizzazione ambientale dei materiali da dragare (D.M. 173/2016)

La presente sezione descrive le attività di caratterizzazione ambientale dei sedimenti condotte nelle aree del Terzo Bacino e del Canale di Accesso (quest'ultimo non oggetto del presente PMA) portuale del porto della Spezia, finalizzate alla definizione della qualità dei materiali da dragare nell'ambito degli interventi di adeguamento dei fondali portuali per garantire la navigabilità e l'approdo delle navi in transito.

Le indagini sono state eseguite in conformità con quanto previsto dal D.M. Ambiente n. 173 del 15 luglio 2016, che disciplina i criteri tecnici per la caratterizzazione, la classificazione e la gestione dei sedimenti marini da dragaggio, nonché in accordo con le Linee Guida ISPRA MLG 206/2023 sul monitoraggio ambientale delle attività di escavo e movimentazione dei sedimenti.

Le attività di caratterizzazione condotte sono state relazionate nel documento tecnico “*Servizio di caratterizzazione dei fondali interni al Terzo Bacino portuale e al Canale di Accesso*” – Relazione Tecnica (febbraio 2025), redatto per conto dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale (AdSP MLO) da Ambiente S.p.A., con la collaborazione di Colmar S.r.l. e Art Sub S.r.l., sotto la supervisione di ARPAL Liguria – Servizio Mare.

La relazione costituisce il riferimento ufficiale per la caratterizzazione ambientale dei materiali ai sensi del D.M. 173/2016 e comprende:

- la descrizione delle metodologie di campionamento (benna *Van Veen*, vibrocarotiere, sonda a rotazione terrestre);
- il dettaglio delle stazioni di prelievo e delle relative coordinate geografiche;
- i risultati delle analisi chimiche, fisiche, ecotossicologiche e microbiologiche condotte su sedimenti e acque interstiziali;
- la classificazione dei materiali secondo le soglie L1 e L2 del D.M. 173/2016 e la definizione delle classi di idoneità al reimpiego;
- gli allegati analitici contenenti i certificati di laboratorio e i file di sintesi dei risultati (“file chimiche completo.csv”, “file ecotox completo.csv”, “All.5 – Certificati analitici di laboratorio”).

Tale attività ha consentito di definire il quadro di qualità ambientale dei sedimenti del porto della Spezia, fornendo i valori di riferimento necessari alla progettazione del presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) e alla gestione controllata delle successive operazioni di dragaggio.

4.1. Aree di indagine e campionamento

Le attività hanno interessato due distinte porzioni del porto:

- Terzo Bacino portuale, dove sono stati prelevati 159 campioni di sedimento a differenti profondità, provenienti da 10 maglie di tipologia 1 (maglia 50×50 m), 26 maglie di tipologia 2 (maglia 100×100 m) e 3 aree residue di tipologia 3;
- Canale di Accesso, dove sono stati prelevati 10 campioni superficiali, ciascuno rappresentativo di una maglia unitaria di tipologia 2.

Il campionamento è stato condotto mediante benna *Van Veen*, vibrocarotiere e sonda a rotazione terrestre, garantendo la rappresentatività stratigrafica dei materiali prelevati e la copertura dell'intera area di dragaggio.

4.2. Risultati chimici

Dal punto di vista chimico, i parametri che hanno mostrato superamenti del limite L1 (soglia di attenzione) sono risultati:

- Benzo(a)pirene;
- Tributilstagno (TBT);
- Sommatoria policlorobifenili (Σ PCB);
- Nichel (Ni);
- Arsenico (As);
- Benzo(b)fluorantene;
- Mercurio (Hg);
- Cromo (Cr);
- Esaclorobenzene (HCB);
- Piombo (Pb);
- Sommatoria DDD (Σ DDD).

Per quanto riguarda invece i superamenti del limite L2 (soglia di contaminazione significativa), sono stati riscontrati per:

- Benzo(a)pirene;
- Sommatoria organostannici;
- Nichel (Ni);
- Sommatoria policlorobifenili (Σ PCB);
- Arsenico (As);
- Zinco (Zn);
- Rame (Cu);
- Sommatoria DDE (Σ DDE);
- Piombo (Pb);
- Cromo esavalente (Cr VI).

I parametri più frequentemente **non conformi** appartengono alle categorie dei metalli pesanti (Ni, Pb, As, Cu, Zn) e dei composti organici persistenti (PCB, IPA, organostannici e DDD/DDE), coerenti con la natura industriale e infrastrutturale dell'area portuale.

4.3. Risultati ecotossicologici

Parallelamente, sui medesimi campioni sono state eseguite prove ecotossicologiche mediante batteria di saggi biologici comprendente *Aliivibrio fischeri*, *Dunaliella tertiolecta* e *Paracentrotus lividus* rappresentativi di diversi livelli trofici. Si riportano nella Tabella a seguire i risultati complessivi dei rischi ecotossicologici derivanti dalle prove ecotossicologiche effettuate.

Tabella 4-1. Distribuzione dei campioni in base al livello di rischio ecotossicologico.

Livello di rischio ecotossicologico	Percentuale complessiva (%)	Campioni Terzo Bacino (n)	Campioni Canale di Accesso (n)
Assente	55,6 %	87	7
Basso	7,7 %	11	2
Medio	21,9 %	36	1
Alto	14,8 %	25	0

Il quadro complessivo mostra un prevalere di condizioni di assenza di rischio ecotossicologico (oltre la metà dei campioni), con valori di rischio medio e alto concentrati prevalentemente nel Terzo Bacino.

4.4. Classi di qualità ottenute dalla caratterizzazione

Sulla base dei risultati delle analisi chimiche ed ecotossicologiche, i sedimenti sono stati classificati in sei classi di qualità ambientale (A–E) secondo i criteri del D.M. 173/2016, che rappresentano livelli crescenti di contaminazione e determinano le modalità di gestione dei materiali dragati.

Tabella 4-2. Distribuzione complessiva dei campioni analizzati nelle aree del Terzo Bacino portuale e del Canale di Accesso in funzione della classe di qualità ambientale (D.M. 173/2016).

Classe di qualità	Percentuale complessiva (%)	Campioni Terzo Bacino (n)	Campioni Canale di Accesso (n)
A	39,6 %	65	2
B	17,8 %	29	1
C	17,2 %	25	4
D*	2,3 %	1	3
D	13,6 %	23	0
E	9,47 %	16	0

L'analisi mostra che quasi il 40% dei campioni rientra in classe A, indicando sedimenti non contaminati e idonei alla gestione diretta. Le classi B e C, che rappresentano materiali con contaminazione moderata, costituiscono complessivamente circa il 35% dei campioni. Le classi D e D*, che includono sedimenti con superamenti puntuali o localizzati, rappresentano circa il 16%, mentre la classe E (materiali con superamenti significativi dei limiti L2) interessa circa il 9% dei campioni, tutti localizzati nel Terzo Bacino portuale.

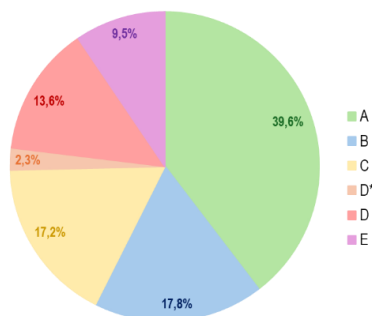


Figura 4-1. Distribuzione percentuale dei campioni di sedimento per classe di qualità ambientale (D.M. 173/2016) nelle aree del Terzo Bacino portuale e del Canale di Accesso.

4.5. Calcolo del Livello di Effetto Grave (LEG)

Al fine di meglio discriminare la qualità dei materiali di classe E, è stata applicata la procedura prevista dal D.M. 173/2016 per la determinazione del Livello di Effetto Grave (LEG), un parametro sito-specifico volto a individuare le concentrazioni di contaminanti al di sopra delle quali è attesa una probabilità del 95% di effetti ecotossicologici gravi (medi, alti o molto alti). Il calcolo del LEG è stato eseguito sui 16 campioni di sedimento classificati in classe E, tutti appartenenti al Terzo Bacino portuale, e precisamente:

- T5 (50–100)
- T8 (100–200)
- T8 (200–400)
- T9 (100–200)
- T13 (50–100)
- T13 (100–200)
- T13 (200–400)
- T14 (200–400)
- T18 (0–50)
- T18 (50–100)
- T18 (100–200)
- T21 (100–200)
- T22 (0–50)
- T22 (100–200)
- T26 (0–50)
- T26 (50–100).

L'elaborazione statistica, condotta tramite modello GAM (*Generalized Additive Model*) e software R Studio, ha permesso di individuare il valore di LEG per 7 parametri:

- Cadmio (Cd);
- Mercurio (Hg);
- Piombo (Pb);
- Zinco (Zn);
- Sommatoria policlorobifenili (Σ PCB);
- Benzo(g,h,i)perilene;
- Indeno(1,2,3-c,d)pirene.

Il confronto tra i risultati chimici e i valori di LEG ha consentito di declassare 6 dei 16 campioni inizialmente in classe E, riassegnandoli alla classe D in quanto con concentrazioni inferiori ai livelli di effetto grave individuati.

I campioni per i quali è stata possibile la declassificazione sono:

- T5 (50–100)
- T8 (200–400)
- T9 (100–200)
- T13 (50–100)
- T13 (100–200)
- T22 (100–200).

In termini percentuali, il calcolo del LEG ha quindi permesso di modificare la classe di qualità di circa il 37,5% dei campioni originariamente classificati come E, consentendone la gestione ambientale secondo quanto previsto per i materiali di classe D, ossia all'interno di ambienti conterminati impermeabilizzati.

4.6. Classi di qualità finali

A seguito dell'applicazione del calcolo del Livello di Effetto Grave (LEG) sui 16 campioni inizialmente classificati in classe E, è stato possibile effettuare una revisione complessiva delle classi di qualità ambientale dei sedimenti prelevati nel Terzo Bacino e nel Canale di Accesso.

La Tabella a seguire riporta la nuova distribuzione delle classi di qualità dopo tale ricalcolo. Le celle evidenziate in celeste indicano i valori che hanno subito variazioni rispetto alla classificazione originaria.

Nel complesso, si osserva:

- una riduzione della percentuale di campioni in classe E, passata dal 9,47% al 5,9% (da 16 a 10 campioni);
- un aumento della classe D, che cresce dal 13,6% al 17,2% (da 23 a 29 campioni), a seguito della declassificazione dei 6 campioni precedentemente in classe E;
- nessuna variazione per le classi A, B, C e D*, che mantengono le medesime percentuali rispetto alla classificazione iniziale.

Nel complesso, la nuova distribuzione mostra una leggera diminuzione della quota di sedimenti ad elevata contaminazione (classe E) e un rafforzamento della fascia intermedia (classe D), migliorando il quadro gestionale dei materiali dragati.

Tabella 4-3. Classi di qualità finali dei sedimenti del Terzo Bacino e del Canale di Accesso dopo l'applicazione del calcolo del Livello di Effetto Grave (LEG).

Classe di qualità	Percentuale complessiva (%)	Campioni Terzo Bacino (n)	Campioni Canale di Accesso (n)
A	39,6 %	65	2
B	17,8 %	29	1
C	17,2 %	25	4
D*	2,3 %	1	3
D	17,2%	29	0
E	5,9%	10	0

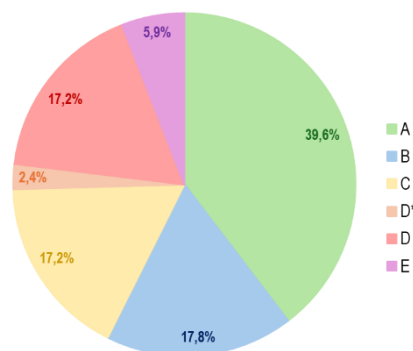


Figura 4-2. Distribuzione percentuale finale dei campioni di sedimento per classe di qualità ambientale (D.M. 173/2016) nelle aree del Terzo Bacino portuale e del Canale di Accesso, successivamente all'applicazione del calcolo del Livello di Effetto Grave (LEG).

4.7. Sintesi e finalità

Le attività di caratterizzazione ambientale eseguite sul Terzo Bacino portuale e sul Canale di Accesso del porto della Spezia hanno consentito di definire in modo puntuale lo stato di qualità dei sedimenti da dragare, costituendo la base conoscitiva essenziale per la gestione ambientale delle operazioni di escavo e per la successiva elaborazione del Piano di Monitoraggio Ambientale Operativo (PMAO).

L'elaborazione dei dati chimici, ecotossicologici e statistici ha evidenziato come:

- la maggior parte dei campioni (oltre il 70%) rientri nelle classi A, B e C, corrispondenti a materiali con assenza o limitata contaminazione;
- le classi D e D* rappresentino una quota minoritaria ma localizzata, associata principalmente ad aree interne del Terzo Bacino caratterizzate da maggiore pressione antropica;
- la classe E, inizialmente pari al 9,47% dei campioni, si riduca al 5,9% dopo l'applicazione del Livello di Effetto Grave (LEG), con contestuale aumento della classe D al 17,2%, migliorando il quadro complessivo di compatibilità ambientale dei sedimenti.

Nel complesso, la caratterizzazione ha messo in evidenza una qualità ambientale generalmente buona dei materiali presenti nel Canale di Accesso, e una maggiore variabilità nel Terzo Bacino, dove risultano localizzati alcuni superamenti dei limiti di legge per metalli pesanti e composti organici persistenti (IPA, PCB, organostannici).

I risultati ottenuti consentono di:

- definire con precisione le strategie di gestione e destinazione finale dei materiali dragati, nel rispetto del D.M. 173/2016;
- individuare le aree e i parametri di maggiore criticità ambientale, sui quali concentrare il monitoraggio.

In sintesi, la caratterizzazione ambientale costituisce il quadro di riferimento tecnico-scientifico su cui si fonda il Piano di Monitoraggio Ambientale Operativo, volto a garantire la tutela delle matrici ambientali, la tracciabilità dei materiali dragati e la sostenibilità complessiva delle attività di escavo nell'ambito dell'adeguamento dei fondali del porto della Spezia.

4.8. Sintesi conclusiva delle caratterizzazioni ambientali

Le indagini eseguite sul porto della Spezia hanno consentito di delineare un quadro ambientale ai sensi del D.M. 173/2016 relativamente alla qualità dei sedimenti marini da movimentare.

Nel Terzo Bacino portuale e nel Canale di Accesso, la maggior parte dei sedimenti analizzati risulta non contaminata o moderatamente contaminata, con oltre il 70% dei campioni classificati nelle classi A, B e C.

Le classi D e D* rappresentano una quota limitata e localizzata, mentre la classe E si riduce al 5,9% dopo l'applicazione del Livello di Effetto Grave (LEG).

I contaminanti più ricorrenti sono metalli pesanti (Ni, Pb, As, Cu, Zn) e composti organici persistenti (IPA, PCB, organostannici), tipici di contesti portuali, ma senza evidenze di diffusione generalizzata.

Nel complesso, la qualità dei materiali dragati risulta idonea alla gestione e al conferimento controllato e, per una parte di questi (sedimenti di classe A), risulta compatibile con l'immersione deliberata in mare.

Si precisa che le classificazioni sopra riportate sono state acquisite dalla caratterizzazione preliminare e che prima di procedere al conferimento, i calcoli del LEG dei campioni in classe E devono essere riverificati.

5. Descrizione dei lavori previsti e gestione dei materiali dragati

La presente sezione descrive le attività di dragaggio, movimentazione e gestione dei materiali che saranno eseguite nell'ambito degli interventi di adeguamento dei fondali portuali del porto della Spezia, in attuazione del programma infrastrutturale promosso dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale.

Gli interventi sono finalizzati al ripristino delle profondità di progetto nel Terzo Bacino portuale, al fine di garantire la sicurezza della navigazione e l'approdo di unità mercantili di grande pescaggio.

Le informazioni tecniche qui riportate derivano dalla documentazione progettuale e ambientale messa a disposizione dai soggetti esecutori, comprensiva del Piano di Riutilizzo dei Sedimenti (2025), dell'Analisi di Rischio Ambientale, del Piano di Monitoraggio Ambientale Operativo (PMAO) e dei relativi allegati tecnici (volumi dragaggi, dichiarazioni di conformità, relazioni batimetriche e biologiche).

Le informazioni tecniche qui riportate non costituiscono elaborazione originale del presente PMA, ma derivano dalla documentazione progettuale ufficiale redatta nell'ambito delle attività dell'AdSP MLO, in particolare:

- “Piano di Riutilizzo dei Sedimenti – Porto della Spezia” (Rev. 01 – Gennaio 2025), redatto da Ambiente S.p.A. per l'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale, protocollo AdSP MLO n. 0001126/2025, che descrive le modalità di gestione, tracciabilità e destinazione finale dei materiali dragati ai sensi del D.M. 173/2016;
- “Analisi di Rischio Ambientale – Porto della Spezia” (Gennaio 2025), redatta da Ambiente S.p.A. (protocollo AdSP MLO n. 0001125/2025) in conformità alle “Linee guida ISPRA per la valutazione del rischio ambientale connesso ai sedimenti marini (ISPRA 176/2019)” e al D.M. 173/2016;
- “Servizio di caratterizzazione dei fondali interni al Terzo Bacino portuale e al Canale di Accesso” – Relazione Tecnica (Febbraio 2025), redatta da Ambiente S.p.A., Colmar S.r.l. e Art Sub S.r.l., sotto la supervisione di ARPAL Liguria – Servizio Mare, che riporta i risultati delle analisi chimiche, fisiche ed ecotossicologiche dei sedimenti di dragaggio;
- “Rilievi batimetrici di dettaglio – Porto della Spezia” (CO.L.MAR. S.r.l., Novembre 2024), che descrive il quadro morfo-batimetrico aggiornato delle aree di intervento e di conferimento.

L'obiettivo della presente sezione è fornire un quadro operativo integrato delle modalità di esecuzione dei dragaggi, delle tecniche di gestione dei materiali dragati, delle destinazioni finali e delle relative misure di controllo ambientale.

5.1. Obiettivi e inquadramento operativo

Le operazioni di dragaggio costituiscono una fase strategica del programma di potenziamento delle infrastrutture portuali della Spezia, finalizzata all'ammodernamento delle banchine e all'ottimizzazione delle rotte di accesso per navi di grande stazza. Le attività saranno condotte in condizioni di sicurezza ambientale controllata, applicando criteri di gestione differenziata dei materiali in funzione della classe di qualità ambientale determinata ai sensi del D.M. 173/2016.

Sono previste tre principali linee di gestione:

- Conferimento controllato in mare, per i sedimenti non contaminati (Classe A), conformi ai limiti per l'immersione deliberata in mare (Attività non prevista né monitorata nel presente PMA);
- Confinamento strutturale in cassoni impermeabili, per i sedimenti parzialmente contaminati ma riutilizzabili in sicurezza (Classi B, C, D*, D), destinati al riempimento delle celle della Nuova Diga Foranea di Genova;
- Gestione a terra in impianti autorizzati, per i materiali non idonei al conferimento o al riutilizzo (Classi D rivalutate post-LEG ed E), da sottoporre a trattamento o smaltimento ai sensi del D.Lgs. 152/2006.

5.2. Deposizione e gestione finale dei sedimenti

I materiali dragati saranno gestiti secondo destinazioni differenziate:

- **Sedimenti di Classe A:** verranno conferiti nel sito di immersione in mare al largo dell'isola del Tino, a circa 7,9 NM a sud-sud-ovest del porto della Spezia, tra le batimetriche dei 95 e 155 m. Le operazioni di immersione saranno eseguite mediante rilascio controllato a bassa energia, con monitoraggio continuo della torbidità e della dispersione dei materiali. (Attività non prevista né monitorata nel presente PMA).
- **Sedimenti di Classe B, C, D* e D:** saranno riutilizzati come riempimento dei cassoni cellulari in calcestruzzo armato destinati alla costruzione della Nuova Diga Foranea di Genova.
I cassoni, prefabbricati a Vado Ligure, saranno trasportati in galleggiamento e posizionati per affondamento controllato sul fondale. Il riempimento avverrà a strati successivi, con alternanza delle celle per ridurre le differenze di quota interne e garantire stabilità strutturale. Le acque di decantazione verranno pompate solo dopo completa chiarificazione naturale. I cassoni hanno altezza compresa tra 18 e 33,7 m, larghezza 25–30 m, lunghezza fino a 66 m e permeabilità $<10^{-11}$ m/s, assicurando l'isolamento permanente dei materiali.
- **Sedimenti di Classe D (post-LEG) ed E:** verranno gestiti a terra, in impianti autorizzati per il trattamento e lo smaltimento di rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi, secondo le disposizioni del D.lgs. 152/2006.

5.3. Descrizione modalità tecniche operative di esecuzione del dragaggio

Il dragaggio sarà eseguito con draga a benna ambientale chiusa, equipaggiata con sistemi di chiusura ermetica (ECOGRAB) per evitare dispersione di sedimenti durante la risalita.

Questa tipologia di draga è particolarmente indicata per fondali a granulometria fine e per operazioni in contesti portuali a sensibilità ambientale elevata.

Le operazioni di escavo seguiranno un protocollo di minimizzazione della torbidità, che prevede:

- velocità di calata controllata ($< 1,5$ m/s);
- chiusura automatica della benna in prossimità del fondo;
- estrazione lenta e verticale del materiale;
- rilievi batimetrici *multibeam* e *sonar* di verifica in continuo per monitorare la quota di scavo e la regolarità del fondale.

L'escavo sarà eseguito per settori successivi, seguendo una maglia di riferimento 50×50 m o 100×100 m, in modo da garantire il controllo volumetrico e la rappresentatività spaziale dei prelievi.

5.4. Trasporto e movimentazione dei materiali dragati

Il trasporto e la movimentazione dei materiali dragati vengono effettuati esclusivamente con benne a tenuta stagna, progettate per garantire la totale assenza di dispersioni durante le operazioni di carico, navigazione e scarico. Tutto il processo logistico è stato strutturato in modo da ridurre al minimo il rischio ambientale anche nelle tratte che attraversano aree marine sensibili.

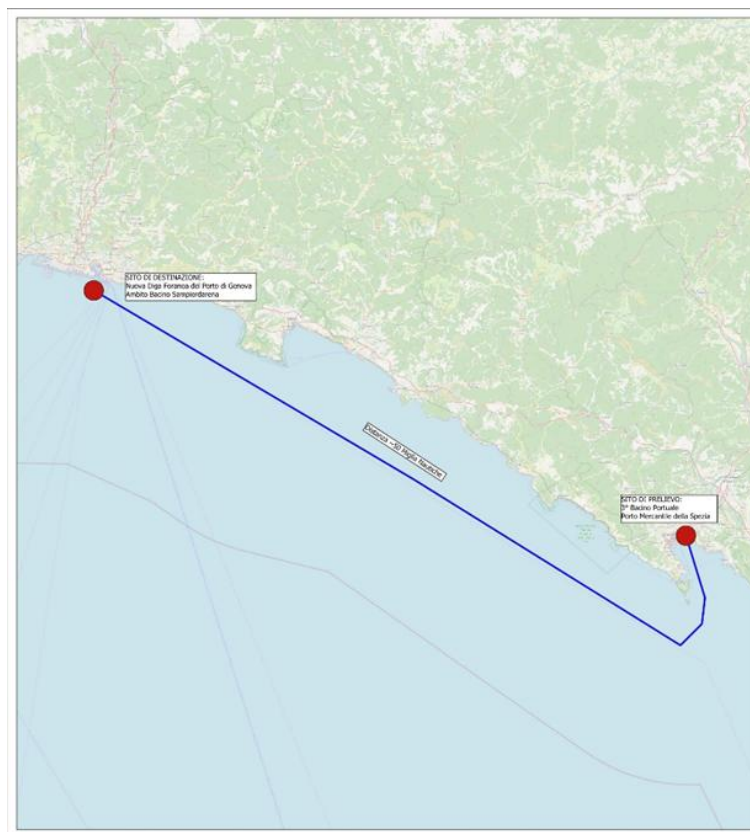


Figura 5-1. Planimetria della rotta di trasporto dei materiali dragati.

5.4.1. Modalità di caricamento e contenimento del materiale

Prima dell'inizio di ogni ciclo operativo viene effettuato un controllo tecnico per verificare:

- integrità delle paratie e delle guarnizioni;
- corretta chiusura stagna dei portelloni;
- assenza di residui o materiali depositati;
- funzionalità delle pompe di sentina e dei sistemi di drenaggio.

Al termine del caricamento, prima che la bittolina lasci l'area di dragaggio, si effettua un secondo controllo di tenuta per garantire che il materiale sia completamente confinato.

5.4.2. Percorso di navigazione

La rotta è definita in modo da:

- mantenersi a distanza dalle zone costiere più sensibili;
- evitare aree di elevata priorità ecologica;
- ridurre il rischio di interazione con fauna marina protetta.

Il percorso segue un tracciato costiero lineare in mare aperto e, per ampia parte della navigazione, ricade all'interno del Santuario dei Mammiferi Marini (esterno all'area SIC).

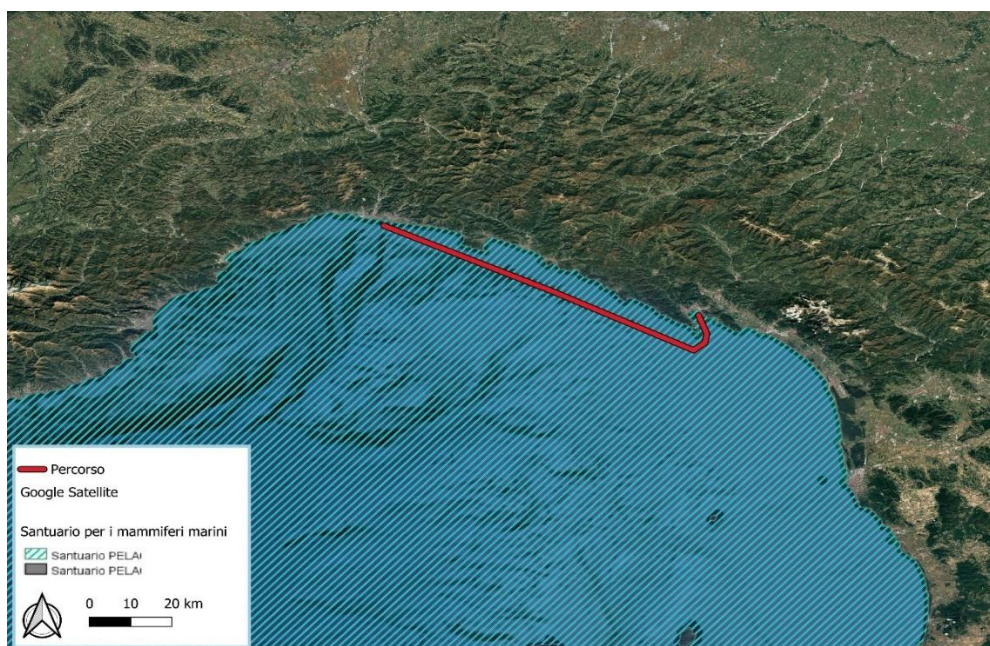


Figura 5-2. Planimetria della rotta di trasporto dei materiali dragati, con rappresentazione della traiettoria di navigazione sovrapposta all'area del Santuario dei Mammiferi Marini (Pelagos).

5.4.3. Controlli di sicurezza e prevenzione delle dispersioni

Per garantire la totale assenza di dispersioni:

- prima della partenza viene effettuato un controllo di tenuta documentato;
- al termine del percorso, prima delle operazioni di scarico, viene effettuato un secondo controllo;
- eventuali anomalie vengono registrate e gestite come “anomalia tecnica – livello 0”.

Durante la navigazione, gli operatori verificano l'assenza di gocciolamenti, sversamenti accidentali o residui lungo il ponte.

5.4.4. Misure di mitigazione per la fauna marina

La navigazione viene condotta adottando diverse misure di tutela ambientale:

- **Velocità controllata.** I mezzi di lavoro navigano a una velocità non superiore a 7–8 nodi, valore inferiore alla velocità di nuoto dei cetacei più comuni.
Questa scelta riduce:
 - la probabilità di collisione;
 - l'impatto acustico;
 - il disturbo verso la fauna marina.
- **Osservazione continua.** Durante ogni spostamento è presente un operatore abilitato all'avvistamento che effettua un monitoraggio visivo costante.
In caso di presenza di cetacei entro 300 m dall'imbarcazione:
 - si riduce ulteriormente la velocità;
 - si mantiene la rotta evitando cambi repentini;
 - si registra l'evento nel registro giornaliero.
- **Registro avvistamenti.** Ogni evento viene documentato tramite un modulo standard incluso nella reportistica giornaliera che dovrà contenere:

- Data, Orario, Unità navale, Posizione (coord.), Specie osservata, N° individui, Distanza dall'unità, Comportamento osservato, Azioni intraprese, Note.

5.5. Cronoprogramma e tempistiche operative

Le operazioni saranno organizzate (secondo la documentazione progettuale esecutiva):

- **Inizio conferimenti nei cassoni di Genova:** primo trimestre 2026;
- **Durata stimata delle attività di dragaggio e conferimento:** circa 18 mesi;
- **Collaudo ambientale e chiusura lavori:** febbraio 2027.

Nei documenti progettuali e ambientali relativi all'intervento di adeguamento dei fondali portuali del Porto della Spezia — comprendenti il Terzo Bacino — non sono riportate, allo stato attuale, tempistiche ufficiali né un cronoprogramma esecutivo di dettaglio per le attività di dragaggio, movimentazione e conferimento dei sedimenti. Tuttavia, sulla base dei volumi complessivi da movimentare (pari a circa 789.000 m³, estesi a 868.000 m³ considerando l'*overdredging* tecnico), delle tecnologie di dragaggio previste (draga a benna ambientale chiusa) e della produttività giornaliera stimata dei mezzi operativi (compresa tra 1.200 e 3.100 m³/giorno), è possibile formulare una stima tecnica indicativa delle durate operative, come riportato di seguito.

5.6. Fase di dragaggio nel porto

Le attività interesseranno il Terzo Bacino portuale. Sulla base della produttività prevista e dell'organizzazione per settori di scavo, si può stimare una durata complessiva del dragaggio compresa tra 8 e 14 mesi di attività effettiva, con esecuzione progressiva e controllata, finalizzata a garantire il rispetto delle condizioni di qualità delle acque e dei limiti di torbidità previsti dal D.M. 173/2016.

5.7. Trasporto e gestione a terra

Una quota dei materiali dragati — principalmente sedimenti di Classe D rivalutata (post-LEG) e Classe E — sarà destinata alla gestione a terra presso impianti autorizzati. Tale fase avverrà in continuità con le attività di escavo, in funzione della capacità logistica dei siti riceventi.

5.8. Ambito di competenza del presente Piano di Monitoraggio Ambientale

Il presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) disciplina in modo completo le attività di controllo, verifica e sorveglianza ambientale connesse alle operazioni di dragaggio, movimentazione e gestione dei materiali eseguite nell'ambito portuale della Spezia.

Le competenze del PMA comprendono:

- il monitoraggio ambientale in tutte le fasi *Ante Operam* (AO), *Corso d'Opera* (CO) e *Post Operam* (PO) di prelievo dei sedimenti marini;
- la verifica e il tracciamento delle operazioni di dragaggio.

Restano escluse dal campo di applicazione del presente PMA le attività di gestione e riutilizzo dei materiali dragati destinate al riempimento dei cassoni della Nuova Diga Foranea di Genova, già disciplinate dal relativo Piano di Monitoraggio Ambientale (*doc. P3062_E-AM-G-0003_04, RINA Consulting S.p.A., approvato dal MASE*) e gestito dal Soggetto Realizzatore. In sintesi, il presente PMA di La Spezia assicura la sorveglianza ambientale completa delle attività svolte entro i limiti operativi del porto.

6. Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA)

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) definisce l'insieme organizzato e strutturato delle attività necessarie a verificare in modo continuo, sistematico e documentato l'assenza di impatti significativi derivanti dalle operazioni di dragaggio e dalle attività correlate.

Il PMA si fonda su un approccio integrato che combina:

- misure dirette in colonna d'acqua;
- monitoraggi continui tramite boe multisensore (BFM);
- controlli in prossimità del punto di scavo attraverso stazioni mobili (SMO);
- verifiche periodiche con strumentazione mobile su scala più ampia tramite stazioni ambientali fisse (SAF);
- analisi chimiche, fisiche, ecotossicologiche e microbiologiche dei campioni d'acqua e di sedimento;
- registrazione e gestione strutturata degli eventi anomali.

L'obiettivo principale è garantire un controllo ambientale efficace, tempestivo e pienamente conforme al D.M. 173/2016, assicurando la tutela delle componenti ecologiche e il rispetto dei limiti di torbidità stabiliti per questa fase di intervento (10 NTU – soglia di attenzione; 30 NTU – soglia di allarme).

6.1. Struttura generale del PMA

Il PMA è articolato in tre fasi operative principali:

- *Ante Operam* (AO): definisce le condizioni iniziali dell'ambiente marino e costituisce il riferimento per ogni successiva valutazione;
- *Corso d'Opera* (CO): comprende i monitoraggi operativi durante il dragaggio, con misure ad alta frequenza e controllo in continuo della torbidità;
- *Post Operam* (PO): verifica il ritorno alle condizioni di fondo, valutando eventuali effetti residui o di medio-lungo termine.

Ogni fase include misure specifiche in funzione della dinamica dell'area, delle pressioni generate dal cantiere e delle necessità previste dalla normativa.

6.2. Infrastruttura di monitoraggio

Il PMA utilizza una rete di monitoraggio articolata su tre tipologie di stazioni, ciascuna con funzione distinta ma complementare:

- Boe multisensore (BFM): garantiscono monitoraggio continuo H24 di torbidità, correnti, parametri fisico-chimici. Sono il riferimento principale per la verifica delle soglie.
- Stazioni mobili (SMO): Le SMO seguono la draga durante le ore di lavoro ed effettuano serie di misure ripetute della torbidità nel corso del turno operativo.
- Stazioni ambientali fisse (SAF): sono monitorate periodicamente con strumentazione mobile e consentono di valutare effetti su scala più ampia nel medio periodo.

La combinazione delle tre componenti consente di ottenere un quadro completo della risposta del sistema marino, sia locale sia a scala di bacino.

6.3. Approccio metodologico

Il monitoraggio ambientale è condotto secondo protocolli standardizzati che prevedono:

- calibrazione periodica della strumentazione multiparametrica;
- protocolli QA/QC per campionamenti e analisi;

- verifiche incrociate tra SMO e BFM per discriminare eventuali anomalie strumentali;
- misure effettuate nelle stesse condizioni operative per garantirne la confrontabilità;
- processi di verifica e validazione multilivello (CT → RQ → RS → RA).

Il PMA adotta inoltre un approccio cautelativo, che prevede l'attivazione immediata delle procedure di allerta in caso di superamento delle soglie torbidimetriche o in presenza di anomalie significative.

I dati scientifici disponibili (caratterizzazioni ambientali, indagini morfo-batimetriche, rilievi biologici e documentazione operativa) che sono stati messi a disposizione dagli enti e dai soggetti incaricati delle attività di indagine, rilievo e gestione dei materiali di dragaggio, sono stati integrati e interpretati per delineare lo stato attuale delle matrici ambientali e la caratterizzazione dei fondali, con l'obiettivo di supportare le scelte di gestione dei materiali (destinazioni e modalità operative). Il documento fornisce quindi un quadro conoscitivo unitario e funzionale alla predisposizione del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), in coerenza e conformità con il D.M. 173/2016 (art. 109 D.Lgs. 152/2006).

6.4. Campo di applicazione del PMA

Il presente PMA considera esclusivamente gli spostamenti dei materiali prelevati dal sito di dragaggio (Terzo Bacino del porto della Spezia) verso le diverse destinazioni operative con le seguenti limitazioni:

- **Conferimento presso il sito di Genova.** Il monitoraggio ambientale è riferito alle sole attività di movimentazione dal porto di La Spezia. Il PMA non tratta il monitoraggio delle attività di trasporto né del conferimento nel sito di destinazione a Genova.
- **Conferimento a terra:** trasferimento e gestione presso impianti autorizzati. Il PMA tratta il monitoraggio delle fasi di rimozione del sedimento dall'ambito portuale ma non rientrano nel perimetro del presente PMA, le attività di monitoraggio dello sbarcato a terra né del trasferimento presso il sito autorizzato, ricadendo queste nella responsabilità dei gestori degli impianti di destino e dei relativi procedimenti autorizzativi.

6.5. Criteri alla base dello sviluppo del Piano di Monitoraggio

In relazione a quanto previsto dal D.M. 173/2016 ("Regolamento recante disciplina per il dragaggio dei fondali marini"), lo sviluppo del presente Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) per il porto della Spezia è stato impostato tenendo conto dei seguenti elementi di riferimento tecnico-scientifico e normativo:

- i risultati delle analisi di caratterizzazione ambientale condotte nel Terzo Bacino del porto della Spezia ai sensi del D.M. 173/2016;
- i criteri di gradualità degli interventi previsti dal D.M. 173/2016, applicati in relazione al volume, alla tipologia dei sedimenti e alla durata dell'intervento;
- le modalità operative di dragaggio e conferimento definite dal soggetto esecutore e approvate dall'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale;
- le specifiche tecniche dei mezzi navali e le tempistiche di esecuzione previste per le operazioni di escavo.

Sulla base di tali premesse, il PMA è stato sviluppato in modo da garantire una copertura integrata delle matrici ambientali, una rappresentatività spaziale adeguata e una proporzionalità delle indagini rispetto alle potenziali pressioni indotte dalle attività di dragaggio e conferimento.

L'approccio adottato nello sviluppo del piano considera come elementi fondamentali:

- il volume complessivo di sedimenti movimentati, stimato in circa 868.000 m³ (incluso l'*overdredging* tecnico);
- le caratteristiche chimiche, fisiche ed ecotossicologiche dei materiali, che mostrano un'elevata percentuale di frazioni fini, una bassa tossicità e limitati superamenti puntuali dei limiti di legge (L1 e L2);
- l'integrazione dello stato conoscitivo di contesto derivante da precedenti campagne di monitoraggio e da studi morfo-batimetrico-biologici condotti nel Golfo della Spezia;



- la presenza di aree marine sensibili e siti di interesse ecologico (AMP Cinque Terre, Parco Naturale di Porto Venere, SIC IT1344278 “Isola Palmaria, Tino e Tinetto”);
- la necessità di allineare le attività di monitoraggio alle modalità operative di dragaggio e alle prescrizioni fornite dagli enti competenti (ARPAL, Capitaneria di Porto, AdSP).

In coerenza con le prescrizioni del D.M. 173/2016 e con le specifiche tecniche dell'intervento, il programma di monitoraggio prevede l'esecuzione delle seguenti attività:

- rilievi morfologici e batimetrici nelle aree di dragaggio;
- indagini chimico-fisiche e correntometriche in colonna d'acqua;
- prove ecotossicologiche e microbiologiche su acqua e sedimento;
- analisi biochimiche e di bioaccumulo su organismi bentonici esposti ai sedimenti;
- rilievi biologici sui popolamenti bentonici per la valutazione dello stato ecologico.

Il PMA adotta un approccio basato sull'Analisi Ecotossicologica Integrata (AEI), che combina la valutazione della contaminazione chimica con la risposta biologica (*biomarkers*) di organismi bioindicatori, al fine di stimare in modo integrato il rischio ambientale potenziale derivante dalle operazioni di dragaggio.

Si specifica che, in conformità con la normativa vigente, applicando il principio di gradualità degli interventi di monitoraggio ambientale, il monitoraggio delle attività di trasporto marittimo tra il sito di dragaggio e le possibili aree di destinazione potrà non essere eseguito fermo restando la sussistenza (con carattere prescrittivo) delle seguenti condizioni tecniche esecutive:

- Assenza di rischio significativo di sversamenti lungo la rotta. I mezzi impiegati — draghe a benna ambientale chiusa e bettoline a tenuta stagna — garantiscono la tenuta idraulica e l'assenza di dispersioni accidentali, conformemente ai requisiti costruttivi e ambientali del D.M. 173/2016. Tali apparecchiature presentano prestazioni certificate e assicurano la massima tutela ambientale durante le fasi di sollevamento, trasferimento e rilascio del materiale.
- Assenza di recettori sensibili lungo il tracciato. Il corridoio di navigazione definito per il trasferimento dei sedimenti non intercetta habitat o specie di interesse conservazionistico (quali *Posidonia oceanica*, biocostruzioni coralligene, *beach-rocks* o aree di nursery), né attraversa zone destinate ad acquacoltura o pesca costiera.

Resta inteso che, qualora intervenissero variazioni operative (in termini di tipologia dei mezzi, rotta o condizioni meteomarine) o nuove prescrizioni degli Enti competenti tali da modificare il profilo di rischio ambientale, il presente PMA dovrà essere aggiornato introducendo, se necessario, misure di sorveglianza aggiuntive lungo il tragitto di trasporto.

6.6. Acquisizione dei dati di contesto

L'area interessata dall'intervento, comprendente il Terzo Bacino portuale è soggetta a numerose pressioni naturali e antropiche che possono influenzare i descrittori ambientali monitorati. La corretta interpretazione dei risultati del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) richiede pertanto una conoscenza preliminare e un'analisi integrata dei principali fattori fisici, idrodinamici e strutturali che caratterizzano il contesto di studio.

A tale scopo, il PMA prevede la raccolta, l'analisi e l'integrazione dei dati di contesto, acquisiti sia da fonti ufficiali e banche dati pubbliche (ARPAL Liguria, Rete Mareografica Nazionale) sia tramite strumentazione dedicata installata presso le stazioni fisse di monitoraggio.

Durante tutte le fasi di monitoraggio (*Ante Operam*, *Corso d'Opera* e *Post Operam*) saranno raccolti e analizzati i seguenti elementi di contesto, al fine di isolare il loro contributo rispetto alla variabilità osservata nei descrittori ambientali principali:

- **Forzanti meteorologiche:** direzione e intensità dei venti prevalenti, condizioni meteorologiche generali e parametri del moto ondoso. I dati saranno acquisiti dalla rete nazionale di monitoraggio e da sensori locali di riferimento.
- **Forzanti morfologiche:** profondità massima nelle stazioni fisse, variazioni batimetriche e caratteristiche geomorfologiche dell'area di indagine, rilevate mediante rilievi multibeam e sonar.
- **Forzanti idrologiche:** correntometria, stratificazione termoclinale e temperatura della colonna d'acqua, misurate tramite sensori correntometrici e sonde multiparametriche posizionate nelle aree di monitoraggio.
- **Forzanti strutturali:** dati relativi ai moti di marea, previsionali e reali, acquisiti tramite mareografo fisso del porto della Spezia e rete mareografica ligure.
- **Forzanti antropiche:** intensità del traffico navale, attività di pesca e altre forme di pressione diretta o indiretta; tali dati saranno raccolti attraverso sistemi AIS/GPS e mediante il coordinamento con la Capitaneria di Porto della Spezia.
- **Fattori operativi:** giornate di fermo draga o di *stand-by* meteorologico, eventuali modifiche delle modalità operative e variazioni nella pianificazione dei lavori.

In aggiunta, saranno acquisite tutte le informazioni di contesto ritenute utili alla fase interpretativa, inclusi i dati storici e gli archivi ambientali relativi all'area portuale e al Golfo della Spezia. Tali informazioni saranno analizzate in forma sintetica e utilizzate come fattori discriminanti nella descrizione della variabilità osservata del sistema, consentendo di distinguere le fluttuazioni naturali da quelle imputabili alle attività di dragaggio e conferimento.

6.7. Matrici e fasi di monitoraggio

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) del Porto della Spezia è articolato secondo le tre fasi operative previste dal D.M. 173/2016 — *Ante Operam* (AO), *Corso d'Opera* (CO) e *Post Operam* (PO) — che consentono di coprire in modo completo l'intero ciclo dell'intervento, dalla definizione dello stato iniziale all'accertamento del ripristino delle condizioni ambientali.

- La fase **Ante Operam (AO)** ha l'obiettivo di delineare il quadro di riferimento ambientale dell'area di studio, comprendente il Terzo Bacino. In tale fase vengono determinati i valori di base dei descrittori ambientali relativi alle matrici acqua, sedimento e biota, con particolare attenzione ai parametri chimico-fisici della colonna d'acqua (torbidità, TSS, pH, ossigeno disciolto, salinità).
Il valore di riferimento per la torbidità viene definito come il 90° percentile dei dati rilevati in condizioni di quiete idrodinamica, su un numero di misure statisticamente significativo e rappresentativo della variabilità naturale dell'area.
- La fase **Corso d'Opera (CO)** segue le operazioni di dragaggio, assicurando la sorveglianza continua degli effetti diretti e indiretti delle lavorazioni.
Durante questa fase i parametri chimico-fisici in colonna d'acqua (torbidità, TSS, ossigeno disciolto, temperatura, pH, salinità) saranno monitorati in continuo tramite sensori multiparametrici, mentre i campioni discreti di acqua, sedimento e biota saranno raccolti con frequenze definite in funzione della durata e dell'intensità del dragaggio. Le eventuali variazioni dei valori di torbidità dovranno mantenersi entro i limiti stabiliti in fase AO, mentre gli altri descrittori dovranno mostrare deviazioni compatibili con le fluttuazioni naturali e non indicare impatti significativi. Il monitoraggio CO sarà condotto su stazioni fisse e stazioni mobili, in modo da adattare il controllo alla posizione del fronte di dragaggio e alle condizioni meteomarine prevalenti.
- La fase **Post Operam (PO)** è finalizzata alla verifica del ritorno alle condizioni ambientali preesistenti o definite in fase di caratterizzazione. Essa comprende due momenti di controllo:
 - il primo (PO₁) immediatamente successivo alla conclusione dei lavori, destinato a verificare l'assenza di alterazioni residue dei parametri chimico-fisici e morfologici;
 - il secondo (PO₂) a distanza di circa dodici mesi, volto a valutare la risposta dei descrittori a recupero lento, come la struttura del macrozoobenthos, il bioaccumulo nei tessuti biologici e la dinamica dei contaminanti persistenti nei sedimenti.

Le matrici e le frequenze di monitoraggio sono state ottimizzate in conformità con il paragrafo 3.3.1 del D.M. 173/2016 (*"Monitoraggio delle attività di escavo"*) e adottando il principio di gradualità previsto dal decreto, in base alla qualità e quantità dei materiali movimentati, alla durata delle lavorazioni e alle modalità operative del dragaggio e del conferimento.

Infine, in coerenza con quanto indicato al punto "E" della Tabella 3-1 del D.M. 173/2016, qualora le analisi chimiche dei sedimenti evidenzino la presenza di sostanze con concentrazioni superiori ai valori L2, sarà prevista l'esecuzione di analisi di bioaccumulo e/o *biomarkers* su organismi stanziali e, se necessario, l'applicazione di ulteriori prove ecotossicologiche integrative.

6.8. Tempistiche per le fasi di monitoraggio

Le tempistiche delle attività di monitoraggio ambientale del porto della Spezia sono state definite in coerenza con la durata stimata delle operazioni di dragaggio e di conferimento (circa 18 mesi complessivi) e calibrate sulle modalità operative previste dal cronoprogramma esecutivo dell'intervento.

Durante il periodo antecedente all'avvio dei lavori sarà attuata la **fase Ante Operam (AO)**, destinata alla definizione dei valori di riferimento ambientale. Tale fase si estenderà su un periodo di circa tre settimane di calendario, durante le quali verranno effettuate tre campagne di rilievo indipendenti sulle stazioni fisse di monitoraggio. I dati raccolti serviranno per la determinazione del 90° percentile della torbidità e dei solidi sospesi totali (TSS), che costituirà la soglia statistica di riferimento per la successiva fase operativa.

La **fase Corso d'Opera (CO)** si svolgerà per l'intera durata delle operazioni di dragaggio, stimata in circa 14–16 mesi. Essa comprenderà il monitoraggio in continuo dei parametri chimico-fisici in colonna d'acqua e campagne di misura discrete con frequenza settimanale o bisettimanale, in funzione dell'intensità produttiva e delle condizioni meteomarine.

Durante tale periodo saranno inoltre condotte le attività di rilievo sulle stazioni mobili, per la verifica in tempo reale della dispersione torbidimetrica e l'adattamento del controllo ambientale all'evoluzione delle aree operative.

La **fase Post Operam (PO)** sarà articolata in due momenti di verifica successivi.

- La prima campagna (**PO₁**) verrà eseguita entro una settimana dalla conclusione delle attività di dragaggio, per accertare il ripristino delle condizioni ambientali di base relative ai descrittori a rapido.
- La seconda campagna (**PO₂**) sarà invece effettuata a circa dodici mesi dalla chiusura del cantiere, per valutare l'evoluzione dei descrittori a recupero lento.

Le tempistiche indicate, in particolare per la fase **Corso d'Opera**, devono intendersi **indicative e soggette ad aggiornamento** in funzione delle condizioni meteomarine, del reale avanzamento operativo e delle eventuali prescrizioni degli Enti di controllo (ARPAL Liguria, Capitaneria di Porto, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale).

6.9. Stazioni di monitoraggio

Stazioni Ambientali Fisse (SAF)

La rete fissa di monitoraggio ambientale per le attività di dragaggio nel porto della Spezia è stata progettata per garantire una rappresentatività spaziale adeguata delle aree di escavo e del bacino portuale, in conformità a quanto previsto dal D.M. 173/2016.

Il posizionamento è stato definito in funzione della morfologia del bacino, della direzione prevalente delle correnti e delle aree operative individuate nel progetto esecutivo.

Le stazioni dell'area di dragaggio sono distribuite lungo l'asse idrodinamico del Golfo e comprendono cinque punti di monitoraggio principali, identificati con le sigle TB_1, TB_2, CNTR_1.

- Le **stazioni TB_1 e TB_2** sono collocate nel Terzo Bacino portuale, rispettivamente in prossimità dell'area più interna e in quella esterna del bacino. Esse consentono di controllare le condizioni ambientali nelle zone a maggiore pressione antropica.
- La **stazione CNTR_1**, situata in posizione centrale lungo l'asse del Golfo, rappresenta il punto di riferimento intermedio per le valutazioni durante le fasi operative. Essa fornisce un riscontro diretto sul potenziale contributo delle attività di dragaggio alla dispersione dei solidi sospesi verso il Canale di Accesso.

Le **stazioni fisse** di monitoraggio costituiscono i punti permanenti di riferimento per il campionamento e l'acquisizione periodica dei dati ambientali nelle diverse matrici (acqua, sedimento, macrozoobenthos e biota).

Esse saranno mantenute costanti per tutta la durata del PMA, in modo da garantire la confrontabilità temporale dei risultati nelle fasi *Ante Operam* (AO), *Corso d'Opera* (CO) e *Post Operam* (PO), in coerenza con le prescrizioni del D.M. 173/2016.

Attività previste presso le stazioni fisse

Presso ciascuna delle stazioni fisse, in funzione della matrice e della fase di monitoraggio, saranno effettuati rilievi e prelievi secondo le seguenti tipologie:

B. Colonna d'acqua

- Profilature verticali della colonna d'acqua mediante sonda multiparametrica (temperatura, salinità, pH, torbidità, ossigeno disciolto, conducibilità);
- Determinazione dei solidi sospesi totali (TSS);
- Test ecotossicologici su campioni d'acqua prelevati;
- Analisi microbiologiche per la verifica di eventuali contaminazioni biologiche.

C. Sedimenti

- Analisi chimiche (metalli, IPA, PCB, TBT, contaminanti emergenti);
- Analisi fisiche (granulometria, densità, umidità);
- Test ecotossicologici in laboratorio su sedimenti raccolti;
- Analisi microbiologiche per la ricerca di indicatori di contaminazione fecale o organica.

D. Macrozoobenthos (MZB)

- Campionamento dei popolamenti bentonici con benna *Van Veen*;
- Analisi della struttura comunitaria e dei descrittori ecologici (ricchezza specifica, abbondanza, dominanza, indici di biodiversità).

E. Biota (*Hediste diversicolor*)

- Determinazione del bioaccumulo di contaminanti metallici e organici in esemplari di *H. diversicolor* esposti ai sedimenti;
- Analisi dei biomarcatori biochimici di stress (attività enzimatiche, stress ossidativo, *biomarker* di esposizione).

Stazioni Mobili Operative (SMO)

Le stazioni mobili di monitoraggio rappresentano la componente dinamica del sistema di controllo ambientale e sono impiegate per seguire in tempo reale l'evoluzione dei descrittori idrologici e chimico-fisici durante le fasi operative di dragaggio.

A differenza delle stazioni fisse, esse non hanno coordinate permanenti, ma vengono posizionate di volta in volta in funzione della localizzazione dei mezzi operativi, della direzione prevalente delle correnti e delle condizioni meteomarine.

Le attività di monitoraggio sulle stazioni mobili saranno effettuate durante tutte le fasi operative del Piano di Monitoraggio Ambientale, con particolare intensità nella fase Corso d'Opera (CO).

Le stazioni mobili rappresentano i punti di controllo giornalieri, non predefiniti a priori, che vengono localizzati di volta in volta in prossimità delle aree di dragaggio, in funzione della posizione operativa della draga e delle condizioni idrodinamiche del momento.

Tali stazioni consentiranno di verificare in tempo reale i parametri chimico-fisici della colonna d'acqua (torbidità, temperatura, conducibilità/salinità, ossigeno disciolto, pH e redox) e di accertare il rispetto delle soglie di torbidità previste dal D.M. 173/2016 e dal presente PMA.

I rilievi saranno eseguiti con frequenza giornaliera, seguendo l'andamento delle operazioni di dragaggio e di deposito, garantendo la presenza di almeno due operatori a bordo dell'unità di monitoraggio.

Le attività si svolgeranno in orario diurno (07:00–19:00) in concomitanza con i lavori di dragaggio; qualora le operazioni si estendano al periodo notturno, sarà attivata una turnazione dedicata, assicurando la continuità del monitoraggio nelle fasce 07:00–24:00 o, se necessario, su ciclo 24 ore.

Il monitoraggio con le stazioni SMO sarà garantito per l'intera durata dei lavori, con eventuale sospensione soltanto in caso di:

- fermi cantiere programmati;
- condizioni meteomarine avverse o di rischio per la sicurezza dell'equipaggio.

Le stazioni mobili saranno georeferenziate mediante GPS e riportate quotidianamente nei verbali di campagna. In caso di contemporaneo svolgimento dei rilievi presso le stazioni fisse, il numero di profili potrà essere modulato in funzione delle condizioni operative, garantendo comunque la copertura minima prevista e la rappresentatività del dato ambientale.

Boe Fisse Multisensore (BFM)

Le boe fisse di monitoraggio costituiscono la componente permanente del sistema di controllo ambientale e sono dedicate alla sorveglianza in tempo reale dei parametri torbidimetrici e correntometrici durante tutte le fasi operative del progetto.

A differenza delle stazioni mobili, esse sono installate in coordinate predefinite, mantenute per l'intera durata del cantiere, e sono equipaggiate con strumentazione fissa in acquisizione continua (sonda multiparametrica e correntometro).

La presenza stabile delle boe permette di disporre di una serie temporale ad alta risoluzione, necessaria per individuare tempestivamente eventuali anomalie nei livelli di torbidità, valutare la propagazione del *plume* sospeso e supportare il processo decisionale legato alle soglie di allerta e allarme.

Le boe multiparametriche sono equipaggiate con sensori per torbidità (NTU), solidi sospesi totali (TSS), temperatura, conducibilità/salinità, ossigeno disciolto, pH e potenziale redox, nonché con un correntometro (profilatore ADCP) per la misura della direzione e della velocità delle correnti.

Ciascuna stazione è dotata di sistema di acquisizione automatizzato con registrazione dei dati a intervalli di 15 minuti e trasmissione oraria al server centrale del PMA mediante connessione GSM o rete satellitare.

L'alimentazione è assicurata da pannelli solari con batterie tampone, mentre la parte sensibile è protetta da un sistema *antifouling* meccanico e chimico per ridurre l'accumulo biologico e garantire la stabilità delle misure nel tempo.

Localizzazione e caratteristiche delle boe.

- **Boa B01 – Bocca del Golfo, lato Ponente (in prossimità del Molo Crociere)**

Installata presso la stazione P048 già operativa nel PMA del Molo Crociere (coordinate WGS84: 44° 05.905' N – 9° 50.715' E), la boa è destinata al controllo diretto dell'area di cantiere e della vicina mitilicoltura.

Integra sensori multiparametrici e un correntometro (ADCP) per la misura in continuo dei parametri dell'acqua e della dinamica idrodinamica locale.

I dati raccolti costituiranno il riferimento principale per la verifica del rispetto dei limiti di torbidità stabiliti dal D.M. 173/2016 e per la validazione dei risultati delle campagne di monitoraggio in campo.

- **Boa B02 – Terzo Bacino, esterno al bacino di evoluzione**

Installata in posizione di controllo idrodinamico, con coordinate indicative 44° 05.8' N – 9° 50.6' E, la boa svolge funzione di controllo ambientale di fondo, utile per distinguere le variazioni torbidimetriche generate dalle attività di dragaggio da quelle dovute ad altri cantieri portuali (come il Molo Crociere) o a fenomeni naturali del Golfo.

Le due boe opereranno in sinergia per fornire un quadro dinamico completo delle condizioni della colonna d'acqua:

- in fase *Ante Operam* (AO), i dati saranno impiegati per calibrare i valori soglia di allerta e allarme, in modo da definire i limiti di riferimento per il successivo monitoraggio operativo;
- in fase *Corso d'Opera* (CO), le misure in continuo supporteranno il controllo operativo in tempo reale e la gestione immediata delle allerte;



- in fase *Post Operam* (PO), i dati consentiranno di verificare il progressivo ritorno alle condizioni ambientali di base.

Tutti i dati trasmessi saranno sottoposti alle procedure di Quality Assurance / Quality Control (QA/QC) previste dal piano, comprendenti controlli di congruità, validazioni intermedie e verifiche di coerenza idrodinamica tra le due stazioni.

Le operazioni di manutenzione, calibrazione, pulizia e controllo saranno registrate nel Registro della strumentazione fissa, con indicazione della data, del tecnico incaricato, del tipo di intervento e dell'esito della verifica.

I dati validati saranno utilizzati per:

- calibrare i valori soglia di allerta/allarme in fase AO;
- supportare il controllo operativo in fase CO;
- verificare il ritorno alle condizioni ambientali di base in fase PO.

6.10. Monitoraggio in continuo per le attività di dragaggio

Il monitoraggio in continuo delle attività di dragaggio ha l'obiettivo di verificare in tempo reale lo stato della colonna d'acqua e di garantire il rispetto dei limiti di torbidità e dei parametri di qualità ambientale stabiliti dal D.M. 173/2016 e dalle prescrizioni dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale e di ARPAL Liguria.

Tale sistema consente di individuare tempestivamente eventuali variazioni significative dei descrittori critici, attivando — se necessario — le procedure di allerta e fermo-draga previste dal piano operativo.

Il monitoraggio sarà condotto mediante sonde multiparametriche presso le stazioni fisse di riferimento (TB_1, TB_2, CNTR_1), integrate con le stazioni mobili per il tracciamento del *plume* di torbidità ("nuvola torbida") in prossimità della draga.

Insieme alla sonda multiparametrica sarà utilizzato anche un correntometro per la misura della direzione e velocità della corrente, così da correlare gli incrementi di torbidità alle dinamiche idrodinamiche e distinguere i contributi antropici da quelli naturali (ad esempio, ingressi di acque dolci a bassa salinità o moti di marea).

Operatività e turnazione

Le attività di dragaggio nel porto della Spezia si svolgeranno prevalentemente in orario diurno (07:00–19:00) e, durante tali orari, le squadre di monitoraggio effettueranno i rilievi diretti con le sonde nelle stazioni mobili.

Qualora, per motivi tecnici o logistici, si rendesse necessario proseguire le operazioni di dragaggio anche in orario notturno, sarà attivato un sistema di turnazione continua (diurno e notturno) che garantirà la presenza di operatori dedicati anche durante le ore 19:00–07:00, assicurando la piena continuità delle misure e la possibilità di intervenire tempestivamente in caso di superamento dei limiti di torbidità.

Estensione spaziale del monitoraggio

Il sito di dragaggio sarà sottoposto a monitoraggio continuo per tutta la durata delle operazioni, indipendentemente dalla destinazione dei sedimenti nel caso di trasferimento a Genova e/o a terra presso impianti autorizzati di gestione.

In entrambi gli scenari, il sistema di monitoraggio garantirà la registrazione dei parametri così da documentare ogni variazione correlata alle operazioni di escavo, movimentazione e caricamento.

Tabella 4. Classificazione funzionale delle stazioni di monitoraggio (BFM, SAF, SMO) con relative caratteristiche operative.

Codice	Tipologia	Coordinate / Localizzazione	Strumentazione	Acquisizione / Trasmissione
B01	BFM	44° 05.905' N – 9° 50.715' E	Sonda multiparametrica + Correntometro	Acquisizione continua ; Trasmissione dati telemetrica
B02 ¹	BFM	44° 3'50.00"N – 9°52'50.00"E	Sonda multiparametrica + Correntometro	Acquisizione continua ; Trasmissione dati telemetrica
TB_1	SAF	44.097640° N – 9.849874° E	Strumentazione mobile	Acquisizione periodica (AO-CO-PO)
TB_2	SAF	44.099332° N – 9.842864° E	Strumentazione mobile	Acquisizione periodica (AO-CO-PO)
CNTR_1	SAF	44.090764° N – 9.845350° E	Strumentazione mobile	Acquisizione periodica (AO-CO-PO)
SMO_x	SMO	Coordinate variabili (seguono la draga)	Sonda multiparametrica + Correntometro	Acquisizione giornaliera (CO)

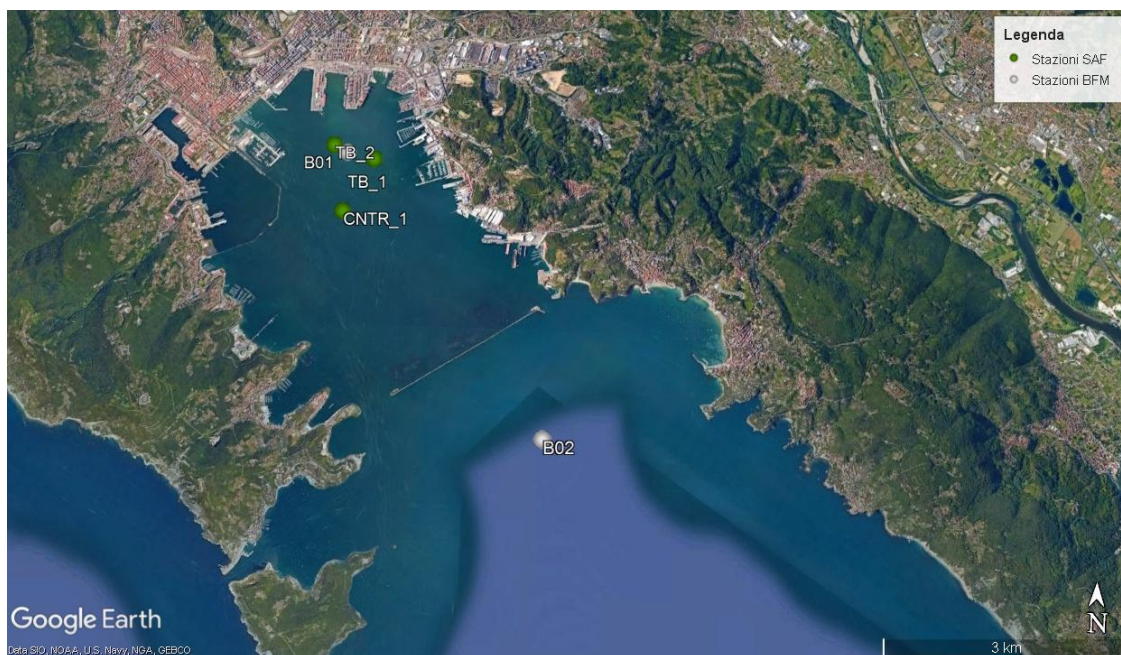


Figura 6-1. Stazioni di monitoraggio (BFM, SAF).

¹ le coordinate geografiche della boa B02 sono da considerarsi preliminari e di massima, definite sulla base della cartografia disponibile in fase di progettazione. La posizione esatta sarà verificata e, se necessario, ottimizzata in sede esecutiva mediante rilievo strumentale e confronto con le carte nautiche ufficiali e con la delimitazione aggiornata della concessione mitilicola, previo raccordo con ARPAL e Capitaneria di Porto.



Sicurezza e adattamento operativo

In caso di condizioni meteomarine sfavorevoli o di rischi per la sicurezza del personale o dei mezzi, il monitoraggio potrà subire modifiche temporanee di posizione o frequenza, che saranno puntualmente documentate e motivate nel registro operativo. In tali circostanze, per garantire comunque la tutela ambientale e la continuità del controllo, vengono attivate misure alternative o integrative, calibrate in funzione del tipo di indisponibilità riscontrata.

Qualora risultino temporaneamente non operabili le SMO, ma sia mantenuta l'operatività del monitoraggio in continuo delle boe multisensore (BFM), le attività di dragaggio possono proseguire, poiché il presidio ambientale minimo è comunque assicurato, prevedendo inoltre, al ripristino delle condizioni di sicurezza, l'esecuzione di misure straordinarie con le SMO per la verifica della coerenza dei dati.

Nel caso di indisponibilità parziale del sistema di monitoraggio in continuo, purché almeno una boa rimanga operativa, il dragaggio può continuare attivando presidi compensativi quali l'intensificazione delle misure SMO, l'aumento della frequenza delle rilevazioni SAF e ulteriori controlli sul *plume* torbido.

In presenza di indisponibilità totale e prolungata del monitoraggio in continuo, le attività di dragaggio sono sospese fino al ripristino delle funzionalità o all'attivazione di un presidio temporaneo equivalente, valutato dal Coordinatore Tecnico e validato dal Responsabile Ambientale, i quali assumono la responsabilità decisionale in merito alla prosecuzione, limitazione o sospensione delle attività. Ogni decisione e misura adottata è tracciata nel registro operativo, garantendo trasparenza, verificabilità e piena ricostruibilità del quadro operativo e ambientale.

Le misure integrative e le eventuali modifiche temporanee non compromettono la rappresentatività del campionamento, poiché sono progettate per assicurare la continuità della serie temporale dei dati e la coerenza del controllo ambientale. In sintesi, il monitoraggio in continuo durante il dragaggio del porto della Spezia garantirà una sorveglianza ambientale costante e integrata sul sito di escavo, assicurando la tracciabilità dei dati, la tempestiva individuazione di eventuali anomalie e la piena conformità alle prescrizioni normative e tecniche del D.M. 173/2016.

6.11. Rilievi in campo e prelievo di campioni

In sintesi, le indagini previste nell'ambito del presente Piano di Monitoraggio Ambientale saranno eseguite presso le stazioni fisse e/o mobili individuate per il porto della Spezia.

Le attività sono pianificate in conformità ai vincoli normativi stabiliti nella Tabella 3.1 del D.M. 173/2016, in relazione alla tipologia di intervento e alla classificazione delle matrici ambientali oggetto di indagine.

A. Morfologia e batimetria

I rilievi batimetrici saranno eseguiti nell'area di dragaggio, nei quadranti interessati dall'intervento, durante le fasi *Ante Operam* (AO) e *Post Operam* (PO).

Le indagini mirano a definire lo stato morfologico di base e a valutare eventuali modifiche del fondale conseguenti alle attività di escavo e conferimento. I rilievi saranno effettuati mediante ecoscandaglio multifascio ad alta risoluzione.

B. Rilievi in colonna d'acqua

Le attività in colonna d'acqua saranno eseguite sia presso stazioni fisse, sia presso stazioni mobili, a seconda della fase di monitoraggio.

I valori soglia di torbidità di riferimento per l'area di indagine sono quelli riportati nei paragrafi successivi, definiti sulla base della documentazione progettuale e degli studi preliminari condotti sull'area. Sebbene la determinazione del 90° percentile non sia strettamente necessaria, essa verrà comunque eseguita in fase *Ante Operam*, in aderenza al D.M. 173/2016, per definire una soglia statistica di attenzione rappresentativa della variabilità naturale dell'area.

Il calcolo sarà basato su un set minimo di 30 rilievi puntuali, distribuiti sulle stazioni fisse. Durante la fase Corso d'Opera (CO), le stazioni mobili saranno utilizzate per i monitoraggi giornalieri della torbidità e dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua, al fine di verificare eventuali superamenti delle soglie e attivare, se necessario, le procedure di fermo-draga.

I rilievi saranno eseguiti mediante sonda multiparametrica con una velocità di profilazione di circa 1 m ogni 15 secondi, con doppia scansione (discesa e risalita), per garantire una copertura spaziale e temporale adeguata.

Sulle stazioni fisse, i rilievi saranno condotti in tutte le fasi (AO, CO e PO) mediante acquisizione di profili verticali a passo lento (≤ 1 m ogni 30 secondi), con doppia scansione (discesa e risalita).

Ogni rilievo sarà accompagnato da una registrazione correntometrica (superficie, metà colonna, fondo) per la definizione delle direzioni e velocità delle correnti prevalenti.

Gli eventuali contatti della sonda con il fondale saranno segnalati nei verbali di bordo e i dati anomali eliminati in post-processing. I risultati saranno trasmessi in formato grezzo e in formato Excel al responsabile scientifico entro 24 ore dall'acquisizione, per la validazione e la trasmissione al soggetto attuatore. In parallelo, presso tutte le stazioni fisse, saranno eseguiti campionamenti d'acqua mediante bottiglia Niskin (volume minimo 5 litri) alle due quote standard:

- superficiale (-1 m dalla superficie)
- profonda (+1 m dal fondo)

Da ogni stazione saranno quindi isolati due campioni, codificati secondo la convenzione:

[fase] [stazione] [livello], ad esempio AO1_A1_Sup (Ante Operam 1, stazione A1, livello superficiale)
[fase] [stazione] [livello], ad esempio AO1_A1_Prof (Ante Operam 1, stazione A1, livello profondo).

I campioni saranno stoccati in contenitori conformi al D.M. 173/2016, conservati a 4–6 °C, e trasportati in laboratorio a temperatura controllata. Per le analisi ecotossicologiche e chimiche, è ammesso il congelamento del campione.

C. Rilievi sui sedimenti

Il campionamento dei sedimenti sarà eseguito su tutte le stazioni fisse durante le fasi *Ante Operam*, *Corso d'Opera* e *Post Operam*. Il prelievo sarà effettuato con benna *Van Veen* di volume idoneo, assicurando la rappresentatività del campione e la corretta separazione del sedimento di fondo. Il sedimento recuperato sarà ispezionato, fotografato, e successivamente suddiviso per le analisi chimiche, fisiche, ecotossicologiche e microbiologiche. I campioni saranno conservati a 4–6 °C e trasportati in laboratorio a temperatura controllata, nel rispetto delle procedure del D.M. 173/2016 e delle buone pratiche di laboratorio. La tracciabilità delle operazioni sarà garantita tramite verbali di campionamento e registrazioni GPS della posizione. Per le sole analisi chimiche è ammesso il congelamento del campione.

D. Comunità bentoniche dei fondi mobili

In applicazione del principio di gradualità, la determinazione dei popolamenti bentonici sarà condotta:

- in fase *Ante Operam*, solo nelle stazioni rappresentative,
- e nelle fasi *Corso d'Opera* e *Post Operam*, su un sottoinsieme di stazioni selezionate.

Il campionamento sarà effettuato con benna *Van Veen*, eseguendo tre repliche statistiche indipendenti per ciascuna stazione. Il sedimento sarà setacciato a bordo con setaccio ASTM da 0,5 mm, utilizzando acqua di mare. I campioni biologici saranno fissati in soluzione idonea per la conservazione e successivamente analizzati in laboratorio per la determinazione tassonomica e la stima dei descrittori ecologici (ricchezza specifica, abbondanza, indici di biodiversità).

**E. Bioaccumulo e biomarcatori**

In conformità al D.M. 173/2016, nelle fasi *Ante Operam*, *Post Operam* e a 12 mesi dal termine dei lavori, saranno eseguiti test di bioaccumulo su sedimento mediante l'impiego di organismi bioindicatori stanziali, in particolare *Hediste diversicolor*.

Saranno inoltre analizzati i biomarcatori di stress (enzimatici, ossidativi, di esposizione) per valutare la risposta biologica agli eventuali contaminanti.

Tali prove integrano l'approccio ecotossicologico, consentendo di stimare in modo sperimentale il rischio ambientale derivante dalle attività di dragaggio.

Tabella 6-5. Stazioni di monitoraggio fisse per ogni matrice; frequenze dei prelievi di campioni nelle tre fasi di monitoraggio.

Matrici	Stazioni	AO	CO	PO
B	TB_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	TB_2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CNTR_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
C	TB_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	TB_2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CNTR_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
D	TB_1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	TB_2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	CNTR_1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E	TB_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	TB_2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CNTR_1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

☒ = campionamento previsto; ☐ = campionamento non previsto.

7. Descrittori ambientali oggetto di monitoraggio

7.1. Matrice Acqua

Il monitoraggio della **matrice acqua** è finalizzato alla valutazione delle condizioni idrologiche e chimico-fisiche della colonna d'acqua nelle aree di dragaggio, con particolare attenzione ai fenomeni di torbidità e alla potenziale dispersione di solidi sospesi.

Le attività previste comprendono:

- Correntometria, con acquisizione dei dati di direzione e intensità della corrente su almeno tre livelli batimetrici (superficiale, intermedio e profondo);
- Profilature verticali multiparametriche della colonna d'acqua per la misura dei principali descrittori chimico-fisici: pH, potenziale redox (Eh), ossigeno disciolto (DO), temperatura, profondità, conducibilità, torbidità (NTU) e clorofilla "a";
- Analisi fisiche, comprendenti la determinazione dei solidi sospesi totali (TSS, mg/L) e, ove applicabile, la curva granulometrica del materiale disperso in acqua;
- Analisi ecotossicologiche, mediante saggi su tre specie test rappresentative dei principali comparti biologici:
 - *Aliivibrio fischeri* (batterio luminescente);
 - *Dunaliella tertiolecta* (diatomea marina);
 - *Paracentrotus lividus* (riccio di mare).

Le prove saranno condotte in fase liquida per valutare l'eventuale tossicità acuta e cronica della matrice;

- Determinazione dei nutrienti principali (ammonio, ortofosfati, azoto totale, fosforo totale), indicatori di potenziale effetto eutrofizzante;
- Analisi microbiologiche, con determinazione di *Escherichia coli* ed Enterococchi spp., quali indicatori di contaminazione di origine antropica.

I dati raccolti saranno correlati con le condizioni meteomarine e idrodinamiche rilevate in sito per distinguere le variazioni di origine naturale da quelle connesse alle operazioni di dragaggio.

7.2. Matrice Sedimento

Il monitoraggio della matrice sedimento ha l'obiettivo di verificare la qualità dei fondali marini interessati dalle attività di dragaggio, valutando eventuali variazioni delle caratteristiche chimico-fisiche e biologiche rispetto alle condizioni pre-intervento.

Le analisi saranno eseguite sulle stazioni fisse di riferimento nelle fasi Corso d'Opera (CO) e *Post Operam* (PO), mentre nella fase *Ante Operam* (AO) saranno condotti rilievi di conferma e calibrazione dei valori di base.

Le attività previste comprendono:

- Descrizione macroscopica del sedimento prelevato, con registrazione di colore, odore, consistenza, presenza di materiale grossolano o organico visibile;
- Analisi fisiche, con determinazione della granulometria, della densità apparente e del contenuto in frazione fine (< 63 µm);
- Analisi chimiche, mirate ai parametri che in fase di caratterizzazione hanno mostrato superamenti dei valori di soglia L1 (attenzione) e L2 (contaminazione significativa) definiti dal D.M. 173/2016;
- Analisi ecotossicologiche, eseguite sugli elutriati di sedimento con test su tre specie modello (*Aliivibrio fischeri*, *Dunaliella tertiolecta*, *Paracentrotus lividus*), al fine di valutare la tossicità potenziale della frazione biodisponibile;

- Determinazione dei nutrienti principali (ammonio, ortofosfati, azoto e fosforo totali) negli elutriati, per la stima del contributo potenziale ai processi eutrofizzanti;
- Analisi microbiologiche, comprendenti la determinazione di *Escherichia coli* ed Enterococchi spp., indicatori di contaminazione organica di origine antropica.

Tabella 7-1. Descrittori ambientali ricercati (superamenti delle soglie L1 e L2).

Gruppo	Parametro	Superamento
Metalli e metalloidi	Arsenico (As)	L1 / L2
	Nichel (Ni)	L1 / L2
	Piombo (Pb)	L1 / L2
	Rame (Cu)	L2
	Zinco (Zn)	L2
	Cromo (Cr)	L1
	Mercurio (Hg)	L1
Composti organostannici	Tributilstagno (TBT) / Σ organostannici	L1 / L2
Policlorobifenili (PCB)	Σ PCB	L1 / L2
Pesticidi organoclorurati	Σ DDD	L1
	Σ DDE	L2
IPA – Idrocarburi Policiclici Aromatici	Benzo(a)pirene	L1 / L2
	Benzo(b)fluorantene	L1
Altri composti organici	Esaclorobenzene (HCB)	L1

I parametri più frequentemente non conformi risultano appartenere alle categorie dei metalli pesanti (Ni, Pb, As, Cu, Zn) e dei composti organici persistenti (PCB, IPA, organostannici, DDD/DDE), in linea con la natura industriale, portuale e infrastrutturale dell'area della Spezia.

Le analisi chimiche saranno effettuate su campioni prelevati nelle stazioni fisse di monitoraggio, con frequenza differenziata per fase di monitoraggio (CO e PO), e confrontate con i valori di fondo (AO).

7.3. Matrice Macrozoobenthos

Il monitoraggio della comunità macrozoobentonica ha l'obiettivo di valutare la risposta biologica dell'ecosistema bentonico agli interventi di dragaggio dei sedimenti.

Le attività previste comprendono:

- Prelievo di tre repliche statistiche indipendenti per ogni stazione di campionamento, mediante benna *Van Veen*;
- Determinazione tassonomica degli organismi raccolti, fino al livello di specie ove possibile;
- Calcolo degli indici di diversità specifica e di qualità ambientale, quali:
 - M-AMBI (*Multivariate AZTI Marine Biotic Index*),
 - AMBI (*AZTI Marine Biotic Index*),
 - BENTIX (*Benthic Index*), ove applicabili.
- Confronto dei risultati con i dati storici disponibili nell'ambito della caratterizzazione ambientale del bacino portuale.

7.4. Matrice Biota

Il monitoraggio del **biota** ha lo scopo di valutare l'eventuale bioaccumulo di contaminanti e le risposte fisiologiche di stress in organismi bentonici esposti ai sedimenti dragati.

Le prove saranno condotte su *Hediste diversicolor*, specie bentonica di riferimento per gli ambienti portuali, in quanto rappresentativa, ubiquitaria e conforme alle metodiche normalizzate di test di bioaccumulo.

Le analisi prevedono:

- Determinazione del bioaccumulo di contaminanti metallici e organici persistenti elencati nella Tabella 5-1, mediante confronto tra organismi esposti e controlli non esposti;
- Analisi dei biomarcatori di stress, quali:
 - indicatori di stress ossidativo (attività enzimatiche antiossidanti, livelli di perossidazione lipidica);
 - contenuto proteico totale;
 - danno alle membrane cellulari.

I risultati delle prove saranno interpretati in modo integrato con i dati chimici dei sedimenti e biologici del macrozoobenthos, al fine di definire il livello di qualità ecologica del sistema marino e l'eventuale presenza di effetti sub-letali riconducibili alle attività di dragaggio.

8. Procedure operative per il campionamento e il rilevamento dei parametri ambientali

Il presente capitolo descrive in maniera organica, sequenziale e pienamente operativa le modalità con cui vengono eseguiti i rilievi in campo e i prelievi dei campioni nelle varie matrici ambientali considerate dal Piano di Monitoraggio Ambientale. L'obiettivo è garantire che ogni attività sia svolta in modo coerente, ripetibile, scientificamente fondato e conforme al D.M. 173/2016, assicurando uniformità interpretativa per tutto il personale tecnico coinvolto.

8.1. Rilievi nella colonna d'acqua

Il rilevamento dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua costituisce uno degli elementi cardine del PMA, essendo indispensabile per verificare la qualità dell'ambiente marino durante le attività operative.

8.1.1. Profilature multiparametriche

Le profilature verticali vengono condotte impiegando una sonda multiparametrica munita dei principali sensori oceanografici, tra cui temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, torbidità e clorofilla "a". La sonda viene calata lentamente dalla superficie fino al fondo e riportata successivamente verso l'alto, così da ottenere un doppio profilo completo di discesa e risalita.

La velocità di acquisizione varia leggermente a seconda del tipo di stazione: nelle stazioni mobili, generalmente associate al fronte operativo di dragaggio, la sonda viene fatta scendere a una velocità più sostenuta per seguire l'evoluzione rapida delle condizioni idrodinamiche; nelle stazioni fisse, invece, la profilazione avviene con maggiore lentezza per ottenere una risoluzione verticale più fine.

Ogni operazione è accompagnata dalla misura delle correnti, registrate sia vicino alla superficie sia a metà colonna e presso il fondale, così da comprendere la direzione e l'intensità del trasporto orizzontale che può influenzare la dispersione dei solidi sospesi. Eventuali contatti tra la sonda e il fondale vengono annotati e i dati alterati vengono rimossi in fase di elaborazione.

8.1.2. Campionamento discreto dell'acqua

Parallelamente alle profilature, vengono eseguiti prelievi d'acqua discreti utilizzando una bottiglia Niskin, con campionamento a due quote standard: una superficiale, a circa un metro di profondità, e una profonda, a circa un metro dal fondale. I campioni vengono conservati in contenitori idonei, mantenuti alla temperatura controllata di 4–6 °C per evitare alterazioni chimiche o microbiologiche, e trasportati in laboratorio entro 24 ore.

Per tutte le fasi del monitoraggio i campioni seguono un rigoroso protocollo di etichettatura e tracciabilità che consente di integrare in modo chiaro ogni risultato con la posizione, la data e le condizioni operative del prelievo.

8.2. Campionamento dei sedimenti

Il campionamento dei sedimenti viene effettuato mediante benna *Van Veen*, selezionata in funzione della granulometria dell'area di dragaggio e della profondità operativa.

La benna viene calata verticalmente e lasciata penetrare nel fondale per catturare uno strato sufficiente di sedimento. Al recupero, il campione viene subito ispezionato visivamente per verificarne l'integrità, descrivendone colore, odore, consistenza e presenza di macrocomponenti o detrito organico.

Successivamente il materiale viene fotografato e suddiviso nelle aliquote necessarie alle diverse linee analitiche: chimica, fisica, ecotossicologia e microbiologia. Ogni aliquota è conservata secondo specifici protocolli di temperatura, e tutte le operazioni sono documentate in un verbale di campionamento che riporta le coordinate GPS, l'ora del prelievo e le osservazioni operative.

Per le analisi chimiche può essere autorizzato il congelamento, mentre per le altre tipologie di analisi è necessario mantenere il materiale a freddo ma non congelato.

8.3. Campionamento della comunità macrozoobentonica

Lo studio del macrozoobenthos consente di valutare il potenziale effetto delle attività di dragaggio sulla fauna bentonica.

Il campionamento è effettuato anch'esso mediante benna Van Veen, ma il materiale recuperato viene interamente setacciato a bordo attraverso un setaccio metallico con maglia da 0,5 mm. L'acqua di mare è utilizzata per eliminare la matrice sedimentaria e trattenere esclusivamente la componente biologica.

Gli organismi raccolti vengono immediatamente fissati in formalina tamponata o etanolo, a seconda della tipologia di successiva analisi di laboratorio, e successivamente identificati da personale esperto in zoologia marina.

L'interpretazione dei dati viene effettuata mediante l'applicazione di indici biotici riconosciuti a livello internazionale (AMBI, M-AMBI, BENTIX), che permettono di esprimere in modo quantitativo la qualità ambientale del fondale.

8.4. Bioaccumulo e biomarcatori

Per valutare la frazione biodisponibile dei contaminanti e le possibili risposte fisiologiche degli organismi marini, il PMA prevede prove di bioaccumulo condotte su *Hediste diversicolor*, un anellide bentonico ampiamente utilizzato nei protocolli standard.

Gli esemplari vengono mantenuti in laboratorio in contatto con il sedimento prelevato nelle stazioni di monitoraggio, seguendo un protocollo di esposizione controllata. Al termine dell'esposizione vengono analizzati i livelli di contaminanti accumulati nei tessuti e vengono eseguite valutazioni dei principali biomarcatori di stress, tra cui indicatori di danno ossidativo, alterazioni enzimatiche e integrità delle membrane cellulari.

Questo approccio consente di correlare la qualità chimica dei fondali con una risposta biologica quantificabile, offrendo un quadro completo delle eventuali pressioni esercitate dalle attività di dragaggio.

8.5. Standard operativi e criteri di qualità

Tutte le attività di campionamento seguono un insieme uniforme di procedure di qualità.

Prima di ogni uscita, la strumentazione viene calibrata e verificata, registrando gli esiti della calibrazione nel registro delle apparecchiature. Durante le operazioni, ogni singolo rilievo è accompagnato da un protocollo di tracciabilità che integra posizione, orario, condizioni meteomarine, operatori presenti e eventuali osservazioni rilevanti.

I campioni vengono trasportati in contenitori refrigerati e consegnati ai laboratori entro i tempi massimi stabiliti, seguendo rigorosamente la documentazione di *chain of custody*.

Alla conclusione delle attività di campo, i dati vengono sottoposti a un triplice processo di controllo: una prima verifica di congruità tecnica, un controllo formale di qualità e una validazione scientifica che integra dati meteo-marini, idrodinamici e strumentali per garantire coerenza e affidabilità.

8.6. Integrazione con i sistemi di monitoraggio in continuo

Le attività descritte si integrano con i dati acquisiti dalle boe multisensore (BFM), dalle stazioni mobili operative (SMO) e dalle stazioni ambientali fisse (SAF).

Le BFM, operative h24 e programmabili con trasmissione ogni 15 minuti, garantiscono una sorveglianza in continuo di torbidità, correnti e parametri chimico-fisici, mentre le SMO seguono quotidianamente il fronte di dragaggio, eseguendo profilature in tempo reale.

Le SAF forniscono invece un riferimento stabile e ripetibile lungo tutto l'arco delle fasi AO-CO-PO, fungendo da elemento essenziale per il confronto temporale.

L'integrazione di rilievi discreti e monitoraggio in continuo consente una interpretazione completa e robusta dello stato ambientale, permettendo di distinguere variazioni naturali da eventuali effetti correlati alle attività di cantiere.

9. Frequenze di monitoraggio

Le frequenze di monitoraggio sono definite in modo da garantire un controllo efficace e costante dell'evoluzione delle condizioni ambientali, con una modulazione che tiene conto delle diverse fasi operative e dei diversi livelli di rischio.

L'impostazione generale prevede:

- monitoraggi in continuo (H24) tramite boe multisensore (BFM);
- monitoraggi quotidiani tramite stazioni mobili (SMO);
- monitoraggi periodici tramite stazioni ambientali fisse (SAF);
- campionamenti e analisi a cadenza specifica per colonna d'acqua, sedimento e biota, secondo le indicazioni del D.M. 173/2016.

9.1. Frequenze Ante Operam

La fase AO prevede:

- misure fisico-chimiche e torbidimetriche con SMO e SAF secondo calendario predefinito;
- attivazione delle BFM per la raccolta dei dati di fondo in continuo (h24);
- campionamenti e analisi della colonna d'acqua (multiparametriche, SST, ecotossicologia, microbiologia);
- caratterizzazione dei sedimenti (chimica, granulometria, ecotossicologia);
- prove biologiche e valutazione di biomarcatori su organismi test.

9.2. Frequenze Corso d'Opera

Le frequenze aumentano in ragione della necessità di controllo continuo durante le escavazioni:

- Boe multisensore (BFM): monitoraggio continuo h24 con trasmissione automatica a intervalli regolari;
- Stazioni mobili (SMO): monitoraggio quotidiano con almeno due passaggi per turno operativo, modulati in base alle condizioni meteomarine e alla posizione della draga;
- Stazioni ambientali fisse (SAF): monitoraggi periodici (settimanali o bisettimanali) per verificare eventuali effetti su scala più ampia;
- Campionamenti CO: eseguiti secondo Tabella 3.1 del D.M. 173/2016 (colonna d'acqua, sedimento, biota).

9.3. Frequenze Post Operam

Il monitoraggio PO si articola in PO1 (subito dopo la fine dei lavori) e PO2 (entro 12 mesi), includendo:

- attivazione continuata delle BFM fino al ripristino delle condizioni di fondo;
- campagne di misura con SMO e SAF analoghe all'AO, per garantire confrontabilità;
- campionamenti di colonna d'acqua e sedimento secondo la stessa articolazione dell'AO;
- verifiche ecotossicologiche e biologiche.

Questa impostazione assicura la possibilità di certificare l'assenza di effetti duraturi o accumulativi.



PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – PORTO LA SPEZIA

Protocollo 2025_6233

del 22/10/2025

Tabella 9-1. Frequenze di monitoraggio per tipologia di stazione e per fase operativa.

Tipologia Stazione	Parametro / Attività	AO	CO	PO
BFM	Torbidità (NTU), correnti, parametri fisico-chimici (T°, salinità, O ₂), livello mare	Continuo h24 – registrazione ogni 15 min. Verifica e calibrazione iniziale.	Continuo h24 – registrazione ogni 15 min. Trasmissione automatica ogni 60 min.	Continuo h24 per tutta la PO1 e PO2. Registrazione ogni 15 min.
	Manutenzione e calibrazione	1 intervento prima dell'avvio lavori	1 ogni 15 giorni o in caso di deriva del sensore	1 intervento al mese fino a disinstallazione
SAF	Profili multiparametrici in colonna, campioni discreti SST (mg/L), analisi chimiche/ecotossicologiche	1 campagna completa AO ; ripetizione in condizioni meteo ottimali	Settimanale → profilo multiparametrico + SST. Bisettimanale → analisi chimiche/ecotossicologiche se richieste	PO1 : 1 campagna completa. PO2 : 1 campagna finale (a 12 mesi)
SMO	Torbidità (NTU/FNU) in prossimità della draga, SST (campioni discreti), profili multiparametrici	Non previste	Monitoraggio operativo ad alta frequenza (misure discrete ripetute durante il turno)	Solo se residuano anomalie dopo CO; altrimenti non previste
Verifica correlazione NTU ↔ SST	Curva di correlazione	Definizione curva preliminare dati AO	Verifica ogni 30 giorni (campione SST confrontato con NTU istantanea)	Verifica finale su dataset PO

10. Prescrizioni e indirizzi derivanti dallo studio modellistico della torbidità

Il comportamento del pennacchio di torbidità generato dalle operazioni di dragaggio è stato analizzato mediante lo studio modellistico sviluppato con i moduli MIKE 3 HD – Hydrodynamics e MIKE 3 MT – Mud Transport (DHI), in conformità alle Linee Guida ISPRA 2017 – “La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere”.

Lo studio modellistico viene utilizzato esclusivamente come supporto tecnico-scientifico per comprendere la dinamica della dispersione del particolato, mentre i valori soglia della torbidità da utilizzare operativamente sono quelli già approvati e adottati nel PMA del Molo Crociere.

10.1. Risultati principali dello studio modellistico (funzione descrittiva)

Le simulazioni condotte per scenari rappresentativi estivi e invernali mostrano che:

- il pennacchio di torbidità rimane confinato negli strati profondi della colonna d'acqua;
- le concentrazioni maggiori si osservano in prossimità della draga, con riduzione rapida all'allontanarsi dall'area di lavoro;
- anche per la frazione più fine, i tempi di dispersione sono brevi (alcune ore);
- durante le pause operative, la torbidità rientra verso valori di limpidezza naturale;
- nessuna simulazione suggerisce una risalita del pennacchio verso la superficie o un coinvolgimento significativo delle biocenosi pelagiche.

Queste risultanze confermano la limitata propagazione laterale e verticale della torbidità, rafforzando la scelta delle stazioni mobili (SMO) come strumenti di controllo ravvicinato e delle boe multisensore (BFM) come riferimento per il comportamento idrodinamico.

10.2. Valori soglia della torbidità da adottare nel PMA

In coerenza con quanto già approvato, applicato e formalizzato nel:

- PMA del Molo Crociere (Autorità di Sistema Portuale – documento ufficiale),
- il presente PMA adotta le medesime soglie operative, senza ricorrere ai valori modellistici.

Il sistema di gestione della torbidità adottato nel presente PMA si fonda su un impianto basato su soglie differenziate tra aree non sensibili e aree sensibili, al fine di garantire un livello di protezione proporzionato al rischio ambientale. Per ciascun valore soglia viene inoltre definita una soglia di pre-allerta pari al 70% del valore di allarme, che consente di intercettare tempestivamente eventuali incrementi della torbidità prima che raggiungano livelli critici.

Per le aree non sensibili, situate in prossimità delle operazioni di dragaggio e prive di obiettivi vulnerabili, viene adottata una soglia di allarme pari a 30 NTU. Applicando il coefficiente del 70%, la soglia di pre-allerta corrispondente risulta pari a 21 NTU.

Per le aree sensibili, caratterizzate dalla presenza della mitilicoltura e da condizioni ecosistemiche più delicate, si adotta una soglia di allarme pari a 10 NTU, con una soglia di pre-allerta pari a 7 NTU.

Il superamento delle soglie di pre-allerta, quando persistente per un numero definito di misure consecutive nell'arco di un'ora, determina l'attivazione delle verifiche tecniche e delle prime misure operative di mitigazione. Il superamento delle



soglie di allarme attiva invece il livello di risposta successivo, che può includere la riduzione del regime operativo o, se necessario, la sospensione temporanea delle attività per favorire il rientro dei valori.

I valori di riferimento sono quindi:

Livello operativo	Aree non sensibili	Aree sensibili	Significato operativo
Soglia di pre-allerta	> 21 NTU	> 7 NTU	Incremento iniziale della torbidità → attivazione verifiche e mitigazioni leggere
Soglia di allarme	> 30 NTU	> 10 NTU	Superamento critico → possibili riduzioni operative o sospensione temporanea

Queste soglie rappresentano un sistema già condiviso con ARPAL e Regione Liguria, risultano coerenti con l'assetto idrodinamico del Golfo della Spezia e garantiscono una gestione omogenea dei cantieri portuali.

10.3. Modalità di intervento in caso di superamento delle soglie di torbidità

L'intero sistema di gestione dei superamenti è interno al PMA e segue la logica:

misura → verifica → classificazione → mitigazione → registrazione → comunicazione non sospensiva agli enti

• Livello “Soglia di attenzione” (10–30 NTU)

Il Responsabile Scientifico verifica:

- compatibilità con condizioni meteomarine,
- posizione della draga rispetto al flusso di corrente,
- coerenza tra SMO e BFM,
- eventuali contributi esterni (altre attività portuali).

Azioni possibili:

- ottimizzazione del posizionamento delle SMO,
- verifica approfondita della benna e del ciclo di scavo,
- aggiustamento dei parametri operativi (velocità, quota di presa),
- incremento della frequenza di misura.
- **Livello “Soglia di allarme” (> 30 NTU)**

Se il valore > 30 NTU persiste:

- per più cicli consecutivi di misura SMO, oppure
- per oltre 30–60 minuti in almeno una BFM o SMO a valle della corrente,

il Responsabile Scientifico attiva la procedura interna:

- A. Verifica strumentale immediata (ripetizione misura, controllo sonda).
- B. Riposizionamento SMO più a valle, se il flusso cambia direzione.



- C. Riduzione della produttività della draga.
- D. Verifica benna / ciclo di scavo per identificare eventuali anomalie operative.
- E. Sospensione temporanea delle operazioni, se i valori non rientrano.

Durante un fermo operativo:

- A. si effettuano misure ogni 30 minuti,
- B. il dragaggio può ripartire solo dopo il rientro sotto i 30 NTU,
- C. la ripresa avviene a regime ridotto per almeno 6 ore.

Tutte le azioni intraprese vengono registrate nel Registro delle Anomalie.

10.4. Validazione delle soglie attraverso i dati Ante Operam

Le soglie operative (10–30 NTU) non vengono modificate, ma la fase Ante Operam servirà per:

- confermare i valori di fondo del Golfo,
- quantificare il 90° percentile,
- verificare la correlazione tra NTU (sonde) e SST (mg/L),
- tarare le sonde multiparametriche.

I risultati AO consentiranno di verificare che le soglie adottate siano coerenti con le condizioni ambientali reali.

Eventuali rettifiche potranno essere definite solo tramite passaggio formale con gli Enti, come richiesto in riunione.

10.5. Strategie di mitigazione aggiuntive

Oltre alla gestione della torbidità, sono previste:

- utilizzo esclusivo di benne ambientali a tenuta,
- utilizzo di bettoline stagne,
- posizionamento ottimale della draga rispetto alla corrente,
- calibrazioni periodiche sonde NTU,
- confronto periodico della correlazione NTU – SST,
- gestione adattativa del dragaggio in funzione dei cicli idrodinamici.

Lo studio modellistico supporta la comprensione dei processi di dispersione e conferma la validità dell'approccio selezionato.

11. Gestione e restituzione dei dati

I dati acquisiti nell'ambito del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) saranno elaborati mediante analisi statistiche univariate e multivariate, utilizzando software specialistici quali Prism, Primer/Permanova+, Surfer e R, al fine di garantire una valutazione scientificamente robusta delle tendenze osservate e delle relazioni tra i descrittori ambientali monitorati.

Le elaborazioni saranno restituite in forma dettagliata (per analisi tecnica e scientifica) e in forma sintetica (per la comunicazione verso la Stazione Appaltante e gli Enti di controllo), in modo da garantire una fruibilità estesa dei risultati anche da parte di personale non tecnico.

I descrittori ambientali sottoposti a monitoraggio continuo durante la fase Corso d'Opera (CO), e in particolare quelli considerati critici ai fini del fermo-draga (torbidità, solidi sospesi totali, ossigeno disciolto), saranno comunicati tempestivamente alla Stazione Appaltante e agli Enti di controllo competenti (ARPAL Liguria e Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Orientale) per la verifica dell'ottemperanza alle prescrizioni ambientali.

I dati dei descrittori ambientali di maggiore sensibilità saranno inoltre trasmessi con frequenza tale da consentire un controllo continuo dell'andamento delle operazioni e dell'evoluzione della qualità ambientale dell'area di studio.

Entro tre mesi dalla conclusione delle attività operative, i risultati complessivi del PMA saranno illustrati in un'apposita Relazione Tecnica Finale, redatta dal Responsabile Scientifico e trasmessa agli Enti competenti, in conformità a quanto previsto dal D.M. 173/2016 e dalle prescrizioni autorizzative.

A conclusione del PMA saranno forniti i seguenti elaborati tecnici e documentali:

- Tracciati dei movimenti e dei percorsi giornalieri della draga durante le operazioni di escavo e trasporto;
- Elenco delle attività operative (se applicabile) che rendono impossibile il fermo-draga;
- Verbale riepilogativo dei fermi-draga effettuati, con le relative motivazioni tecniche e ambientali;
- Mappatura georeferenziata degli spostamenti e delle aree di lavoro;
- Acquisizione e sintesi delle forzanti ambientali (vento, correnti, maree, condizioni meteomarine);
- Verbal di campionamento delle acque e dei sedimenti, firmati da biologo o geologo professionista;
- Dati e grafici del monitoraggio in continuo della torbidità e dei parametri chimico-fisici durante la fase CO;
- Rapporti di prova relativi alle analisi chimiche, ecotossicologiche, microbiologiche, biochimiche e biologiche;
- Elaborazioni statistiche dei dati e confronto con i valori di riferimento e con i dati di letteratura;
- Database sintetico dei risultati in formato Excel;
- Interpretazione complessiva dei dati e valutazione dell'impatto dell'intervento sulla qualità ambientale;
- Documentazione relativa al sistema di garanzia della qualità dei dati (QA/QC);
- Report tecnico-scientifico finale a firma del Responsabile Scientifico;
- Report degli eventi significativi (superamenti soglia, fermi operativi, anomalie strumentali) ai sensi del Capitolo 7 del PMA.



12. Specifiche a garanzia della qualità dei dati

Le seguenti specifiche operative e procedurali sono applicate per assicurare la corretta esecuzione delle attività di campo e di laboratorio, nonché l'affidabilità e la tracciabilità dei dati prodotti.

- Individuazione di una figura di riferimento con comprovata esperienza tecnico-scientifica, responsabile del coordinamento tra il soggetto attuatore del monitoraggio, il soggetto esecutore del dragaggio e gli enti di controllo (ARPAL e Autorità Portuale). Tale figura assumerà il ruolo di Responsabile Scientifico del PMA, con l'incarico di garantire la qualità metodologica, il corretto svolgimento delle operazioni di monitoraggio e la validazione dei dati raccolti.
- Documentazione di tutte le strumentazioni, attrezzature e mezzi impiegati mediante schede tecniche e certificati di taratura, verificati dal Responsabile Scientifico per garantirne l'idoneità alle attività previste senza interferire con le finalità del monitoraggio.
- Svolgimento dei rilievi da parte di personale qualificato con esperienza documentata; in ogni turno operativo sarà presente un operatore senior iscritto all'Ordine Professionale di riferimento (biologo, geologo o equivalente).
- Gestione dei campioni di acqua e sedimento in conformità con le procedure di riferimento adottate per le caratterizzazioni ambientali portuali e conservati a temperatura controllata (4–6 °C), con eventuale congelamento per i test ecotossicologici.
- Realizzazione delle analisi di laboratorio da strutture accreditate UNI EN ISO/IEC 17025:2018, conformemente al paragrafo 2.2 "Qualità del dato" del D.M. 173/2016 con copertura degli accreditamenti per parametri e matrici oggetto di indagine specifica.
- Produzione della documentazione attestante le caratteristiche tecniche dei mezzi navali, delle attrezzature di campionamento e dell'esperienza del personale scientifico impiegato.
- Controllo continuo delle condizioni di trasporto e conservazione dei campioni, in particolare per le matrici a deperibilità elevata.
- Taratura periodica di tutte le apparecchiature di rilievo e analisi e verifica della funzionalità secondo le specifiche del costruttore e le norme ISO applicabili.

13. Specifiche a chiusura

In riferimento al presente PMA attuativo per le attività di dragaggio nel porto della Spezia, si precisa quanto segue:

- Le stazioni mobili potranno subire adattamenti spaziali e temporali in funzione dell'andamento operativo e delle condizioni meteomarine, per garantire sempre la rappresentatività del monitoraggio.
- Le tempistiche delle fasi Corso d'Opera (CO) sono da considerarsi indicative, in quanto correlate all'avanzamento effettivo del dragaggio e suscettibili di variazioni o sospensioni dovute a esigenze operative o condizioni meteo avverse.
- Sulla base dei risultati delle prime fasi di monitoraggio CO e delle verifiche *Post Operam* (PO), potranno essere proposte integrazioni o ottimizzazioni delle frequenze di rilievo. Tali proposte saranno sottoposte alla valutazione dell'Autorità competente e degli enti che hanno approvato il PMA, e potranno essere applicate solo a seguito di formale approvazione.
- Eventuali modifiche sostanziali al PMA non possono essere introdotte mediante semplice comunicazione, ma devono essere sottoposte a valutazione e approvazione formale da parte dei soggetti competenti che hanno espresso parere in sede di approvazione del PMA. Il Responsabile Scientifico provvede a predisporre la documentazione tecnica necessaria e a trasmetterla all'Autorità competente per l'istruttoria e la relativa approvazione.
- In caso di condizioni che comportino rischi per la sicurezza degli operatori o dei mezzi, la sicurezza rimarrà prioritaria: eventuali sospensioni o adattamenti saranno attuati previa comunicazione e saranno adottate misure alternative per mantenere il livello di controllo previsto dal PMA.

Tabella 13-1. Quadro sinottico degli elaborati, delle tempistiche e delle responsabilità di trasmissione.

Elaborato	Fase	Tempistica di trasmissione	Soggetto responsabile
Dati grezzi del monitoraggio in continuo (torbidità, pH, O ₂ , salinità, TSS)	CO	Aggiornamento giornaliero tramite portale condiviso; nessuna trasmissione formale giornaliera. Comunicazione immediata in caso di superamento soglia.	Responsabile Scientifico → Stazione Appaltante / ARPAL
Verbal di campionamento acqua e sedimento (firmati da tecnico qualificato)	AO – CO – PO	Disponibilità entro 24 h su portale condiviso; nessuna trasmissione formale giornaliera salvo richiesta dell'Ente.	Responsabile Scientifico → Autorità Portuale / ARPAL
Rapporti di prova di laboratorio (chimica, ecotossicologia, microbiologia, biota)	AO – CO – PO	Entro 15 giorni dalla ricezione risultati	Laboratorio accreditato → Responsabile Scientifico
Riepilogo settimanale dei dati ambientali e dei controlli torbidità	CO	Settimanale durante le attività di dragaggio	Responsabile Scientifico → Stazione Appaltante
Report mensile di sintesi del monitoraggio	CO	Entro 10 giorni dalla fine di ogni mese	Responsabile Scientifico → ARPAL / Stazione Appaltante
Comunicazione eventi anomali / fermo-draga	CO	Entro 12 h dall'evento	Responsabile Scientifico → Stazione Appaltante / ARPAL
Relazione intermedia di monitoraggio (CO)	CO (a metà lavori)	Entro 15 giorni dal completamento del 50% delle attività di dragaggio	Responsabile Scientifico
Relazione tecnica (AO)	AO	Entro 30 giorni dal completamento dei rilievi AO	Responsabile Scientifico



PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE – PORTO LA SPEZIA

Protocollo 2025_6233

del 22/10/2025

Elaborato	Fase	Tempistica di trasmissione	Soggetto responsabile
Relazione tecnica Corso d'Opera (CO)	CO	Entro 30 giorni dal completamento dei lavori di dragaggio	Responsabile Scientifico
Relazione tecnica 1 (PO1)	PO1	Entro 30 giorni dalla conclusione del dragaggio	Responsabile Scientifico
Relazione tecnica 2 (PO2)	PO2	A 12 mesi dal termine dei lavori	Responsabile Scientifico
Relazione tecnica finale del PMA (sintesi complessiva)	Tutte le fasi	Entro 3 mesi dalla conclusione del PMA	Responsabile Scientifico → ARPAL / Autorità Portuale
Database finale dei risultati e metadati (formato .xlsx e .csv)	Tutte le fasi	Contestualmente alla relazione finale	Responsabile Scientifico
Archivio GIS delle stazioni e dei percorsi di dragaggio (formato shapefile)	Tutte le fasi	Contestualmente alla relazione finale	Responsabile Scientifico
Report conclusivo eventi straordinari (meteo, sicurezza, deviazioni operative)	Tutte le fasi	Entro 10 giorni dall'evento o a chiusura lavori	Responsabile Scientifico

FINE DOCUMENTO

Specifiche di Report BsRC					
Tipologia elaborato: Piano di Monitoraggio Ambientale			Progress: 01		
Rev	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
00	22/10/2025	Prima Emissione	S. Anselmi	M. Renzi	M. Renzi

Documento in originale informatico. Il presente documento è firmato digitalmente ai sensi del testo unico D.P.R. 28 dicembre 2000, n.445, del D.Lgs. 7 marzo 2005 n. 82. Codice dell'amministrazione digitale e norme collegate e sostituisce il testo cartaceo e la firma autografa.