



**Interreg**



UNIONE EUROPEA



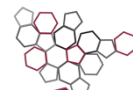
**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## Attività T1.5



**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente**

### T1.5.5 - SISTEMI DI MONITORAGGIO NELLE ATTIVITÀ DI MOVIMENTAZIONE



REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

REGIONE  
TOSCANA



Région



Provence  
Alpes  
Côte d'Azur



REGIONE LIGURIA



La cooperazione al cuore del Mediterraneo  
La coopération au cœur de la Méditerranée

---

**Hanno collaborato:**

**Andrea Salmeri  
Maria Elena Piccione**

**Ha coordinato:**

**Simona Macchia**

---

## Sommario

<b>1</b>	<b><i>Premessa</i></b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b><i>Introduzione</i></b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b><i>Progettazione del monitoraggio</i></b> .....	<b>6</b>
<b>3.1</b>	<b>Monitoraggio delle attività di dragaggio</b> .....	<b>7</b>
3.1.1	Stazioni e frequenza di monitoraggio.....	10
3.1.2	Elementi da monitorare e strumentazione necessaria .....	11
<b>3.2</b>	<b>Monitoraggio per attività di trasporto</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3</b>	<b>Monitoraggio delle attività di ripascimento</b> .....	<b>14</b>
<b>3.4</b>	<b>Monitoraggio delle attività di immersione in aree marine (oltre le 3 mn dalla costa)</b> .....	<b>14</b>
<b>3.5</b>	<b>Monitoraggio delle attività di immersione in ambiente conterminato</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b><i>Questionario</i></b> .....	<b>15</b>
4.1	Porto di Genova.....	17
4.2	Porto di La Spezia .....	18
4.3	Porto di Livorno.....	21
<b>5</b>	<b><i>Conclusioni</i></b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b><i>Bibliografia</i></b> .....	<b>24</b>

## ALLEGATO 1 – RISPOSTE AL QUESTIONARIO

---

## 1 Premessa

*Il progetto SEDRIPORT è nato per identificare una soluzione congiunta per i problemi legati all'insabbiamento dei porti dell'area transfrontaliera e per mettere in atto delle azioni mirate al ripristino dei fondali.*

*SEDRIPORT capitalizza il contributo di precedenti progetti che hanno fornito importanti informazioni sullo stato dei porti sperimentando sistemi di monitoraggio dell'ambiente marino ed introduce un sistema comune per il costante monitoraggio dell'insabbiamento, dell'inquinamento delle acque e dei sedimenti, delle condizioni meteo-marine e dei principali parametri chimici e fisici delle acque dei porti, delle zone costiere limitrofe e degli acquiferi costieri.*

*Facendo riferimento alle normative vigenti e agli attuali compendi di buone pratiche, si propone di realizzare Linee Guida, da adottare congiuntamente nello spazio transfrontaliero, per affrontare la tematica dei dragaggi (ripristino dei fondali) e la gestione dei sedimenti.*

Il presente documento si inserisce nell'ambito dell'Azione T1 (Diagnosi - Monitoraggio e Modellistica) ed è suddiviso in due parti: nella prima parte sono riportati i criteri generali per la definizione di un corretto piano di monitoraggio per le operazioni di movimentazione dei sedimenti, mentre nella seconda parte vengono discussi i risultati della ricognizione condotta grazie alla collaborazione di alcune Autorità Portuali e di gestori pubblici e privati selezionati nell'area transfrontaliera sulle attività di movimentazione condotte negli anni e i relativi piani di monitoraggio eseguiti.

ISPRA con il supporto di ARPAL ha redatto un questionario avente l'obiettivo di acquisire informazioni sugli eventuali sistemi di monitoraggio adottati nei porti di Genova, La Spezia, Livorno, Castiglione della Pescaia, Scarlino, Olbia, Cagliari e Port Grimaud, sia in presenza che in assenza di attività di dragaggio.

Il questionario è stato strutturato in diverse sezioni contenenti specifici quesiti formulati con l'intento di raccogliere tutte le informazioni utili ad inquadrare sia la tipologia di monitoraggio, sia le diverse matrici interessate dalle attività di controllo ed analisi. Preliminarmente alla compilazione delle schede, è stato richiesto di fornire una breve descrizione delle caratteristiche del porto e delle attività di movimentazione avvenute e/o previste, al fine di avere un inquadramento generale dell'area.

Nella prima sezione del questionario sono stati posti quesiti relativi alle attività di monitoraggio eseguite in assenza di movimentazione di sedimenti, distinguendo tra monitoraggio in continuo e monitoraggio periodico.

Nelle sezioni dedicate alla raccolta delle informazioni relative ai monitoraggi eseguiti per le attività di dragaggio, immersione in mare, ripascimento, immersione in vasca di colmata, ecc., è stato chiesto di specificare le metodiche e gli strumenti utilizzati, distinguendo le attività condotte nelle diverse fasi (*ante operam*, in corso d'opera e *post operam*).

---

## 2 Introduzione

Le operazioni di movimentazione dei sedimenti portuali (dragaggio, trasporto, deposizione o refluentamento) sono da sempre considerate attività rilevanti, sia per lo sviluppo ed il miglioramento della funzionalità di un porto, sia per la salvaguardia ambientale (bonifica di aree contaminate, ripristino delle profondità operative). Durante tali attività, soprattutto se queste sono effettuate in aree contaminate e/o industrializzate, le principali criticità sono da associarsi alla risospensione dei sedimenti ed alla mobilitazione della eventuale contaminazione ad essi associata, con potenziale alterazione del naturale equilibrio chimico, fisico e biologico dell'ecosistema marino-costiero, e trasferimento della contaminazione dalla matrice sedimento alla colonna d'acqua e al comparto biotico.

Risultano quindi essenziali la progettazione e l'attuazione di un piano di monitoraggio ambientale, funzionale alla verifica degli effetti attesi sulle diverse matrici ambientali interessate dalla movimentazione e dell'efficacia delle eventuali misure introdotte per la loro mitigazione. Il piano di monitoraggio non dovrà riguardare solo il dragaggio in sé, ma l'intero processo di gestione del sedimento, fino alla collocazione definitiva del materiale movimentato e delle singole frazioni che lo compongono.

Le direttive comunitarie in materia di dragaggio sono state recepite a livello italiano dal D.lgs. 152/2006, D.lgs. 219/2010 e D.lgs. 172/2015 che si basano sul principio del mantenimento o raggiungimento degli obiettivi di "buono stato chimico ed ecologico": le attività di movimentazione dei sedimenti devono essere condotte in modo tale da garantire il "non peggioramento" dello stato riscontrato e la compatibilità con il raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti.

Sotto il profilo tecnico-scientifico gli interventi di dragaggio in ambito portuale e marino costiero sono disciplinati dai D.M. 172 e 173 del 2016.

Il D.M. 172/2016 riguarda il *"Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei SIN"*. Esso disciplina le modalità e le norme tecniche delle operazioni di dragaggio nelle aree portuali e marino costiere poste all'interno di Siti di Interesse Nazionale, anche al fine del reimpiego dei materiali dragati. Inoltre il Decreto fornisce indicazioni sulle modalità e le tecniche da utilizzare per la corretta progettazione ed esecuzione di un piano di monitoraggio ambientale dell'intero processo di gestione del sedimento, dal dragaggio alla collocazione (o riutilizzo) finale del materiale dragato e delle singole frazioni che lo compongono.

Il D.M. 173/2016 riguarda il *"Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini"*. Esso determina le modalità per il rilascio delle autorizzazioni da parte delle Autorità Competenti per l'immersione deliberata in mare dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi. L'Allegato Tecnico del Decreto fornisce criteri omogenei per tutto il territorio nazionale, ad eccezione delle aree SIN, per l'utilizzo dei sedimenti di dragaggio ai fini del ripascimento o del refluentamento all'interno di ambienti conterminati. Inoltre in esso vengono riportate le procedure tecniche e operative per l'inquadramento delle aree portuali oggetto di dragaggio ambientale, la caratterizzazione dei fondali (comprese le indicazioni sulle analisi da effettuare sui sedimenti dragati all'interno dei SIN ma riutilizzati al di fuori di tali siti), la classificazione chimico-fisica ed ecotossicologica dei materiali dragati e indicazioni inerenti la predisposizione di un piano di monitoraggio ambientale.

In Francia la normativa di riferimento per le operazioni di dragaggio è inclusa nel Codice dell'ambiente in vigore dal 2018, risultante dal recepimento della direttiva 2011/92/UE relativa alla valutazione degli effetti di determinati progetti pubblici e privati sull'ambiente

---

(modificato dalla direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014).

Per quanto riguarda il monitoraggio del dragaggio, le indicazioni normative sono piuttosto carenti. Esiste comunque una guida di riferimento del gruppo GEODE pubblicata nel dicembre 2012, che fornisce indicazioni *step-by step* sul monitoraggio da attuare nell'area di dragaggio e di immersione. Non viene fatto ricorso a strumenti di natura modellistica per la definizione del piano di monitoraggio ed il posizionamento delle stazioni.

Per quanto riguarda la gestione in mare dei materiali di dragaggio, la normativa francese offre la possibilità o meno di effettuare immersione in mare, basandosi in primo luogo sull'esito delle risultanze chimiche e in secondo luogo sulle verifiche ecotossicologiche (che tuttavia non sono regolamentate). Per quanto riguarda l'utilizzo a terra e i trattamenti, la normativa francese è molto dettagliata nell'ambito della filiera terrestre, prevedendo una valorizzazione diretta o indiretta (dopo il trattamento) o lo stoccaggio definitivo.

Per una trattazione più approfondita sul confronto degli aspetti legislativi relativi alla movimentazione dei sedimenti marini, si rimanda al Report relativo all'Azione T1 del progetto SEDRIPORT "T1.2 - *Studio comparato delle normative in vigore e in corso di esame (italiana, francese ed europea) in materia di dragaggio dei sedimenti portuali ed individuazione delle criticità (ambientali e tecnico/logistiche) relative alla gestione della filiera marino-costiera (gestione acquatica)*".

### **3 Progettazione del monitoraggio**

La progettazione di un piano di monitoraggio per le diverse attività di movimentazione dei sedimenti (dragaggio, trasporto, deposizione e/o refluentamento) deve avere come principale obiettivo la verifica di variazioni significative dei parametri ambientali che caratterizzano le aree marine potenzialmente interessate dalla risospensione dei sedimenti e dalla eventuale diffusione dei contaminanti ad essi associati.

In particolare, il rilascio dei sedimenti lungo la colonna d'acqua durante tutte le fasi della movimentazione è strettamente dipendente dalle tecniche e modalità di dragaggio, trasporto e collocazione finale adottate, dalle caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti e dalle caratteristiche idrodinamiche e morfobatimetriche del sito. Pertanto, sebbene le tecniche di dragaggio e gestione siano sempre più conservative in termini di contenimento della dispersione dei sedimenti, è opportuno affiancare alle operazioni di movimentazione un'adeguata attività di monitoraggio, in funzione delle modalità operative adottate, ma soprattutto delle caratteristiche dei sedimenti da movimentare, del sito e degli eventuali recettori sensibili presenti nelle aree limitrofe.

Così come indicato nel D.M. 172/2016 e nell'Allegato Tecnico al D.M. 173/2016, le attività di dragaggio, trasporto ed immersione devono essere sottoposte ad un monitoraggio ambientale con l'obiettivo di verificare l'ipotesi di impatto, ovvero l'entità degli effetti sul comparto abiotico e biotico e verificare la tendenza al ripristino delle condizioni precedenti le attività di movimentazione, ponendo particolare attenzione alla variazione della biodisponibilità di sostanze potenzialmente tossiche, alla comparsa di modificazioni "precoci" (biomarker) nei sistemi biologici indicatori e di effetti tossici a breve o più lungo termine, nonché alle alterazioni a carico delle biocenosi, soprattutto di habitat e specie di interesse conservazionistico. Tali indagini devono riguardare la valutazione dei possibili impatti sulla colonna d'acqua e/o sul fondale, privilegiando l'utilizzo di bioindicatori. Il piano di monitoraggio deve contenere anche la descrizione del contesto ambientale in cui si svolgono gli interventi.

---

In particolare un piano di monitoraggio deve essere progettato con l'obiettivo di:

- fornire criteri e strumenti per la valutazione degli impatti sulle diverse matrici ambientali, con particolare attenzione alle biocenosi e specie sensibili e/o di elevato pregio naturalistico presenti nell'area;
- verificare l'idoneità delle modalità operative adottate ai fini della minimizzazione degli effetti;
- segnalare in tempo utile la necessità di introdurre eventuali misure correttive e/o di mitigazione in relazione agli impatti monitorati e/o alle modalità operative adottate, e valutarne l'efficacia;
- verificare le ipotesi progettuali (*condizioni idrodinamiche, torbidità prodotta dalla draga, efficacia di rimozione della draga, stabilità delle eventuali panne*);
- verificare l'osservanza di eventuali restrizioni imposte al progetto dalle autorizzazioni e/o normative (*modalità tecniche esecutive e vincoli ambientali*);
- verificare, dopo il completamento delle attività, la tendenza al ripristino delle condizioni iniziali nelle matrici ambientali oggetto del monitoraggio.

Inoltre è necessario:

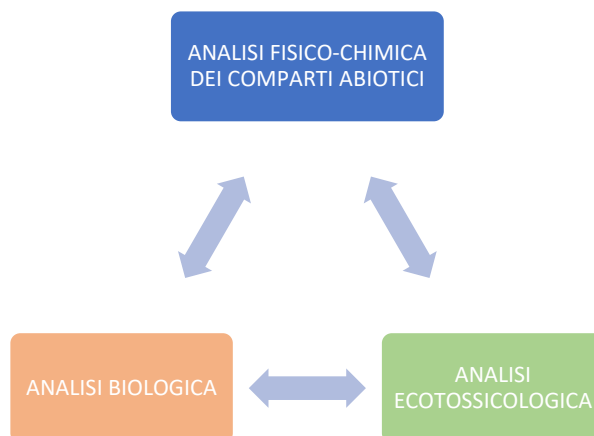
- individuare le potenziali criticità e i bersagli potenzialmente più sensibili (*matrici ambientali, specie, usi legittimi del mare, attività antropiche*);
- comprendere l'estensione sia spaziale che temporale del campo di monitoraggio (*monitoraggio di lungo periodo su vasta scala*);
- selezionare i parametri da monitorare di maggior interesse;
- valutare i costi relativi alle attività di monitoraggio.

Costituisce parte integrante del piano di monitoraggio la predisposizione e la progettazione di un sistema di gestione dei dati per la raccolta di tutti i dati disponibili e misurati prima, durante e dopo le attività di movimentazione (dragaggio/livellamento). A tal fine è opportuno realizzare una banca dati funzionale agli scopi, facilmente gestibile e fruibile dai soggetti coinvolti nelle attività, ed interfacciabile anche con un Sistema Informativo Geografico (GIS) per la georeferenziazione delle informazioni.

### 3.1 Monitoraggio delle attività di dragaggio

Il piano di monitoraggio deve essere progettato utilizzando un **approccio** detto “**integrato**”, che permetta di avere un quadro completo delle caratteristiche di qualità ambientale dell'area di indagine.

Questo tipo di approccio prevede l'utilizzo integrato di tre tipologie di analisi:



L'analisi fisico-chimica dei comparti abiotici identifica e quantifica le cause della contaminazione, ma non è in grado da sola di stabilire quale sia la frazione realmente biodisponibile, né di considerare effetti sinergici o antagonistici tra i contaminanti.

L'analisi ecotossicologica invece valuta la tossicità e la reale biodisponibilità della contaminazione, ma non consente di individuare la causa degli effetti tossici riscontrati.

L'analisi biologica infine è volta a indagare le caratteristiche strutturali e funzionali delle comunità biologiche e consente di individuare alterazioni dovute alla presenza di sostanze inquinanti in concentrazioni superiori alla capacità di detossificazione e di riparo degli organismi.

L'utilizzo integrato di queste tre tipologie di analisi rappresenta uno strumento di indagine potente, di elevata flessibilità e di immediata interpretazione, necessario per comprendere realtà particolarmente complesse.

La progettazione del piano di monitoraggio, oltre ad essere sito specifica, quindi strettamente dipendente dalle caratteristiche delle diverse aree portuali (estensione, caratteristiche morfo-batimetriche, pressione traffico navale, obiettivi sensibili, etc.) deve interessare una finestra temporale molto ampia, rispetto alla reale durata delle attività di movimentazione, all'interno della quale si articolano tre fasi distinte: *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*.

Il monitoraggio ante operam, antecedente le previste attività di movimentazione dei sedimenti, ha come obiettivo principale quello di definire i valori di riferimento dell'area per i parametri di interesse (bianco) e la loro relativa variabilità spazio-temporale. Tale fase, che ha anche la funzione di calibrare la strategia del monitoraggio, è indispensabile per individuare la corretta ubicazione delle stazioni di misura, incluse specifiche stazioni di controllo, rappresentative delle caratteristiche ambientali dell'area (*idrodinamismo, caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua, tipologia di organismi sensibili, usi legittimi*) e della loro variabilità naturale e non influenzabili dalle attività di movimentazione. In questa fase inoltre vengono individuati gli eventuali recettori sensibili.

La fase di monitoraggio *ante operam* risulta di fondamentale importanza ai fini del conseguimento di una approfondita conoscenza dell'area oggetto di intervento. Tale fase risulta anche funzionale per comprendere le fluttuazioni dei parametri di interesse nelle aree di intervento non imputabili alle attività di escavo e di ripascimento (es. dovute al traffico navale o a diverse condizioni meteo-marine) e, quindi, a definire i valori di riferimento dell'area per i parametri di interesse e la loro relativa variabilità spazio-temporale (par. 7.1 dell'Allegato A del D.M. 172/2016).



---

Inoltre, se necessario, ad esempio nel caso di sedimenti contaminati e/o presenza di obiettivi sensibili, le informazioni acquisite nella fase di monitoraggio ante operam saranno fondamentali anche per definire livelli di attenzione a cui riferirsi in corso d'opera per consentire di intervenire per tempo con le opportune misure di mitigazione. In tal caso, è auspicabile definire una serie di livelli di attenzione, a crescente criticità ambientale, e la relativa persistenza ammissibile in funzione delle caratteristiche del sistema, previa "valutazione esperta" dei dataset acquisiti in concomitanza di diversi eventi ritenuti "significativi" ed estranei alle attività in progetto (es.: transito di imbarcazioni con diverso pescaggio, eventi meteo-marini significativi, etc.), tenendo conto della durata dei singoli eventi rispetto alla durata delle attività, nonché delle condizioni idrodinamiche locali e della presenza di eventuali obiettivi sensibili."

Il monitoraggio in corso d'opera, viene eseguito durante l'attività di movimentazione dei sedimenti, ed è finalizzato ad individuare e quantificare gli impatti attesi nei diversi comparti ambientali, a verificare l'idoneità delle modalità operative adottate e valutare l'efficacia delle eventuali misure correttive e/o di mitigazione introdotte.

In relazione ai risultati ottenuti, è possibile modificare la strategia adottata, sia in termini di semplificazione delle attività, sia in termini di una intensificazione dei controlli. Nel caso di eventi critici (*rottura di panne, perdite di materiale, eventi meteo-marini eccezionali*) devono essere eseguite attività di controllo aggiuntive rispetto a quelle previste regolarmente.

Il monitoraggio post operam, successivo alla conclusione delle attività di movimentazione, è necessario per verificare il ripristino delle condizioni chimico-fisiche iniziali (*ante operam*) o il raggiungimento di una condizione di equilibrio. Occorre inoltre verificare l'assenza di impatti sulle biocenosi sensibili e/o sulle specie di interesse conservazionistico.

A supporto di tutte le fasi del monitoraggio può essere applicata la modellistica numerica che rappresenta un valido strumento tramite il quale è possibile prevedere, secondo determinati scenari, il comportamento del sedimento movimentato e i relativi processi di dispersione e/o diffusione della contaminazione ad essi eventualmente associata. Tale strumento deve essere opportunamente implementato in funzione delle caratteristiche ambientali del sito e delle specifiche modalità operative individuate, e successivamente calibrato in corso d'opera mediante il monitoraggio stesso.

L'impiego della modellistica necessita di alcune importanti informazioni, quali la localizzazione dei recettori rispetto alle attività di movimentazione, i possibili percorsi tra sorgente e recettore, i parametri ai quali i recettori risultano sensibili. Inoltre è necessario raccogliere informazioni in merito alle caratteristiche granulometriche dei sedimenti ed alla batimetria dei fondali. Risulta altresì necessario raccogliere informazioni su dati meteo marini (*onde, vento, livello marino, correnti*) e dati chimico fisici della colonna d'acqua (*temperatura, salinità, torbidità, solidi sospesi*) al fine di implementare studi modellistici sia a piccola scala, caratteristici delle immediate vicinanze dell'area di intervento, che a media e larga scala, per avere una conoscenza completa delle caratteristiche idrodinamiche del sito e delle condizioni al contorno.

L'approccio modellistico può essere applicato sia in fase di progettazione del piano di monitoraggio, quindi prima dell'inizio dei lavori, utile per prevedere quali siano le aree e le finestre temporali critiche in relazione ai potenziali effetti attesi: esso costituisce un valido supporto per la pianificazione della strategia di monitoraggio e per la scelta dell'ubicazione e della frequenza di campionamento delle stazioni, ipotizzando diversi scenari.

L'applicazione della modellistica numerica durante le attività di movimentazione (applicazione in tempo reale) permette invece di intervenire in tempo reale in funzione dei risultati ottenuti nelle diverse fasi di monitoraggio e calibrare il modello: sarà così possibile

---

---

individuare le aree entro cui posizionare stazioni di misura della *plume* di torbida e aree in cui posizionare stazioni fisse di controllo per l'acquisizione di dati di background (*stazioni di bianco*).

Per una trattazione più approfondita sulla tematica della modellistica numerica, si rimanda ai Report relativi all'Azione T1 del progetto SEDRIPORT "T1.6.6 - Documento di sintesi della sperimentazione dell'applicazione modellistica all'interno di un bacino portuale pilota" e "T1.6.7 - Manuale applicativo per l'utilizzo, in ambito portuale, delle linee guida sull'utilizzo della modellistica numerica a supporto della pianificazione e gestione delle attività di dragaggio nelle diverse fasi di progettazione e monitoraggio".

### 3.1.1 Stazioni e frequenza di monitoraggio

Tutte le attività che riguardano la movimentazione dei sedimenti devono essere sottoposte a monitoraggio ambientale secondo il **principio di gradualità**: il numero delle stazioni e i parametri da monitorare nella colonna d'acqua, nel sedimento superficiale e nel biota devono essere commisurati alle caratteristiche dei materiali da sottoporre a movimentazione, alla durata e alle modalità operative degli specifici interventi, nonché alla presenza di eventuali recettori sensibili. Le stazioni di monitoraggio devono essere posizionate in modo tale da poter controllare i processi in corso ed i possibili impatti sull'ambiente circostante e sugli eventuali recettori sensibili presenti nell'area di influenza.

La strategia di monitoraggio deve pertanto prevedere un sistema integrato di stazioni fisse e mobili, in corrispondenza delle quali misurare le variazioni dei parametri chimico-fisici delle matrici acqua, sedimento e biota.

Le stazioni fisse vengono generalmente utilizzate per il posizionamento di strumenti per l'acquisizione in continuo dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua (tra cui la torbidità) e pertanto devono essere posizionate in punti funzionali alla comprensione dei processi in atto, come, ad esempio, nell'intorno dell'area di dragaggio e lungo la direttrice della corrente principale, così come in corrispondenza di obiettivi sensibili (impianti di acquacoltura, praterie di fanerogame, coralligeno...) che potrebbero essere interessati dalla diffusione della *plume* di torbida.

Le stazioni mobili devono essere posizionate sia in funzione della possibile estensione e andamento della *plume* di torbida, sia in funzione delle caratteristiche ambientali (idrodinamiche, fisiche, biologiche...) dell'area potenzialmente interessata dagli effetti della movimentazione.

L'ubicazione delle stazioni può essere inoltre funzionale all'acquisizione di dati utili alla calibrazione, in corso d'opera, dei modelli matematici eventualmente utilizzati per lo studio dei processi di trasporto, dispersione e/o risospensione.

La frequenza delle attività di monitoraggio deve essere definita sulla base della quantità e qualità del materiale da movimentare, della modalità adottata e della tempistica degli interventi e delle caratteristiche ambientali dell'area: deve essere maggiore nella fase iniziale ed in concomitanza di ogni nuova attività, per poi ridimensionarsi una volta comprese le dinamiche e le entità dei processi in corso.

Le attività di monitoraggio della fase *ante operam* devono essere avviate con sufficiente anticipo rispetto all'inizio delle attività di movimentazione ed il numero delle campagne di indagine deve essere rappresentativo delle condizioni meteorologiche medie dell'area.

Il numero delle campagne di indagine da eseguirsi *in corso d'opera* deve essere invece scelto in funzione della qualità dei sedimenti da movimentare, della tipologia di draga, delle

---

modalità operative prescelte (*produttività, cicli, durata, misure di mitigazione*) e dell'entità degli effetti attesi.

Infine il numero delle campagne di indagine da eseguirsi nella fase *post operam* deve essere scelto in funzione dell'entità degli impatti riscontrati e della tipologia di specie coinvolte, ma non deve comunque essere inferiore a 2.

### 3.1.2 Elementi da monitorare e strumentazione necessaria

Gli elementi da monitorare devono essere selezionati in funzione delle caratteristiche dei sedimenti da movimentare, delle caratteristiche delle aree di intervento, della tipologia di movimentazione prevista e relative modalità operative e della presenza di obiettivi sensibili.

Tali obiettivi sono rappresentati dai comparti abiotici e biotici degli ecosistemi acquatici presenti nelle aree interessate: un esempio è rappresentato da praterie di fanerogame marine ed in particolare di *Posidonia oceanica* e biocenosi del coralligeno e precoralligeno, impianti di acquacoltura, spiagge adibite a balneazione, SIC.

I possibili effetti sul comparto abiotico sono associati in genere all'aumento di torbidità dovuta alla risospensione dei sedimenti, alla mobilizzazione dei contaminanti associati alle particelle in sospensione, alla diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua e alla solubilizzazione di contaminanti in seguito al cambiamento delle condizioni chimico-fisiche del sedimento.

Le possibili conseguenze sul comparto biotico possono essere distinte in:

- impatti diretti di tipo fisico, causati dall'aumento della torbidità e della concentrazione di particelle di solidi in sospensione, che agiscono sulla diminuzione della penetrazione della luce e conseguentemente sull'attività fotosintetica, sull'intrappolamento e trascinarsi sul fondo (*flocculazione*), sull'aumento dell'attività di filtrazione da parte degli organismi filtratori, con conseguenti danni all'apparato respiratorio, disturbo alle aree di nursery;
- impatti indiretti, connessi con il trasporto e la diffusione dei contaminanti rimessi in circolo durante le attività di dragaggio che possono interessare il bioaccumulo dei contaminanti nei tessuti degli organismi marini, la biomagnificazione e possibile trasferimento nella catena trofica, la contaminazione microbiologica degli organismi marini e possibili alterazioni qualitative delle biocenosi sensibili.

In generale gli elementi da monitorare sono rappresentati da:

- le caratteristiche meteomarine e il regime correntometrico specifico delle aree oggetto del monitoraggio (*direzione ed intensità delle correnti*);
- le caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua (*conducibilità, temperatura, pressione, pH, potenziale redox, concentrazione di ossigeno disciolto, concentrazione di nutrienti, clorofilla «a»*);
- i livelli di torbidità *in situ* e la concentrazione di solidi sospesi in colonna d'acqua;
- la concentrazione dei contaminanti significativi sui diversi componenti della colonna d'acqua (*tal quale, particellato, disciolto*);
- eventualmente, la concentrazione dei contaminanti nei sedimenti superficiali tramite analisi chimiche dei parametri risultati più critici nella fase di caratterizzazione;
- la concentrazione dei contaminanti biodisponibili nei tessuti di organismi bioindicatori, selezionati in funzione delle caratteristiche ambientali dell'area di intervento, da

---

abbinare eventualmente all'analisi di biomarkers per la valutazione precoce degli effetti;

- la struttura delle biocenosi bentoniche sensibili e/o di elevato pregio naturalistico potenzialmente influenzate dalle attività di movimentazione.

Per l'intera durata delle attività di movimentazione dei sedimenti, devono essere acquisite informazioni relative alle condizioni meteo-marine e parametri idrografici in corrispondenza di stazioni mareografiche, meteorologiche e idrografiche di riferimento. Inoltre devono essere acquisiti tutti i dati operativi delle attività di movimentazione (*area di lavoro, cicli di lavoro, modalità specifiche, attuazione di misure di mitigazione, eventi particolari*) e le informazioni relative al traffico navale.

La strumentazione necessaria da utilizzare è strettamente legata alle caratteristiche degli elementi da monitorare:

- le misure di intensità e direzione delle correnti possono essere rilevate mediante l'uso di *correntometri puntuali o profilatori*, da utilizzare nel corso delle campagne di indagine e/o in corrispondenza di stazioni fisse di monitoraggio, in modalità di registrazione autonoma;
- il prelievo di campioni d'acqua, da effettuarsi sempre in condizioni di equilibrio, deve essere effettuato utilizzando un opportuno campionatore (bottiglie tipo Niskin, Ruttner, Van Dorn) e nel caso di prelievi a più profondità è consigliabile l'utilizzo del campionatore tipo Rosette;
- per l'acquisizione dei principali parametri chimico-fisici della colonna d'acqua possono essere utilizzate *sonde multiparametriche*, nel corso delle campagne di indagine e/o in corrispondenza di stazioni fisse di monitoraggio, in modalità di registrazione autonoma, su cui può essere installato anche il sensore ottico per la lettura della torbidità. L'acquisizione dei dati deve avvenire una volta raggiunta la condizione di equilibrio. Nel caso di acquisizione lungo verticali di indagine, la velocità di discesa della sonda deve essere adeguata alle impostazioni strumentali di acquisizione dei dati, alla profondità di indagine ed alla variabilità dei processi in corso. Nel caso di utilizzo di più unità, occorre adottare la medesima tipologia di strumento;
- la determinazione dei nutrienti può essere effettuata anche mediante analisi di laboratorio su campioni d'acqua, così come la determinazione della clorofilla «a»;
- per il rilevamento della torbidità possono essere utilizzati sensori ottici (*trasmissometri o nefelometri*), opportunamente calibrati, in grado di fornire una lettura diretta *in situ*, e conseguentemente, una stima indicativa della concentrazione di solidi sospesi in colonna d'acqua. Per la stima indiretta dei solidi sospesi possono essere anche utilizzati profilatori di corrente del tipo ADCP, che consentono l'acquisizione di dati istantanei e continui lungo l'intero battente idrico, da abbinare sempre a prelievi periodici di campioni d'acqua per la determinazione analitica dei solidi sospesi e, eventualmente, all'utilizzo di sensori ottici;
- per il prelievo dei sedimenti a livello superficiale può essere utilizzata una benna o un box corer. La benna viene utilizzata anche per il prelievo di sedimento per l'analisi delle comunità macrozoobentoniche;
- il prelievo degli organismi bioindicatori può essere effettuato per mezzo di un operatore subacqueo. Nel caso di utilizzo di organismi trapiantati devono essere utilizzate gabbie opportunamente ancorate al fondo e segnalate. Gli organismi

---

bioindicatori possono essere selezionati tra organismi filtratori naturali, trapiantati o presenti in impianti di maricoltura, ed organismi bentonici, nectobentonici stanziali nell'area o presenti in impianti di maricoltura. Il campionamento delle specie nectobentoniche può essere effettuato mediante l'utilizzo di attrezzi appositamente predisposti per finalità scientifiche;

- le alterazioni biocenotiche nell'area di intervento possono essere determinate anche mediante videoriprese con operatore subacqueo o ROV (Remotely Operated Vehicle);
- la morfologia del substrato di *Posidonia oceanica* viene indagata utilizzando dati acustici ottenuti mediante l'impiego di di ecoscandaglio multi fascio (*Multibeam*) e sonar a scansione laterale (*Side Scan Sonar*): il risultato sono mappe tridimensionale molto accurate. Viene anche impiegato il ROV tramite il quale si ottengono immagini e video di dettaglio. La calibrazione della strumentazione deve essere effettuata prima di ogni campagna di indagine, o periodicamente nel caso di utilizzo in modalità di registrazione autonoma.

Ogni attività eseguita in fase di monitoraggio deve essere riportata su apposite schede che devono descrivere le modalità operative e le caratteristiche ambientali dell'area.

Le schede inoltre devono riportare le informazioni relative alle stazioni di campionamento e all'acquisizione dei dati come la denominazione della stazione, le coordinate geografiche rilevate tramite GPS differenziale, la profondità del fondale, la data e l'ora dell'indagine, la tipologia di indagine e le informazioni tecniche, la denominazione dei campioni prelevati e dei files acquisiti, le note generali.

### 3.2 Monitoraggio per attività di trasporto

I potenziali effetti ambientali legati al trasporto di materiale dragato sull'ecosistema marino-costiero sono principalmente connessi a rilasci o perdite di materiale con conseguente aumento della torbidità delle acque e alla dispersione e/o diffusione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti.

Come indicato nel DM 172/2016 e nel DM 173/2016, qualora sussistano rischi di "sversamenti" di materiale lungo i tragitti stabiliti, è necessario prevedere un monitoraggio ambientale, ponendo particolare attenzione alla presenza di habitat e specie di interesse conservazionistico (*praterie di Posidonia oceanica, coralligeno, beach rocks, ecc.*), nonché di aree destinate ad attività di acquacoltura.

Oltre alla verifica delle caratteristiche del materiale dragato, delle condizioni idrodinamiche lungo il percorso previsto per il trasporto, dei sistemi di trasporto prescelti (*meccanico o idraulico*), delle eventuali misure di mitigazione e/o contenimento previste, della presenza lungo il percorso di condotte, di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette, nella definizione del piano di monitoraggio devono essere tenuti in considerazione i seguenti fattori:

- caratteristiche meteomarine e regime correntometrico;
- caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua;
- livelli di torbidità *in situ* e concentrazione di solidi sospesi in colonna d'acqua;
- concentrazioni di contaminanti significativi, emersi in fase di caratterizzazione, eventualmente presenti in colonna d'acqua o in associazione ai solidi sospesi.

---

### 3.3 Monitoraggio delle attività di ripascimento

Il monitoraggio delle attività di ripascimento di spiaggia emersa e/o sommersa, formazione di terreni costieri e immersione in ambiente acquatico deve tener conto dei potenziali impatti che tale attività può determinare sull'ecosistema marino-costiero, principalmente connessi con: la variazione della morfologia e della batimetria dei fondali, l'aumento della torbidità delle acque nell'area di intervento e nelle aree limitrofe, la diminuzione temporanea del livello di ossigeno disciolto e la variazione della concentrazione dei nutrienti in colonna d'acqua.

Per la valutazione degli impatti attesi sull'ecosistema marino-costiero, il piano di monitoraggio deve tenere conto delle caratteristiche fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche del materiale dragato, delle caratteristiche morfo-batimetriche ed idrodinamiche dell'area di intervento, degli obiettivi del progetto di dragaggio, della tipologia dei sistemi prescelti per la realizzazione dell'intervento, delle eventuali misure di mitigazione previste e della presenza di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette.

Il monitoraggio deve essere commisurato ai volumi ed alla qualità del materiale movimentato, nonché alle caratteristiche dell'area ricevente.

Mentre per i piccoli interventi fuori dai SIN non sono richieste specifiche attività di monitoraggio, nel caso di interventi di media entità (tra i 5.000 ed i 40.000 m<sup>3</sup>) e di notevole entità (superiori ai 40.000 m<sup>3</sup>) deve essere previsto uno specifico piano di monitoraggio con controlli relativi alle caratteristiche dei sedimenti superficiali dell'area di ripascimento e delle aree limitrofe, ai livelli di torbidità delle acque delle aree limitrofe e controlli dei principali popolamenti fito-zoobentonici.

Nel caso di interventi di notevole entità inoltre devono essere effettuate anche analisi della struttura delle comunità presenti nel sito di ripascimento e nell'area circostante, ponendo particolare attenzione alla eventuale presenza di *Posidonia oceanica* e/o recettori sensibili.

Inoltre il monitoraggio deve comprendere misure di bioaccumulo in organismi indicatori rappresentativi del comparto sedimenti e/o della colonna d'acqua, e/o prove con accumulatori passivi.

Infine, qualora nel raggio di 3 miglia nautiche dal sito di destinazione siano presenti impianti di acquacoltura, devono essere previste, da parte delle autorità sanitarie locali secondo la normativa vigente, attività di monitoraggio per il controllo degli organismi destinati all'alimentazione umana.

### 3.4 Monitoraggio delle attività di immersione in aree marine (oltre le 3 mn dalla costa)

Le operazioni di immersione in mare dei materiali di escavo devono avvenire attuando un monitoraggio ambientale che ponga particolare attenzione alle vie di eventuale dispersione verso le zone costiere o di particolare valenza ambientale (presenza/distribuzione di habitat e specie di interesse conservazionistico quali praterie di fanerogame marine, coralligeno, beach rocks, etc..).

Le attività di controllo e l'ubicazione delle stazioni di monitoraggio devono essere progettate in funzione delle volumetrie e delle caratteristiche dei sedimenti che devono essere immersi in mare, delle caratteristiche idrodinamiche dell'area, delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua, delle caratteristiche del fondale e dei sedimenti superficiali (granulometria, chimica, ecotossicità), nonché della distanza dalla costa e della profondità del sito di immersione.

---

Il piano di monitoraggio deve inoltre essere calibrato in funzione dell'eventuale presenza di biocenosi bentoniche, habitat e specie di interesse conservazionistico, popolazioni ittiche demersali e aree di nursery, con particolare riferimento a specie di interesse commerciale.

### **3.5 Monitoraggio delle attività di immersione in ambiente conterminato**

Il monitoraggio delle attività di reflimento del materiale dragato all'interno di vasche di colmata, vasche di raccolta o strutture di contenimento poste in ambito costiero deve essere volto principalmente al controllo dell'assenza di perdite accidentali durante il riempimento della struttura ed al controllo dell'effluente dalla struttura stessa, con conseguente: aumento della torbidità delle acque nell'intorno dell'area di reflimento e di quella di efflusso; dispersione e/o diffusione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti dragati.

Per la valutazione degli impatti attesi sull'ecosistema marino-costiero, il piano di monitoraggio deve considerare: le caratteristiche fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche del materiale dragato; le caratteristiche morfo-batimetriche ed idrodinamiche dell'area circostante la vasca di colmata, vasca di raccolta o struttura di contenimento; gli obiettivi del progetto di dragaggio; le caratteristiche progettuali dell'opera di contenimento; la tipologia dei sistemi di reflimento prescelti; le eventuali misure di mitigazione previste; la presenza di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette.

In funzione di quanto sopra esposto pertanto il piano di monitoraggio può prevedere il controllo dei seguenti elementi: caratteristiche meteomarine e regime correntometrico (direzione ed intensità delle correnti); caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua; livelli di torbidità in situ e concentrazione di solidi sospesi in colonna d'acqua; concentrazioni di eventuali contaminanti significativi, emersi in fase di caratterizzazione, presenti in colonna d'acqua e/o in associazione ai solidi sospesi.

Nella strategia di monitoraggio una stazione «fissa» deve essere posizionata in prossimità dell'area di efflusso dalla vasca.

## **4 Questionario**

Come riportato nella premessa, il questionario sottomesso aveva come obiettivo il censimento dei sistemi di monitoraggio utilizzati da diverse realtà portuali in area transfrontaliera.

Il questionario è stato strutturato in diverse sezioni contenenti specifici quesiti formulati con l'intento di raccogliere tutte le informazioni utili ad inquadrare sia la tipologia di monitoraggio, sia le diverse matrici interessate dalle attività di controllo ed analisi.

Preliminarmente alla compilazione delle schede è stato richiesto di fornire una breve descrizione delle caratteristiche del porto e delle attività di movimentazione avvenute e/o previste al fine di avere un inquadramento generale dell'area.

Nella prima sezione del questionario sono state richieste informazioni in merito a sistemi di monitoraggio adottati in assenza di movimentazione di sedimenti. Sulla base di conoscenze pregresse è stato richiesto alle Autorità Portuali di fornire informazioni circa possibili attività di monitoraggio della colonna d'acqua e dei sedimenti anche in assenza di dragaggi.

Le relative schede da compilare sono state strutturate in modo da distinguere il monitoraggio in continuo della colonna d'acqua da attività di monitoraggio periodiche non solo sulla colonna d'acqua, ma anche sui sedimenti e sul biota.

---

Per ciascuna matrice è stato chiesto di specificare i parametri indagati, gli strumenti utilizzati, le frequenze di monitoraggio ed il numero e la posizione delle stazioni. Sia per la colonna d'acqua che per i sedimenti è stato chiesto se fossero stati effettuati saggi ecotossicologici, riportandone le relative specifiche.

Infine sono state poste domande in merito a possibili indagini condotte sul comparto biotico (analisi delle comunità bentoniche, prove di bioaccumulo su organismi indicatori, test sui biomarkers).

Nella seconda sezione sono state richieste informazioni relative ai monitoraggi attuati durante le attività di dragaggio e/o contestualmente alle operazioni di immersione in mare, ripascimento, immersione in vasca.

Al fine di avere un inquadramento generale delle attività di movimentazione e della loro esecuzione è stato richiesto, in via preliminare, di indicare la tipologia di attività messa in atto, sia essa un dragaggio, uno spostamento, un livellamento e le volumetrie interessate. Inoltre è stato chiesto di specificare se e da chi è stato predisposto ed attuato il piano di monitoraggio, se sia stata utilizzata la modellistica numerica come supporto alla stesura e/o all'esecuzione del piano, che tipo di analisi sono state eseguite, con quale modalità e da quale ente. Infine se sia stato previsto e predisposto un sistema di archiviazione e gestione dei dati raccolti.

Anche in questo caso sono state richieste informazioni relative alle indagini sulla colonna d'acqua, sui sedimenti e sul biota (vedi paragrafi precedenti).

Per ciascuna matrice e parametro indagato è stato richiesto di specificare sia gli strumenti utilizzati che le metodiche applicate, distinguendo le fasi *ante operam*, in corso d'opera e *post operam*.

A completamento del quadro conoscitivo delle aree portuali è stato richiesto di fornire informazioni relative a tutte le altre attività eventualmente eseguite all'interno delle aree (immersione in mare, ripascimento o refluitamento in vasca di colmata). Analogamente ai casi precedenti sono state richieste tutte le relative informazioni inerenti tali attività (monitoraggio periodico della colonna d'acqua, dei sedimenti e del biota).

Il questionario è stato inviato alle Autorità Portuali di Genova, La Spezia, Livorno, Cagliari, Olbia e ai Comuni di Castiglione della Pescaia e Port Grimaud e a al gestore privato della Marina di Scarlino

Dalle risposte pervenute è stato possibile verificare che gli unici porti dove sono state condotte attività di monitoraggio sono quelli liguri di Genova e La Spezia ed il porto di Livorno.

I questionari acquisiti, riportati in allegato, sono stati visionati allo scopo di comprendere i diversi approcci utilizzati in funzione delle caratteristiche dell'area.

Da ciascun questionario sono state estratte le principali informazioni che hanno permesso di evidenziare come la strategia di monitoraggio sia stata calibrata in relazione alla presenza o meno di obiettivi sensibili, alle modalità di dragaggio impiegate ed alle caratteristiche dei sedimenti movimentati.

Di seguito si riporta, per ciascun porto, un breve commento sulle caratteristiche del sito e sul relativo piano di monitoraggio adottato.



---

## 4.1 Porto di Genova

Il Porto di Genova rappresenta una delle principali realtà portuali del Mar Mediterraneo, sia per quanto riguarda i traffici marittimi, europei e intercontinentali, sia come naturale sbocco a mare della zona più industrializzata del nord Italia, trovandosi in posizione ideale per asservire l'apparato industriale ed i mercati di consumo centro-europei.

Il porto occupa una superficie complessiva pari a circa 7 milioni di m<sup>2</sup> e si estende per 20 km lungo una fascia costiera, protetta da dighe foranee.

L'Autorità Portuale di Genova ha progettato ed attuato, nell'ambito del Piano Regolatore del Porto, diversi interventi:

- attività di escavo relative ai bacini di Sampierdarena e del Porto Antico, unitamente all'area dell'imboccatura di levante fino al bacino delle Grazie;
- realizzazione di una cassa di colmata in corrispondenza della Calata Bettolo;
- realizzazione di una cassa di colmata in corrispondenza dei ponti Ronco e Canepa.

In conseguenza dei risultati della caratterizzazione, che hanno evidenziato la presenza di numerosi contaminanti con livelli pericolosi per l'ambiente acquatico, è stato riscontrato un rischio potenziale connesso alla movimentazione della frazione sedimentaria più sottile e alla diffusione e dispersione dei contaminanti ad essa associata.

La strategia e relativo piano di monitoraggio progettato e redatto da ICRAM (oggi ISPRA) nel 2007 per il porto di Genova è stata posta in atto con lo scopo di verificare eventuali effetti indesiderati sull'ambiente circostante determinati dalla movimentazione di sedimenti in cui erano presenti contaminanti sia organici che inorganici.

L'obiettivo del piano di monitoraggio è stato quello di verificare che non vi fossero fuoriuscite di sedimento e di contaminanti ad esso associati dall'area portuale e che non venissero raggiunte le aree adibite a balneazione prossime al porto (tratto di litorale compreso tra Punta Vagno e Sturla), nonché la piccola prateria di *Posidonia oceanica* presente sui fondali a circa 2 km dall'imboccatura di levante (Prateria di Vernazzola).

In considerazione di ciò, sebbene la direzione prevalente delle correnti litoranee in tale area sia SE-NW, è stato previsto un monitoraggio specifico sia per le aree balneabili che per la prateria di *Posidonia*.

Inoltre, la frequenza e le stazioni di monitoraggio sono state stabilite in funzione di controlli nel breve e nel lungo periodo.

Particolare attenzione è stata rivolta all'area del Porto Antico che, essendo caratterizzata da uno scarso ricambio idrico e dalla presenza di numerosi scarichi civili, potrebbe essere oggetto di un aumento dei fenomeni di eutrofizzazione, anossia e distrofia proprio a causa delle attività di movimentazione dei sedimenti.

Il sistema di monitoraggio impostato sull'area del porto di Genova ha previsto differenti livelli di controllo:

- monitoraggio specifico alla scala "dell'evento" di movimentazione (escavo o refluentamento) attraverso l'utilizzo di stazioni mobili opportunamente posizionate, allo scopo di individuare e delimitare tutti i fenomeni potenzialmente indotti dalle attività di movimentazione. In particolare è stato previsto l'utilizzo di una sonda multiparametrica per l'acquisizione in tempo reale dei parametri descrittivi delle condizioni fisiche della colonna d'acqua. È stato previsto l'impiego di organismi filtratori (*molluschi bivalvi*) collocati in gabbie al fine di controllare la potenziale diffusione dei contaminanti e la loro biodisponibilità;

- 
- monitoraggio dell'intera area portuale effettuato con cadenza regolare nelle aree limitrofe ed esterne al porto, mediante impiego di stazioni fisse e mobili opportunamente distribuite, allo scopo di monitorare la variabilità nel tempo dei parametri ambientali di interesse;
  - monitoraggio in continuo mediante stazioni fisse equipaggiate con sonda multiparametrica e profilatore acustico di corrente (ADCP) in modalità di registrazione autonoma ubicate in corrispondenza delle bocche di porto. I profilatori oltre che consentire la lettura di direzione e velocità di corrente in modo continuo ed istantaneo lungo tutta la colonna d'acqua, possono essere utilizzati anche per la lettura del quantitativo di materiale sospeso e trasportato dalla corrente. Nel caso specifico del porto di Genova questo sistema di controllo si è rivelato di fondamentale importanza visto che la dinamica delle correnti all'interno dell'area può essere influenzata oltre che dalla particolare geomorfologia e dalle condizioni di vento e di marea, anche e soprattutto dalle condizioni di traffico navale. A tal riguardo, l'Università di Genova ha condotto uno specifico studio per valutare la risospensione del sedimento al passaggio delle navi. Il lavoro, condotto prima dell'inizio del dragaggio, ha permesso di definire le caratteristiche dell'area oggetto di dragaggio e di determinare i valori critici di torbidità e velocità di corrente durante la movimentazione. Per la particolare conformazione del porto il posizionamento delle sonde alle bocche di porto è stato utile anche ad acquisire misure relative al bilancio di massa dei sedimenti entranti e uscenti dal porto.

In allegato 1 vengono riportate nel dettaglio le attività di monitoraggio realizzate nel porto di Genova.

#### **4.2 Porto di La Spezia**

Il Porto della Spezia rappresenta una delle realtà economiche più significative presenti sul territorio ligure, con circa 8.000 addetti occupati nei vari settori del porto mercantile, della cantieristica e del diporto nautico. Una posizione geografica strategica e la riconosciuta capacità operativa dimostrata con oltre un milione di contenitori movimentati annualmente, collocano La Spezia in primo piano tra i porti leader nel bacino del Mediterraneo, con forti prospettive di crescita e di sviluppo al servizio dei mercati interni di produzione e consumo del nord Italia e del sud Europa.

L'Autorità Portuale della Spezia ha presentato nel 2005 una serie di progetti di bonifica con la duplice finalità di realizzare la messa in sicurezza/bonifica dei sedimenti di alcune aree e di consentire l'accesso alle banchine portuali di navi porta container, carboniere e da crociera, di pescaggio e dimensioni sempre maggiori che sono stati autorizzati con specifici decreti del Ministero dell'Ambiente nel febbraio 2006.

Tali progetti interessavano le seguenti aree:

- fondali antistanti il Terminal Ravano;
  - fondali a radice del Molo Fornelli Est;
  - fondali del Bacino di Evoluzione;
  - fondali del Molo Italia;
  - fondali esterni al palancolato del Molo Garibaldi;
  - fondale compreso nel banchinamento del Molo Garibaldi Ovest- I fase;
  - fondale compreso nel banchinamento del Molo Garibaldi Ovest- II fase;
  - Molo Enel.
-

---

Nel corso di oltre 10 anni, Autorità Portuale ha avviato e concluso parte dei progetti secondo le tempistiche di seguito riportate:

- bonifica con interventi di Messa in Sicurezza di emergenza dei fondali antistanti il **Molo Garibaldi**, interessati da successivo banchinamento (periodo di attività da ottobre 2005 a luglio 2006 per un totale di circa 20.000 m<sup>3</sup>)
- bonifica dei fondali antistanti il **Terminal Ravano** (periodo di attività da luglio 2007 ad ottobre 2010, concentrato principalmente da giugno a ottobre 2009, per un totale di circa 115.000 m<sup>3</sup> di sedimento asportati)
- bonifica dei fondali del **Bacino di Evoluzione** (periodo di attività da novembre 2013 a maggio 2014, per un totale di circa 215.000 m<sup>3</sup> di sedimento asportati)
- bonifica dei fondali antistanti il banchinamento del **Molo Garibaldi** (periodo di attività da dicembre 2014 a giugno 2015 per un totale di circa 210.000 m<sup>3</sup> di sedimento asportati preceduta da una prima fase di attività eseguita nei mesi di febbraio e marzo 2013 per un totale di circa 15.000 m<sup>3</sup> di sedimento asportato)
- bonifica dei fondali antistanti il **Molo Fornelli Est** (periodo di attività da settembre 2015 a dicembre 2015 per un totale di circa 110000 m<sup>3</sup>, preceduta da una prima limitata fase di attività eseguita nel mese di novembre 2011). Le attività sono state sospese nel mese di gennaio 2016 a causa di un sequestro giudiziario dei fondali dell'area.

In aggiunta ai progetti approvati e realizzati, nel dicembre 2014 è stato eseguito il dragaggio di una porzione di fondale adiacente il Molo Fornelli Ovest, per un totale di circa 10.000 m<sup>3</sup> di sedimento asportato.

Nel corso degli anni inoltre sono stati eseguiti alcuni interventi di messa in sicurezza/bonifica dei fondali a cura di soggetti privati, tra cui il principale a cura di ITN, eseguito sui sedimenti dei fondali antistanti il Molo Mirabello (periodo di attività da agosto 2008 a maggio 2009 per un totale di circa 80.000 m<sup>3</sup> di sedimento rimosso).

Dalla fine del 2015 Autorità Portuale non ha più effettuato attività di dragaggio. Rimangono pertanto da completare alcune aree in prossimità della testata del Molo Garibaldi, dei fondali del Molo Fornelli ed effettuare gli interventi previsti sui fondali antistanti il Molo Italia ed il Molo Enel.

I sedimenti derivanti dalle attività di dragaggio dei fondali del Molo Ravano sono stati inizialmente trasferiti ad impianti di discarica transfrontalieri ed in seguito, in parte trasferiti e riutilizzati in vasca di colmata presso il porticciolo turistico Mirabello della Spezia sulla base dell'accordo tra Autorità Portuale ed ITN SpA), in parte trasferiti presso la vasca di colmata nel Porto di Livorno in base all'Accordo di Programma siglato nel mese di Novembre 2008. I sedimenti derivanti dal dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione, del Molo Garibaldi e del Molo Fornelli Est sono stati trasferiti via mare e refluiti nella vasca di colmata del porto di Piombino. I sedimenti non aventi caratteristiche idonee per essere riutilizzati sono stati trasferiti ad impianti di discarica nazionali.

Per ciascun progetto di bonifica sono stati redatti specifici piani di monitoraggio desunti dai piani approvati dalle conferenze dei servizi relative ai dragaggi programmati ed autorizzati per il SIN di Pitelli. Tali piani prevedevano l'esecuzione di analisi sia sul comparto abiotico (colonna d'acqua) che sul comparto biotico (organismi degli impianti di mitilicoltura e ittiicoltura e biocenosi sensibili).

Le attività di monitoraggio del comparto abiotico prevedevano:

- l'acquisizione in continuo dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua (profondità, torbidità, temperatura, potenziale redox, pH, salinità, ossigeno disciolto, Clorofilla a) mediante l'impiego di 2 sonde multiparametriche posizionate su boe fisse, a circa 4 m di profondità, presso gli impianti di mitilicoltura interni alla diga ponente ed in prossimità dell'impianto di ittiocoltura delle Grazie;
- l'esecuzione di profili verticali con sonda multiparametrica in stazioni ubicate internamente al Golfo per l'acquisizione dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua (profondità, torbidità, temperatura, potenziale redox, pH, salinità, ossigeno disciolto, Clorofilla a);
- il prelievo di campioni d'acqua a due profondità (superficiale: a due metri di profondità e profondo: a 2 m dal fondale) per la determinazione dei parametri: Solidi in sospensione (TSS), Carbonio organico totale (TOC), Nutrienti (Nitriti, Nitrati, Ortofosfati, Ammoniaca, Fosforo totale), alcuni parametri microbiologici di interesse (coliformi fecali, streptococchi fecali, spore di clostridi solfitoriduttori) ed alcuni parametri chimici di interesse sul particolato, nel caso in cui fossero riscontrate concentrazioni significative di solidi in sospensione (As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, PCB, IPA, TBT).

Il monitoraggio del comparto biotico prevedeva:

- l'esecuzione integrata di saggi biologici su campioni d'acqua a due profondità nelle stesse stazioni dove veniva effettuato il prelievo dei campioni d'acqua per l'esecuzione delle analisi chimiche e microbiologiche;
- l'esecuzione di prove di bioaccumulo per la ricerca di alcuni contaminanti (As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, PCB, IPA, Idrocarburi C>12, TBT) sui mitili degli impianti interni ed esterni alla diga foranea, nonché dagli impianti lungo il Canale di Portovenere;
- l'esecuzione di prove di bioaccumulo ed analisi dei biomarkers sui pesci prelevati dall'impianto di ittiocoltura delle Grazie e dall'impianto al largo del comune di Lavagna utilizzato come controllo;
- l'esecuzione di indagini microbiologiche sugli organismi degli impianti di mitilicoltura e ittiocoltura su alcuni parametri ritenuti significativi dal punto di vista sanitario;
- l'esecuzione di transetti mediante ROV per il controllo qualitativo periodico dei popolamenti sensibili (*popolamenti del precoralligeno o coralligeno e praterie di Posidonia oceanica*) in aree circostanti il Golfo di La Spezia, al fine di evidenziare la presenza di eventuali alterazioni macroscopiche a carico delle specie sessili dovute ad un aumento di torbidità e al loro possibile infangamento.

Il piano di monitoraggio è stato attuato grazie alla collaborazione di ISPRA (allora ICRAM) ARPA Liguria, ISS e ASL 5 Spezzina e ha subito nel corso degli anni diverse revisioni e adattamenti in funzione delle diverse attività di dragaggio e movimentazione attuate.

A partire dal 2010 le attività di campo sono rimaste in carico solo ad ARPAL.

Per la definizione delle stazioni di monitoraggio è stata creata, mediante l'impiego di sistemi GIS, una maglia di punti, distanti 500 m l'uno dall'altro, da cui selezionare le stazioni per il prelievo dei campioni d'acqua destinati alle analisi chimiche ed ecotossicologiche, le stazioni per l'esecuzione dei profili verticali con sonda multiparametrica, le stazioni per il prelievo dei mitili e l'esecuzione di prove di bioaccumulo e le stazioni per il prelievo pesci per le analisi sui biomarkers e di bioaccumulo (di cui una presso l'impianto ubicato al largo del comune di Lavagna utilizzato come controllo). Alle stazioni puntuali sono stati infine aggiunti 3 transetti per l'esecuzione di indagini qualitative sugli ecosistemi sensibili mediante

---

R.O.V. (*Prateria di Posidonia oceanica lungo il canale di Portovenere e biocenosi del precoralligeno e coralligeno lungo le falesie delle isole del Tino e del Tinetto*).

Per l'attuazione dei piani di monitoraggio delle diverse aree sottoposte a bonifica sono stati redatti specifici Schemi Attuativi in cui sono state definite le stazioni di monitoraggio, le analisi da effettuare e le relative frequenze di indagine.

Il sistema di monitoraggio integrato composto da stazioni fisse e mobili ha consentito da un lato il controllo costante degli obiettivi sensibili, dall'altro il controllo dell'estensione degli effetti generati dalle attività di movimentazione.

In allegato 2 vengono riportate nel dettaglio le attività di monitoraggio realizzate nel porto di La Spezia.

### 4.3 Porto di Livorno

Il porto di Livorno ha a disposizione una superficie marina interna alle dighe foranee pari a circa 3 Mm<sup>2</sup>.

Il porto è classificato come Core all'interno delle reti transeuropee di trasporto (TEN-T), è uno scalo polivalente, dotato cioè di infrastrutture e mezzi che consentono di accogliere qualsiasi tipo di nave e di movimentare qualsiasi categoria merceologica ed ogni tipologia di traffico (LO-LO, rotabile RO-RO, rinfuse liquide e solide, auto nuove, crociere, ferries, prodotti forestali, macchinari, ecc.). La dotazione infrastrutturale del Porto permette la connessione alle principali arterie stradali e ferroviarie nazionali ed alle zone aeroportuali di Pisa e Firenze. Grazie al suo hinterland piuttosto ampio, formato principalmente da Toscana, Emilia Romagna, Umbria e Marche, molto attivo dal punto di vista imprenditoriale ed industriale, il Porto di Livorno movimentata un elevato quantitativo di merci. All'interno del porto transitano navi passeggeri e commerciali, per un totale di circa 4.000 mezzi marittimi.

Il porto ha batimetrie interne particolarmente variegata: dai -7/-10 m, proprie di aree con strutture portuali costruite all'inizio del XX secolo, ai -13 m per le aree più nuove.

Ai fini di migliorare il transito delle navi, nel corso anni sono stati movimentati circa 2 Mm<sup>3</sup> di sedimenti, i quali, successivamente ad una specifica caratterizzazione, sono stati collocati nell'area di colmata esistenti in area portuale.

Nel dettaglio sono state effettuate le seguenti attività di movimentazione:

- dragaggio **Canale di Accesso e Darsena Pisa** e conferimento in vasca di colmata dei sedimenti del porto di Livorno 2007;
- dragaggio **Molo Italia lato Nord** (ca. 430.000 m<sup>3</sup>) 2014/2015;
- dragaggio della **Banchina del Marzocco** (I fase, ca. 70.000 m<sup>3</sup>) 2015;
- dragaggio della **Darsena Toscana** (intervento preliminare accosti 15 C/D ca. 2.000 m<sup>3</sup>) 2015;
- dragaggio della **Darsena Toscana** (intervento preliminare accosto 15 B, ca. 5.000 m<sup>3</sup>) 2015;
- dragaggio della **Darsena Toscana e del Bacino di Evoluzione** (ca. 700.000 m<sup>3</sup>) 2016;
- dragaggio dell'**Imboccatura Sud** del porto (ca. 125.000 m<sup>3</sup>) 2017.

Diversamente dai porti precedenti, che hanno realizzato un sistema di monitoraggio completo e costante negli anni, nel caso del porto di Livorno non è stata definita un'unica strategia di monitoraggio, ma sono stati progettati ed attuati piani diversi, specifici per ogni singola attività di movimentazione.

---

Il “Piano di monitoraggio delle attività di dragaggio e conferimento in vasca di colmata dei sedimenti del porto di Livorno (Canale di Accesso e Darsena Pisa)”, definito nell’agosto 2007, prevedeva un sistema di stazioni fisse che hanno consentito di controllare costantemente gli effetti dovuti alle attività di dragaggio, trasporto e deposizione dei materiali dragati, attraverso un monitoraggio biologico della colonna d’acqua e sui sedimenti superficiali. Le stazioni fisse sono state posizionate sia presso l’area oggetto di dragaggio, sia in prossimità della vasca di refluentamento. Inoltre è stato previsto l’impiego di mitili per la misura del bioaccumulo di alcuni contaminanti e la ricerca di biomarkers.

Il “Piano di monitoraggio ambientale relativo ai lavori di escavo della Zona Faro dell’imboccatura Sud del Porto di Livorno” (Agosto 2013) prevedeva l’esecuzione di stazioni di controllo nella zona oggetto di dragaggio e nella parte più esterna del porto. In corrispondenza di tali stazioni sono stati misurati i parametri chimico-fisici delle acque mediante sonda multiparametrica, è stata effettuata la stima dei solidi sospesi e sono stati eseguiti i test ecotossicologici sui campioni d’acqua nelle fasi *ante operam*, in corso d’opera e al termine delle operazioni di dragaggio.

Il “Piano di monitoraggio per la gestione dei sedimenti negli ambiti portuali compresi nei siti di Interesse Nazionale di Pitelli – La Spezia e Livorno” è stato redatto con l’obiettivo di controllare le operazioni di refluentamento di sedimenti all’interno della vasca di colmata. Pertanto è stato previsto un sistema di monitoraggio localizzato nel tratto di mare antistante la banchina di attracco e scarico dei sedimenti ed in prossimità della vasca di colmata per il controllo dell’effluente. È stato pertanto eseguito il controllo della colonna d’acqua tramite prove di bioaccumulo, analisi di biomarkers ed esecuzione di saggi biologici sulla colonna d’acqua.

A partire dalla fine degli anni novanta l’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, allora ICRAM) è stato coinvolto nel monitoraggio ambientale delle attività di movimentazione dei fondali nel porto di Livorno e in seguito alla costruzione delle vasche di contenimento le indagini ambientali sono state estese all’esterno del porto per monitorare le fasi di costruzione e la successiva gestione dei bacini per il conferimento di sedimenti derivanti da attività di dragaggio in diverse aree portuali. In particolare, la qualità delle acque e dei sedimenti del porto e dell’area limitrofa è stata valutata sia durante le fasi di costruzione della prima vasca (2000), nel corso del monitoraggio del suo utilizzo (2003-2008), e del monitoraggio relativo alla seconda vasca di contenimento, svoltosi dal 2012 al 2017. Le indagini condotte hanno compreso saggi biologici, l’analisi dei parametri fisici, del bioaccumulo su organismi marini, dei biomarkers e della composizione del popolamento bentonico presente nelle aree limitrofe a quelle interessate dalla costruzione dei bacini.

In occasione di attività di dragaggio di tipo idraulico (*draghe aspiranti/refluenti che allontanano mediante pompaggio il materiale rimosso miscelato con l’acqua*) che prevedevano il refluentamento dei sedimenti nelle vasche di colmata mediante tubazioni o per trasporto diretto ad opera di draghe dotate di pozzo di carico o tramite bette di appoggio, sono state eseguite da ISPRA specifiche attività di monitoraggio nell’area interna al porto (Darsena Petroli) in cui si trova la “sfioro” delle acque provenienti dalle due vasche. Il materiale dragato, che ha perso l’originaria densità *in situ*, viene sversato nel sito di scarico unitamente ad una grande quantità d’acqua che tramite un sistema di canali viene raccolta e immessa nell’area portuale. Per questo motivo, per ogni evento di dragaggio sono stati effettuati prelievi di campioni della colonna d’acqua prima, durante e dopo le attività di refluentamento in vasca sia dentro che fuori il sistema a panne mobili galleggianti anti torbidità (*dotate di appendice zavorrata regolabile ed ancorata sul fondo*), disposte intorno all’area di sfioro per contenere l’eventuale dispersione di materiali inquinanti dalla zona di sfioro verso l’interno del porto.

---

Sui campioni d'acqua, raccolti miscelando acque superficiali e profonde, sono stati determinati i solidi sospesi (TSS) ed effettuata una batteria di saggi biologici per valutare la presenza di contaminazione associata alla eventuale fuoriuscita di particolato insieme alle acque di sfioro. Nei casi in cui si è registrato un incremento della presenza di solidi sospesi e una diffusione oltre il sistema di panne, si è intervenuti aggiungendo una doppia fila di panne e riducendo o interrompendo la portata della miscela acqua-sedimento in ingresso nelle vasche in modo da rallentare la velocità delle acque in uscita e favorire la decantazione del particolato lungo i canali di raccolta delle acque e nella vasca di decantazione.

In allegato 3 vengono riportate nel dettaglio le attività di monitoraggio realizzate nel porto di Livorno.

## 5 Conclusioni

Un sistema di monitoraggio articolato progettato per l'intera area portuale costituisce uno strumento efficace per il controllo dell'evoluzione nel tempo della qualità dell'ambiente marino.

In particolare, se nell'area portuale vengono effettuati interventi di dragaggio e/o livellamento dei fondali, non si può prescindere dall'attuazione di un adeguato piano di monitoraggio che costituisce pertanto un elemento fondamentale nella progettazione ed esecuzione dell'intera attività di movimentazione.

Il piano di monitoraggio dovrà tenere conto delle caratteristiche ambientali dell'area interessata dalla movimentazione e della presenza di eventuali recettori sensibili che potrebbero risentire degli effetti della risospensione dei sedimenti.

Le attività di dragaggio, trasporto ed immersione dovranno essere sottoposte ad un monitoraggio ambientale secondo il principio di gradualità: il numero delle stazioni, l'ubicazione, la frequenza delle indagini, i parametri da monitorare nella colonna d'acqua, nel sedimento superficiale e nel biota devono essere commisurati alla quantità e alla qualità dei materiali da sottoporre a movimentazione, alla durata e alle modalità operative relative alla localizzazione degli specifici interventi.

Dovranno tenere conto inoltre delle caratteristiche del sito e dovranno essere calibrate in modo tale da verificare l'ipotesi di impatto, ovvero l'entità degli effetti sul comparto abiotico e biotico e verificare la tendenza al ripristino delle condizioni precedenti le attività di movimentazione, ponendo particolare attenzione alla variazione di biodisponibilità di sostanze potenzialmente tossiche, alla comparsa di modificazioni "precoci" (biomarkers) nei sistemi biologici indicatori e di effetti tossici a breve o più lungo termine, nonché alle alterazioni a carico delle biocenosi, soprattutto di habitat e specie di elevato valore conservazionistico.

I piani di monitoraggio attuati nei porti di Genova e La Spezia ed in misura minore nel porto di Livorno, dove non è stato definito un piano di monitoraggio per l'intera area portuale ma solo specifiche indagini puntuali, hanno evidenziato l'importanza di predisporre adeguati piani di monitoraggio del dragaggio dei sedimenti portuali, calibrati sulle specificità dei siti coinvolti ed in relazione alle tecniche di movimentazione impiegate.

Le metodologie adottate si fondano su criteri comuni imprescindibili, primo fra tutti la suddivisione delle attività di monitoraggio in diverse fasi temporali precedenti, contestuali e successive al dragaggio: fase *ante operam* (per l'acquisizione delle condizioni ambientali di riferimento), in corso d'opera (per il controllo durante le operazioni di movimentazione) e *post operam* (per la verifica del ripristino delle condizioni iniziali e/o di una condizione di equilibrio).

---

La rete di monitoraggio proposta sia nel caso del porto di Genova che nella rada di La Spezia, consistente in un sistema integrato di stazioni fisse e mobili, monitorate a diverse scale spaziali e temporali, specifiche per ciascuna delle fasi individuate del monitoraggio, è risultata efficace, sia ai fini della tutela dell'ambiente e dei diversi usi legittimi del mare, sia ai fini della verifica dell'efficacia degli accorgimenti tecnici e operativi adottati. Il monitoraggio della rada della Spezia è stato calibrato in funzione del controllo degli impianti di itticoltura e mitilicoltura presenti internamente ed esternamente alla rada, nonché delle biocenosi sensibili presenti nelle aree limitrofe (*Posidonia oceanica* e biocenosi del precoralligeno e coralligeno). A Genova, invece, è stata dedicata particolare attenzione al monitoraggio del comparto abiotico, in relazione alla presenza, nelle aree vicine al porto, di spiagge adibite ad uso balneare ed alla tendenza ai fenomeni di eutrofizzazione ed anossia di alcune aree più interne.

## 6 Bibliografia

Capello M., Cutroneo L., Castellano M., Orsi M., Pieracci A., Bertolotto R.M., Povero P., Tucci S., - Physical and sedimentological characterisation of dredged sediments – Chemistry and Ecology – Vol. 26, s-upplement, June 2010, 359-369

DIRETTIVA 2011/92/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 13 dicembre 2011 concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati

Direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014 che modifica la direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati

D. Lgs. 152/2006 - Testo Unico Ambientale

D. Lgs. 219/2010 – Attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque [...] e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque

D. Lgs. 172/2015 – Attuazione della direttiva 2013/39/CE che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque;

D.M. 172/2016 – Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei SIN

D.M. 173/2016 - Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini

Lisi et al (2010) - Approccio metodologico per la progettazione di piani di monitoraggio delle attività di dragaggio in aree portuali: tre realtà a confronto – simposio Livorno 2010 Atti

Prodotto Se.D.Ri.Port. - Attività T1.2 - “Studio comparato delle normative in vigore e in corso di esame (italiana, francese ed europea) in materia di dragaggio dei sedimenti portuali ed individuazione delle criticità (ambientali e tecnico/logistiche) relative alla gestione della filiera marino-costiera (gestione acquatica)”

“T1.6.6 - Documento di sintesi della sperimentazione dell'applicazione modellistica all'interno di un bacino portuale pilota” e “T1.6.7 - Manuale applicativo per l'utilizzo, in ambito portuale, delle linee guida sull'utilizzo della modellistica numerica a supporto della



---

*pianificazione e gestione delle attività di dragaggio nelle diverse fasi di progettazione e monitoraggio”.*



**Interreg**



UNIONE EUROPEA



**MARITTIMO-IT FR-MARITIME**

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

## **ALLEGATO 1 – RISPOSTE AL QUESTIONARIO**