



**Componente T4 - Monitoraggio della  
qualità delle acque portuali dell'area  
transfrontaliera**

**Output T 4.1**

**Linee Guida e mappa georeferenziata per il monitoraggio degli impatti  
ambientali derivanti da interventi antropici nei porti**

<b>Acronimo del Progetto</b>	<b>GRRinPORT</b>
<b>Titolo del Progetto</b>	Gestione sostenibile dei rifiuti e dei reflui nei porti
<b>N. Convenzione</b>	UniCa – Prot. N. 0082843 del 09/05/2018 – [Classif. III/19]
<b>CUP</b>	
<b>Programma</b>	INTERREG ITALIA-FRANCIA MARITTIMO 2014-2020
<b>Asse prioritario</b>	2
<b>Obiettivo Specifico</b>	6C2
<b>Data avvio Progetto</b>	01.04.2018
<b>Durata</b>	39 mesi
<b>Prodotto No.</b>	Output T4.1
<b>Nome del Documento</b>	LINEE GUIDA E MAPPA GEOREFERENZIATA PER IL MONITORAGGIO DEGLI IMPATTI AMBIENTALI DERIVANTI DA INTERVENTI ANTROPICI NEI PORTI
<b>Revisione/Approvazione del (data)</b>	Giugno 2021
<b>Componente</b>	T4 - MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELLE ACQUE PORTUALI DELL'AREA TRANSFRONTALIERA
<b>Data sottomissione prodotto da Progetto approvato</b>	30/06/2021
<b>Data sottomissione effettiva</b>	30/06/2021
<b>Autori Principali</b>	Fabiano Pilato, Simona Macchia, Davide Sartori
<b>Istituzione</b>	ISPRA
<b>E-mail</b>	fabiano.pilato@isprambiente.it
<b>Abstract</b>	Questa linea guida fornisce indicazioni sulle attività di monitoraggio ambientale da condursi in caso di impatti antropici in ambito portuale.
<b>Keywords</b>	Monitoraggio, qualità, acque, porto.

## Autori

Nome	Istituzione	Contatto
Fabiano Pilato	ISPRA	fabiano.pilato@isprambiente.it
Andrea La Camera	ISPRA	andrea.lacamera@isprambiente.it
Simona Macchia	ISPRA	simona.macchia@isprambiente.it
Davide Sartori	ISPRA	davide.sartori@isprambiente.it
Ilaria Chicca	ISPRA	ilaria.chicca@biologia.unipi.it
Valentina Vitiello	ISPRA	valentina.vitiello@isprambiente.it
Gianluca Chiaretti	ISPRA	gianluca.chiaretti@isprambiente.it
Enrichetta Barbieri	ISPRA	enrichetta.barbieri@isprambiente.it
Alice Scuderi	ISPRA	alice.scuderi@isprambiente.it
Stefano Ferrari	ISPRA	stefano.ferrari@isprambiente.it
David Pellegrini	ISPRA	david.pellegrini@isprambiente.it
Alessandro Lai	SarLand Srls (per conto di RAS)	info@sarland.it
Alice Scanu	SarLand Srls (per conto di RAS)	info@sarland.it
Elena Tamburini	Università degli Studi di Cagliari - UNICA	etamburini@unica.it
Raffaella Lussu	Università degli Studi di Cagliari - UNICA	raffaella.lussu@unica.it

## Revisore

Nome	Istituzione	Contatto
Carla Mancosu	Regione Autonoma della Sardegna	camancosu@regione.sardegna.it
Mariano Tullio Pintus	Regione Autonoma della Sardegna	mpintus@regione.sardegna.it
Paola Signorile	Regione Autonoma della Sardegna	psignorile@regione.sardegna.it
Antonio Corda	Regione Autonoma della Sardegna	ancorda@regione.sardegna.it

## Indice

Autori .....	2
Revisore .....	2
1. PREMESSA .....	4
2. QUADRO CONOSCITIVO .....	6
2.1. <i>Il contesto italiano</i> .....	6
2.1.1. Movimentazione sedimenti dovuta a interventi programmati sui fondali .....	6
2.1.2. Acque di drenaggio dalle vasche di colmata .....	11
2.1.3. Eventi accidentali su navi in prossimità dei porti .....	14
2.2. <i>Il contesto francese</i> .....	18
2.2.1. La normativa francese relativa agli scarichi.....	18
2.2.2. Il concetto di danno ambientale nella normativa francese .....	20
3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE .....	23
3.1. <i>Inquadramento geomorfologico</i> .....	24
3.2. <i>Analisi idrologica</i> .....	24
3.3. <i>Sistema di raccolta e gestione acque piovane e fognarie</i> .....	25
3.4. <i>Dati batimetrici e topografici</i> .....	25
3.5. <i>Dati meteo-marini</i> .....	25
3.6. <i>Qualità delle acque</i> .....	26
3.6.1. Saggi ecotossicologici.....	26
3.6.2. Bioaccumulo con <i>Mytilus galloprovincialis</i> .....	27
3.6.3. Biomarkers .....	27
3.6.4. Saggi <i>in situ</i> .....	28
3.6.5. Microrganismi .....	28
3.7. <i>Presenza di obiettivi sensibili</i> .....	29
3.7.1. Popolazione biocenotica .....	29
3.7.2. Prateria di <i>Posidonia oceanica</i> .....	29
4. IL PIANO DI MONITORAGGIO .....	31
4.1. <i>Monitoraggio delle attività di movimentazione di sedimenti portuali</i> .....	32
4.2. <i>Monitoraggio di interventi di contenimento e rimozione di sversamenti accidentali di idrocarburi ed altri reflui</i> .....	35
APPENDICE 1 – ESEMPI DI CARTE GIS .....	38
APPENDICE 2 – BIBLIOGRAFIA CITATA E DI CONSULTAZIONE .....	49

## 1. PREMESSA

Il progetto GRRinPORT “Gestione sostenibile dei rifiuti e dei reflui nei porti” è un progetto finanziato nell’ambito del Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 (programma transfrontaliero cofinanziato dal Fondo europeo per lo sviluppo regionale), il cui partenariato è costituito da 7 soggetti, situati tra Sardegna, Toscana e Corsica: l’Università degli Studi di Cagliari - capofila - (DICAAR - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura e DISB - Dipartimento di Scienze Biomediche), la Regione Autonoma della Sardegna (Agenzia regionale Distretto Idrografico della Sardegna, RAS-ADIS), la Fondazione MEDSEA (Mediterranean Sea and Coast Foundation), l’Università di Pisa (Dipartimento di Ingegneria dell’Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni), l’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA, Sezione Sperimentale per la Valutazione del Rischio Ecologico Marino Costiero afferente al CN-COS, Livorno), l’Université de Corse Pasquale Paoli (UMR CNRS 6240 Lieux, Identités, eSpaces et Activité) e l’Office des Transports de la Corse (OTC).

Il progetto GRRinPORT ha l’obiettivo di migliorare la qualità delle acque marine nei porti, limitando l’impatto delle attività portuali e del traffico marittimo sull’ambiente attraverso la definizione di una serie di buone pratiche di gestione dei rifiuti, dei reflui e dei sedimenti che saranno dapprima applicate ai porti del progetto e, auspicabilmente, estendibili a tutti quelli del bacino del Mediterraneo.

La complessità dei sistemi portuali moderni e il loro continuo sviluppo rappresenta un’indubbia e irrinunciabile risorsa economica per i territori del Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020, tuttavia le acque portuali sono spesso il recettore finale di inquinanti provenienti da scarichi ed attività antropiche che compromettono la qualità delle acque portuali e degli ambienti marini e costieri limitrofi.

Come noto, i bacini portuali sono potenzialmente soggetti a fenomeni di inquinamento generati da scarso ricambio delle acque, dagli scarichi idrici, da eventuali inquinanti trasportati dalle piogge che sciolgono da piazzali, parcheggi, tetti ed altre superfici impegnate, dalle attività di manutenzione e pulizia delle imbarcazioni (cantieristica) nonché del generale traffico marittimo e realizzazione di infrastrutture. Nelle attività portuali, l’impatto indiretto più frequente è quello generato dalla messa in sospensione di sedimenti che possono avere effetti negativi sugli organismi bentonici presenti nell’area di lavorazione e dall’effetto “abrasivo” delle particelle sospese sugli apparati respiratori (es. branchie nei pesci) e filtranti di organismi sessili filtratori. In aggiunta, nel caso particolare di aree contaminate, le operazioni di scavo possono determinare la dispersione degli inquinanti presenti nei sedimenti con effetti negativi sulle componenti abiotiche e biotiche dell’ambiente acquatico circostante. Altre eventuali conseguenze negative sul comparto abiotico sono riconducibili alla diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d’acqua ed alla solubilizzazione dei contaminanti a seguito del cambiamento delle condizioni chimico-fisiche del sedimento. Infine, l’introduzione di microrganismi patogeni, potenzialmente nocivi per la salute umana e di altri organismi o causa di cambiamenti della comunità microbica autoctona, nonché le alterazioni qualitative delle biocenosi sensibili e l’eventuale ingresso nella catena alimentare delle

particelle contaminate, rappresentano i potenziali effetti delle attività di scarico idrico e/o movimentazione di sedimenti sul comparto biotico interno all'area portuale.

Per valutare la ricaduta ambientale delle attività antropiche, che insistono sui porti nei confronti delle aree costiere limitrofe e su eventuali bersagli ed obiettivi sensibili prossimi all'area portuale, è innanzitutto necessario partire da un'analisi delle caratteristiche idrodinamiche e ambientali dell'area costiera in cui è inserito l'ambito portuale di interesse. Successivamente, deve essere scelta e implementata una strategia per il campionamento e la caratterizzazione chimico/fisica/biologica delle acque e dei sedimenti dei porti oggetto di indagine.

Le problematiche dei potenziali impatti negativi sull'ambiente associati alle attività portuali ed ai fenomeni di inquinamento accidentale sono state affrontate nel corso del triennio di svolgimento del progetto nella Componente T4 – *“Monitoraggio della qualità delle acque portuali dell'area Transfrontaliera, all'interno dei tre porti pilota di Livorno, Cagliari e Bastia”*.

Nell'ambito della componente T4, all'interno dei tre porti pilota di Livorno, Cagliari e Bastia, è stata definita dai partner una strategia comune per il campionamento e la caratterizzazione chimico/fisica/biologica delle acque al fine di definirne la qualità iniziale e individuare eventuali condizioni di criticità (Cit. Report di monitoraggio T4.3.1).

In particolare, nel caso del porto di Livorno (Italia) è stato condotto un monitoraggio della qualità delle acque *ante operam*, in corso d'opera e *post operam* relativo ad un intervento di dragaggio di circa 12.000 metri cubi di materiale per l'approfondimento dei fondali prospicienti una banchina portuale. Nel porto di Bastia (Francia), il monitoraggio ha permesso di determinare le caratteristiche qualitative delle acque nell'area portuale e nella zona prospiciente il porto stesso. La caratterizzazione del Porto di Cagliari (Italia), nella fase *ante operam*, ha concorso all'individuazione dell'area su cui attuare le azioni pilota di cui alla componente T2 - Sviluppo di strategie di gestione integrata e transfrontaliera e innovativa dei reflui nei porti - del GRRinPORT, ovvero la realizzazione di una prima area attrezzata per la raccolta e lo stoccaggio dei reflui e degli oli vegetali usati e di una seconda area attrezzata per materiali naturali, ecocompatibili, composti per il 100% da fibre naturali di lana di pecora per il contenimento, l'assorbimento e la rimozione biologica idrocarburi sversati accidentalmente nelle acque. Il monitoraggio ha altresì permesso di definire l'evoluzione della qualità delle acque nell'area portuale e di individuarne le principali criticità ambientali.

Gli esiti del Monitoraggio dei porti e le informazioni raccolte nello svolgimento delle Azioni pilota del Progetto GRRinPORT, hanno concorso alla redazione delle presenti Linee guida per il monitoraggio degli impatti ambientali derivanti da interventi antropici nei porti, al fine di indirizzare in maniera efficace le azioni da intraprendere per il miglioramento della qualità delle acque portuali. Nel presente documento, oltre ad un inquadramento della normativa di settore e del contesto in cui è inserito l'ambiente portuale, vengono riportate indicazioni di carattere generale per la progettazione di un piano di monitoraggio ambientale finalizzato alla verifica e alla valutazione di eventuali criticità ambientali, incluso lo stato trofico, e degli impatti di interventi antropici nelle aree portuali, quali la movimentazione di sedimenti ed interventi di gestione di sversamenti accidentali di idrocarburi ed altri reflui nelle acque.

## 2. QUADRO CONOSCITIVO

### 2.1. Il contesto italiano

#### 2.1.1. Movimentazione sedimenti dovuta a interventi programmati sui fondali

La gestione delle operazioni di movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere rappresenta una tematica di grande importanza in Europa e nel mondo. Nella maggioranza dei casi gli interventi di movimentazione dei sedimenti in ambiti costieri hanno come finalità il mantenimento o il miglioramento della funzionalità dei bacini portuali e la fruibilità di canali navigabili e aree litoranee, il ripristino morfologico di zone intertidali in ambienti di transizione, la riapertura di foci fluviali o al ripascimento di spiagge sia emerse che sommerse.

Nella prassi il ciclo di movimentazione dei sedimenti (opportunamente caratterizzati qualora previsto dalla normativa) è generalmente articolato nelle seguenti fasi operative:

- l'escavo (o dragaggio),
- il trasporto,
- lo sversamento (o collocazione finale).

Le attività di dragaggio possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- **Dragaggio Manutentivo** (*Maintenance Dredging*): portare la profondità del fondale ad un valore originario;
- **Dragaggio Principale o Infrastrutturale** (*Capital Dredging*): portare la profondità del fondale ad un valore maggiore di quello originario;
- **Dragaggio di Bonifica** (*Environmental/RemedialDredging*): rimuovere uno strato di sedimento del fondale perché contaminato.

Gli effetti ambientali chimico-fisici e biologici causati dalle operazioni di dragaggio sugli ecosistemi marini possono essere molteplici; in particolare è possibile distinguere gli impatti in diverse categorie a seconda che gli effetti si manifestino sui compartimenti abiotici (substrato e colonna d'acqua) o sui compartimenti biotici (popolamenti bentonici, ittici, ecc.).

Da un punto di vista della distribuzione spaziale, gli effetti sui compartimenti abiotici e biotici possono essere localizzati:

- *all'interno dei siti di intervento, in prossimità del mezzo dragante*: l'azione diretta del prelievo e dello sversamento dei sedimenti causa effetti localizzati associati principalmente alle modifiche morfologiche e batimetriche dei fondali, nonché alla *defaunazione* e ai fenomeni di seppellimento e soffocamento dei popolamenti bentonici presenti. Le alterazioni morfobatimetriche, inoltre, possono indurre cambiamenti dell'idrodinamica locale e, laddove il dragaggio e lo sversamento esponano sedimenti con caratteristiche granulometriche e tessiture differenti, cambiamenti nella composizione e struttura delle comunità bentoniche;
- *a diversa distanza dai siti di intervento*: riconducibili prevalentemente al trasporto e alla deposizione dei sedimenti finiti in seguito alla formazione di pennacchi di torbida (superficiali e profondi) durante le attività. In particolare, gli effetti fisici di tipo diretto sul comparto abiotico

sono dovuti prevalentemente alle alterazioni delle caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua (es. diminuzione temporanea della penetrazione della luce e della concentrazione di ossigeno disciolto, mobilizzazione e solubilizzazione dei contaminanti eventualmente associati ai sedimenti sospesi, ecc.) e del fondo (es. per la deposizione di sedimento fine su substrati di diversa tipologia). Sul comparto biotico, invece, gli effetti diretti sono essenzialmente legati ai possibili fenomeni di seppellimento e soffocamento (intrappolamento e trascinarsi sul fondo, inefficienza dell'attività di filtrazione e intasamento dell'apparato branchiale, ricopertura, abrasione dei tessuti, ecc.).

Agli effetti già evidenziati si vanno a sommare quelli di tipo indiretto, come ad esempio il disturbo alle aree di *nursery*, quelli associati a variazioni della quantità di sostanza organica presente nelle frazioni sedimentarie più sottili che, nel caso di movimentazione di rilevanti volumi di sedimento, possono determinare situazioni di anossia, e soprattutto in presenza di habitat sensibili, come le praterie di *Posidonia oceanica* o biocenosi del Coralligeno, in prossimità delle aree di intervento alterazioni della capacità fotosintetica. Inoltre, nel caso di movimentazione di sedimenti contaminati, ulteriori effetti indiretti sul comparto biotico possono essere causati dalla mobilizzazione dei contaminanti presenti (es. bioaccumulo dei contaminanti nei tessuti degli organismi, biomagnificazione e trasferimento nella catena trofica, alterazione microbiologica di acqua e sedimenti, ecc.).

Nel caso specifico degli interventi che prevedono la movimentazione massiccia di cospicue volumetrie di sedimenti in ambito costiero, l'aumento temporaneo della torbidità, normalmente, si protrae oltre la conclusione delle operazioni e, nel caso dello sversamento, fino al raggiungimento del nuovo profilo di equilibrio, a causa della maggiore mobilità del sedimento deposto avente un minor grado di compattazione. Si sottolinea, infine, che in questi casi possono essere rilevanti anche gli effetti (di breve e lungo periodo) arrecati dalle modificazioni morfo-batimetriche per lo sversamento diretto dei sedimenti nei siti di destinazione ed a cui possono conseguire cambiamenti, talvolta sostanziali, anche sulla morfodinamica ad una certa distanza dall'area di intervento (es. modifiche del trasporto dei sedimenti e dell'evoluzione della linea di riva).

Sintetizzando gli **effetti sul comparto abiotico** possono essere riassunti nei seguenti punti:

- alterazioni morfologiche e di batimetria;
- aumento della torbidità associata alla risospensione dei sedimenti;
- diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua;
- variazione della concentrazione dei nutrienti nella colonna d'acqua;
- mobilizzazione dei contaminanti associati alle particelle in sospensione (ciò vale in particolar modo per i dragaggi di bonifica);
- la solubilizzazione di contaminanti in seguito al cambiamento delle condizioni chimico-fisiche del sedimento (ciò vale in particolar modo per i dragaggi di bonifica);
- possibili cambiamenti nell'idrodinamica locale.

Gli **effetti sul comparto biotico** possono sintetizzarsi nei seguenti punti:

- impatti diretti di tipo propriamente fisico sugli organismi e sulle biocenosi sensibili, causati dall'aumento della torbidità e della



- concentrazione di particelle di solidi in sospensione (diminuzione della penetrazione della luce e conseguentemente dell'attività fotosintetica; intrappolamento e trascinarsi sul fondo; aumento dell'attività di filtrazione; ricopertura; danni all'apparato respiratorio; abrasione dei tessuti; disturbo alle aree di nursery, etc.);
- effetti dei contaminanti rimessi in circolo dalle attività di dragaggio, presenti in fase disciolta nella colonna d'acqua o associati alle particelle di solidi in sospensione, su differenti organismi marini possibile contaminazione microbiologica degli organismi presenti nell'area;
  - possibile bioaccumulo dei contaminanti nei tessuti degli organismi, con conseguente trasferimento nella catena trofica, biomagnificazione ed eventuale ingresso nella catena alimentare (particolarmente critico, ad esempio, nel caso di presenza di attività di pesca e di impianti di acquacoltura);
  - possibili alterazioni qualitative delle biocenosi sensibili presenti nell'area potenzialmente influenzata dall'aumento della torbidità.

A livello normativo, il tema della movimentazione dei sedimenti nelle aree marino-costiere e di transizione è inquadrata a vario titolo nell'ambito di Convenzioni internazionali (Convenzione di Barcellona, Convenzione di Londra, OSPAR, ecc.) e di Direttive comunitarie (Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE, Direttiva Habitat 92/43/CEE, Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE, Direttiva Valutazione Impatto Ambientale 2014/52/UE, ecc.) e relative normative nazionali di recepimento.

Nel rispetto degli obblighi derivanti da tali normative, in particolare della Direttiva 2000/60/CE (e relativi decreti nazionali di recepimento: D.lgs. 152/2006, D.M. 260/2010, D.lgs. 219/2010, D.lgs. 172/2015 e ss.mm.ii.), che prevedono il mantenimento o il raggiungimento degli obiettivi di "buono stato chimico ed ecologico", le attività di movimentazione dei sedimenti devono essere condotte in modo tale da garantire da una parte il "non peggioramento" dello stato riscontrato, dall'altra la compatibilità con il raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti.

In tale ottica, a livello italiano, gli interventi di dragaggio in ambito portuale e marino costiero (ad esclusione delle aree ricadenti all'interno dei Siti di bonifica di Interesse Nazionale) sono disciplinati dal D.M. 15 luglio 2016, n. 173: "*Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini*".

Tale regolamento determina le modalità per il rilascio dell'autorizzazione di cui all'articolo 109, comma 2, del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, per l'immersione deliberata in mare dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi di cui al comma 1, lettera a) del medesimo articolo. Fornisce, inoltre, criteri omogenei per tutto il territorio nazionale per l'utilizzo dei sedimenti di dragaggio ai fini di ripascimento o del refluento all'interno di ambienti conterminati.

In particolare, l'Allegato Tecnico al Decreto disciplina l'intero percorso di caratterizzazione e gestione dei sedimenti da movimentare, includendo le fasi di pianificazione e attuazione del campionamento, di analisi di laboratorio (fisiche, chimiche, ecotossicologiche, e biologiche) e di classificazione della qualità dei sedimenti, fino alla formulazione di ipotesi di gestione ambientalmente compatibili ed allo sviluppo di piani di monitoraggio delle attività.

Nei Siti di bonifica di Interesse Nazionale ai sensi dell'art. 252 del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, e ss.mm.ii., gli interventi di dragaggio sono disciplinati dall'art. 5 bis della L. 28 gennaio 1994, n. 84, e ss.mm.ii.. I relativi decreti attuativi:

- D.M. 7 novembre 2008 *“Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell’articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n.296”*;
- D.M. 15 luglio 2016, n. 172 *“Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei Siti di Interesse Nazionale, ai sensi dell’art. 5 bis, c. 6, della L. 28 gennaio 1994, n. 84”*;

disciplinano gli aspetti principali del processo di movimentazione dei sedimenti all'interno dei Siti di Interesse Nazionale, dalla caratterizzazione (campionamento, analisi di laboratorio, restituzione dei risultati) alle modalità di intervento e gestione dei materiali (tecnologie di dragaggio e trasporto, gestione del materiale dragato, misure di mitigazione e monitoraggio). In particolare, l'Allegato A al D.M. 172/2016, seppur riferito ad interventi di dragaggio in aree per lo più contaminate, rappresenta un importante punto di riferimento per la tutela dei comparti abiotici e biotici dell'ambiente marino-costiero da effetti di tipo fisico indotti dagli interventi di dragaggio.

Il testo del D.M. 172/16 introduce rilevanti novità nella normativa di settore, tra cui:

- l'obbligo di predisporre un piano di monitoraggio che consenta di valutare gli effetti sull'ambiente dell'intero processo di movimentazione (dal dragaggio alla ricollocazione);
- l'elencazione dei fattori ambientali da considerare nella scelta delle metodologie operative, dal dragaggio alla ricollocazione del materiale secondo la normativa vigente;
- l'obbligo di acquisire durante tutte le attività di movimentazione informazioni sulle condizioni meteo-marine, i dati operativi del dragaggio e del traffico navale, al fine di correlare i risultati del monitoraggio con le variazioni delle condizioni al contorno e quindi comprendere i processi in atto;
- l'obbligo di prevedere opportune misure di mitigazione degli impatti attesi, con *focus* tecnico sulle barriere fisiche di contenimento del pennacchio prodotto dalle attività di dragaggio;
- la definizione di un modello concettuale degli impatti, basato sulla conoscenza dell'area di intervento (es. presenza e tipologia di obiettivi sensibili da tutelare coerentemente con le indicazioni europee ed internazionali, quali, *Posidonia oceanica*, formazioni coralligene, ecc.), da utilizzare per commisurare all'entità degli impatti attesi;
- l'obbligo di prevedere la rapida divulgazione e valutazione dei risultati del Monitoraggio, tramite la predisposizione di una banca dati dedicata. Sebbene nella prassi i progetti che comprendono la movimentazione dei sedimenti siano autorizzati dagli enti competenti sulla base della qualità dei sedimenti, stabilita in esito ai risultati di specifiche caratterizzazioni, questi sono spesso soggetti anche a dettagliate Valutazioni di Impatto Ambientale (Direttiva 2011/92/UE e ss.mm.ii., recepita in Italia nei successivi aggiornamenti della Parte II del D.lgs. 152/2006).

Un'adeguata progettazione dell'intervento di dragaggio deve tenere in considerazione:

- i fattori ambientali nella scelta delle metodologie operative;

- le informazioni sulle condizioni meteo-marine, sulle condizioni operative di dragaggio, sul traffico navale;
- la necessità di adottare un piano di monitoraggio che consenta di valutare gli effetti sull'ambiente dell'intero processo di movimentazione;
- le opportune misure di mitigazione;
- definire un modello concettuale degli impatti;
- effettuazione di una Valutazione d'Impatto Ambientale nei casi previsti dalla legge.

Le tecnologie (dragaggio meccanico, idraulico, ecc) con cui viene realizzato il dragaggio possono determinare effetti sull'ambiente di diversa entità.

Il dragaggio ambientale utilizza le migliori tecnologie disponibili, integrate con opportune misure di mitigazione degli effetti sull'ecosistema. In particolare rispetto ai dragaggi tradizionali si differenzia per:

- elevata selettività e precisione nel posizionamento e nella rimozione;
- prevenzione e minimizzazione dell'incremento di torbidità e della dispersione dei contaminanti;
- prevenzione e minimizzazione della perdita di materiale (*spillage*);
- minimizzazione del contenuto d'acqua nella miscela dragata;
- elevato livello di automazione nelle operazioni;
- ottimizzazione della concentrazione del materiale dragato;
- maggiore sicurezza;
- monitoraggio più accurato.

Il dragaggio e la relativa gestione del sedimento richiedono l'adozione di opportune misure di mitigazione degli eventuali impatti sull'ambiente circostante, da dimensionare sulla base di:

- caratteristiche fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche del materiale dragato, definite sulla base della caratterizzazione;
- caratteristiche idrodinamiche e morfo-batimetriche delle aree di intervento;
- presenza di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette;
- modalità di dragaggio, trasporto e collocazione prescelte;
- opzioni di gestione selezionate.

In funzione dell'entità degli impatti ambientali attesi devono essere selezionate misure di mitigazione che agiscano su:

- diverse sorgenti dell'impatto quali, ad esempio, accorgimenti operativi nelle diverse fasi del processo, limitazioni temporali, utilizzo di barriere fisiche attorno al sistema dragante;
- possibili bersagli quali, ad esempio, limitazioni temporanee d'uso, utilizzo di barriere fisiche a protezione degli obiettivi sensibili.

In alcuni casi è possibile mitigare gli impatti delle attività di dragaggio mediante l'utilizzo di barriere fisiche per limitare la diffusione della nube di torbida e/o ridurre le potenziali interazioni acqua-sedimento e la conseguente mobilitazione degli eventuali contaminanti presenti.

Tali barriere possono essere utilizzate per:

- l'inglobamento totale del sistema dragante, nel caso di sistemi di dragaggio di tipo stazionario e di sedimenti estremamente contaminati;
- la chiusura parziale dell'area di escavo;
- la chiusura totale dell'area di escavo, solitamente nel caso di utilizzo di draghe di tipo meccanico, con eventuale realizzazione di un'intercapedine per consentire il passaggio delle imbarcazioni di appoggio;
- la protezione di un obiettivo potenzialmente impattato dalle attività di movimentazione.

L'utilizzo di eventuali barriere fisiche deve essere supportato da una valutazione della stabilità ed effettiva efficacia delle stesse sulla base di uno studio delle condizioni idrodinamiche locali ed in relazione alla tipologia di contaminazione presente. Deve, inoltre, essere prevista l'esecuzione di regolari ispezioni in campo al fine di verificare l'eventuale presenza di lacerazioni e tagli sulle barriere.

L'individuazione di aree maggiormente critiche in termini di entità degli effetti (attesi e/o riscontrati) e della significatività dei livelli di esposizione deve tener conto, oltre che delle caratteristiche idrodinamiche locali, anche dei volumi e della tipologia dei sedimenti da movimentare, delle modalità tecniche e operative utilizzate e della posizione, rispetto alle aree di intervento, di obiettivi sensibili e vincoli ambientali eventualmente presenti.

Pertanto, sebbene la scelta delle modalità tecniche e operative sia spesso legata alle finalità dell'intervento e alla loro incidenza sulla durata e sui costi di esecuzione, le diverse fasi di progettazione e gestione degli interventi devono essere precedute da studi specialistici finalizzati ad individuare le possibili criticità ambientali e le modalità operative da adottare per minimizzare i possibili effetti ambientali (fisici, chimici, biologici ed ecotossicologici) che potrebbero conseguire, su diverse scale spaziali e temporali, alle operazioni di movimentazione.

Studi internazionali raccomandano di dotarsi, in fase di progetto e gestione degli interventi, di modelli matematici in grado di riprodurre i processi di generazione e sviluppo dei pennacchi di torbida (superficiali e di fondo) laddove si riconosca l'insorgenza di possibili criticità ambientali. Tali modelli devono permettere di riprodurre la dinamica dei sedimenti risospesi a partire dall'analisi delle interazioni tra fattori operativi (tipo di draga, velocità e produttività del ciclo di dragaggio/sversamento, volumi complessivi da movimentare, ecc.) e ambientali (composizione e granulometria dei sedimenti da movimentare, caratteristiche idrodinamiche e morfo-batimetriche, ecc.) che condizionano i processi di trasporto (dispersione, diffusione e deposizione) a differenti profondità e distanze dal sito di intervento.

#### 2.1.2. Acque di drenaggio dalle vasche di colmata

Una delle opzioni per la gestione dei sedimenti movimentati nelle aree portuali e più in generale nelle acque marino costiere è il refluento in casse o vasche di colmata. Le vasche di colmata sono ambienti caratterizzati da una struttura parzialmente sommersa o emersa, conterminata con

materiali che assicurano un diverso grado di trattenimento delle particelle solide o liquide (bacini impermeabilizzati) all'interno dei quali vengono depositati i materiali di dragaggio. Una volta riempito e stabilizzato, lo spazio soprastante può essere convertito in piazzali per lo stoccaggio delle merci o per altre funzioni.

Le acque di afflusso provenienti dalle vasche di colmata possono costituire, in ragione delle caratteristiche dei materiali ivi stoccati, una potenziale sorgente di impatti a carico delle acque marino costiere poste in prossimità del punto o dei punti di immissione.

A livello nazionale le attività collegate agli interventi di dragaggio in ambito portuale e marino costiero (ad esclusione delle aree ricadenti all'interno dei Siti di bonifica di Interesse Nazionale) sono disciplinate dal D.M. 15 luglio 2016, n. 173: "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

Il regolamento determina le modalità per il rilascio dell'autorizzazione di cui all'articolo 109, comma 2, del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, per l'immersione deliberata in mare dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi di cui al comma 1, lettera a) del medesimo articolo. Fornisce, inoltre, criteri omogenei per tutto il territorio nazionale per l'utilizzo dei sedimenti di dragaggio ai fini di ripascimento o del refluitamento all'interno di ambienti conterminati.

Nei Siti di bonifica di Interesse Nazionale (SIN) ai sensi dell'art. 252 del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152, e ss.mm.ii., gli interventi di dragaggio sono disciplinati dall'art. 5 bis della L. 28 gennaio 1994, n. 84, e ss.mm.ii. I relativi decreti attuativi:

- D.M. 7 novembre 2008 "Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n.296";
- D.M. 15 luglio 2016, n. 172 "Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei Siti di Interesse Nazionale, ai sensi dell'art. 5 bis, c. 6, della L. 28 gennaio 1994, n. 84";

disciplinano gli aspetti principali del processo di movimentazione dei sedimenti all'interno dei SIN, dalla caratterizzazione (campionamento, analisi di laboratorio, restituzione dei risultati) alle modalità di intervento e gestione dei materiali (tecnologie di dragaggio e trasporto, gestione del materiale dragato, misure di mitigazione e monitoraggio).

L'allegato tecnico al D.M. 173/2016 fornisce una serie di indicazioni generali per la deposizione in ambienti conterminati sommersi, parzialmente sommersi o demaniali emersi e sottolinea che *[...] particolare attenzione deve essere posta alla gestione degli scarichi idrici (acque di efflusso) e delle acque meteoriche provenienti dall'ambiente conterminato, ponendo in atto misure per la riduzione degli apporti solidi all'esterno (i.e. vasche di sedimentazione e/o chiarificazione delle acque, sistemi di filtrazione), pozzetti d'ispezione e prelievo campioni (i.e. pozzi piezometrici lungo gli argini, almeno fino allo strato sottostante il fondale naturale dell'area) [...]*.

Riguardo alle attività di monitoraggio degli effluenti da vasche di colmata, l'allegato tecnico al D.M. 173/2016 fornisce solo indicazioni generali, disponendo in particolare che le attività di monitoraggio devono essere commisurate alla qualità e quantità del materiale dragato e deposto in ambiente conterminato e alle caratteristiche della struttura di contenimento.

In particolare, il summenzionato Allegato tecnico fornisce alcune indicazioni generali relative alle modalità di deposizione di materiali in tali strutture di cui si riporta un estratto:

- *collocare il materiale dragato ad elevata concentrazione di solido, evitando lo stramazzo non controllato di materiale di risulta;*
- *favorire e diversificare i processi di sedimentazione dei materiali incrementando il tempo di ritenzione, la profondità dello specchio acqueo e la lunghezza dei percorsi e del numero delle vie di uscita della matrice acquosa;*
- *evitare l'uso di additivi chimici che possano compromettere la qualità delle acque e dei sedimenti presenti all'interno delle conterminazioni e nelle acque di efflusso;*
- *agevolare la raccolta, il trattamento ed il riutilizzo dei flussi di acqua (acque di superficie, effluente, percolato, acque di drenaggio) come acque reflue, anche impiegando processi naturali di abbattimento dei contaminanti disciolti;*
- *deporre i sedimenti meno contaminati (di classe migliore) sul fondo della vasca, lungo i perimetri esterni e nella parte superiore della stessa (deposizione selettiva);*
- *creare le condizioni per il monitoraggio della qualità delle acque in uscita dalle vasche, come effluenti superficiali, o lungo i perimetri esposti al mare, attraverso la predisposizione di piezometri posizionati lungo gli argini e negli strati significativi del fondale.*

Lo stesso allegato tecnico dispone che le indicazioni di dettaglio sul monitoraggio degli effluenti dalle vasche di colmata devono essere descritte all'interno di un Piano di Monitoraggio che deve prevedere almeno l'acquisizione delle informazioni relative a:

- la qualità fisica, chimica, ecotossicologica e la presenza di solidi sospesi nelle aree in corrispondenza della reimmissione in mare delle acque di efflusso in uscita dagli ambienti conterminati;
- la qualità delle acque piezometriche ospitate nei depositi naturali e nei materiali costituenti la conterminazione laterale e del fondo del bacino;
- la qualità delle acque, dei sedimenti e del biota nell'area marina circostante il bacino, privilegiando l'impiego di indicatori biologici;
- le possibili perdite di materiale e il rilascio di contaminanti sia nell'effluente, sia da vie preferenziali;
- i dati meteomarini ai fini della valutazione del grado di ingressione marina.

Per i sedimenti provenienti da Siti d'Interesse Nazionale l'allegato A al D.M. 172/2016 prevede che il monitoraggio delle attività di refluento 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 refluento 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;
- gli obiettivi del progetto di dragaggio;
- le caratteristiche progettuali dell'opera di contenimento;
- la tipologia dei sistemi di refluento prescelti;
- le eventuali misure di mitigazione previste;
- la presenza di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette.

In funzione di quanto sopra elencato 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 dei contaminanti significativi, emersi in fase di caratterizzazione, presenti in colonna d'acqua e/o in associazione ai solidi sospesi.

Per quanto sopra riportato emerge chiaramente come il quadro normativo attualmente vigente in Italia, tratti la problematica delle acque in uscita dalle vasche di colmata in maniera abbastanza generale, senza fornire indicazioni precise circa il programma di monitoraggio da attuare ed in particolare sulle sostanze da ricercare e sui relativi limiti tabellari da applicare.

### 2.1.3. Eventi accidentali su navi in prossimità dei porti

L'inquinamento accidentale (oltre che sistematico) dovuto allo sversamento in mare di acque contaminate nel corso delle operazioni di lavaggio delle cisterne delle navi (slop), di acque di zavorra o di acque di sentina ha implicato l'emanazione di norme specifiche finalizzate ad una maggiore tutela e conservazione dell'ambiente marino.

Dal punto di vista europeo, la lotta all'inquinamento dei mari si è avuta con la stipula della Convenzione di Londra del 1954 "OILPOL 1954", emendata nel 1962 recepita con trattato internazionale "Protocollo 1973".

In seguito, la prevenzione dell'inquinamento marino è stata affrontata nei primi anni '70 con la convenzione internazionale MARPOL '73/78 (Marine Pollution Convention). La Convenzione, costituita attualmente da 20 articoli, 3 protocolli e 6 Annessi, è entrata in vigore il 2 ottobre 1983 e ratificata in Italia dalle leggi n.662/80 (Marpol '73) e n.438/82 (TSPP '78).

Successivamente alla convenzione MARPOL '73/78 (Marine Pollution Convention), è stata firmata la Convenzione sul Diritto del Mare di Montego Bay del 1982, recepita in Italia con legge n. 689 del 2 dicembre 1994. L'art. 211 comma 2 pone a carico degli Stati aderenti l'obbligo di adottare leggi e regolamenti atti a prevenire, ridurre e tenere sotto controllo l'inquinamento marino causato da navi che battono la loro bandiera e da essi immatricolate, stabilendo che tali leggi e regolamenti debbono avere efficacia non inferiore rispetto alle regole e norme internazionali generalmente accettate (art.

211, comma 5). Inoltre, accanto a tale obbligo previsto in capo allo Stato di bandiera, la Convenzione prevede in capo ad ogni Stato costiero contraente, il potere di emanare norme per la prevenzione dell'inquinamento da navi applicabili entro il mare territoriale: tali norme non debbono comunque ostacolare il passaggio inoffensivo delle navi straniere (art. 211, comma 4).

La Convenzione di Montego Bay, del 1982, stabilisce, inoltre, che la competenza in materia di prevenzione dell'inquinamento marino proveniente da navi spetta allo Stato costiero nell'ambito del suo mare territoriale o della zona economica esclusiva (art. 220, comma 1). Più in generale, per ciò che concerne le procedure di fermo, ispezione e "sequestro della nave" nonché l'instaurazione di procedimenti giudiziari, la competenza spetta allo Stato di bandiera (art. 220 comma 2).

In ambito nazionale, è importante ricordare le disposizioni di cui alla legge 31 dicembre 1982 n. 979 (legge sulla difesa del mare) che sancisce, all'art. 16 comma 1, il divieto per tutte le navi (senza distinzione di nazionalità) nell'ambito delle acque territoriali e delle acque marittime interne (compresi i porti) di versare o causare lo sversamento, di idrocarburi o miscele di idrocarburi, comprese le acque di zavorra e di lavaggio delle petroliere, nonché di altre sostanze nocive indicate in un apposito elenco.

Lo stesso articolo (art.16), al comma 2, pone a carico delle navi di bandiera italiana il divieto di scaricare le sostanze di cui al comma 1, anche al di fuori delle acque territoriali. Il comma 3 dell'art. 16 si occupa, invece, dello scarico nelle acque del mare di materiali provenienti da fondali di ambienti marini, salmastri o fluviali, facendo rinvio alle vigenti disposizioni che prevedono il rilascio di un'apposita autorizzazione da parte del Ministero per la Transizione Ecologica (MiTE, ex Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare).

Qualora la violazione, da parte di navi battenti qualsivoglia bandiera, (artt. 20 L. n. 979/1982 e 4, comma 2, L. n. 662/1980) venga accertata in acque territoriali italiane (e per quel che concerne le navi italiane, anche in acque internazionali), l'ufficiale di polizia giudiziaria operante, dovrà procedere all'inoltro "senza ritardo" della relativa comunicazione di notizia di reato (ai sensi dell'art. 347 del C.P.P.) alla competente Autorità Giudiziaria. Qualora, invece, lo sversamento irregolare sia effettuato da navi straniere in acque internazionali, si dovrà procedere alla comunicazione dei relativi dati al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, in modo che quest'ultimo possa informare, tramite il Ministero degli Esteri, lo Stato di bandiera, in linea con quanto previsto dall'art. 4, comma 2 L. n. 662/1980.

La violazione, come previsto dall' art. 20 della L. n. 979/1982, si configura solo quando lo scarico di idrocarburi o di altre sostanze inquinanti non sia riconducibile ad un fatto accidentale ed indipendente dalla volontà o dalla colpa del Comandante. Tuttavia, anche in questo caso, a prescindere dalla volontarietà dello sversamento, l'art. 21 della L. n. 979/1982 pone, a carico del Comandante e del proprietario o armatore della nave, l'obbligo di rifondere (in solido) allo Stato le spese sostenute per la pulizia delle acque e degli arenili nonché quello di risarcire i danni arrecati alle risorse marine.

Di seguito si elencano le Convenzioni internazionali vigenti nell'ambito della cooperazione europea sulla sicurezza marittima ed il miglioramento della protezione dell'ambiente marino dall'inquinamento provocato dalle navi:



- London Dumping Convention 1972 che regola l'attività di scarica volontaria in mare di rifiuti o sostanze nocive provenienti da altri luoghi (dumping) inserendo, sia gli uni che gli altri, a seconda della loro pericolosità, in tre distinti gruppi (c.d. Black List, Grey List, White List);
- Convenzione Solas 74 (Safety Of Life At Sea) che, oltre a costituire, a livello internazionale, la fondamentale fonte normativa in materia di sicurezza della navigazione, riveste un'importanza non trascurabile anche nel campo della normativa antinquinamento. Infatti, il relativo Protocollo '78, entrato in vigore in Italia il 1° gennaio 1983, è stato adottato a seguito della stessa conferenza internazionale dedicata alla sicurezza delle navi cisterna ed alla prevenzione dell'inquinamento del mare (la summenzionata T.S.P.P. del '78) che ha dato vita anche al Protocollo '78 della Marpol '73;
- Inoltre, con gli Emendamenti '83 alla Solas, il Maritime Safety Committee (M.S.C.) dell'I.M.O. ha adottato anche il "Codice Internazionale per la Costruzione e l'Equipaggiamento delle Navi che trasportano sostanze chimiche pericolose alla rinfusa" (IBC Code) ed il "Codice Internazionale per la Costruzione e l'Equipaggiamento delle Navi che trasportano gas liquefatti alla rinfusa" (IGC Code);
- Convenzione di Barcellona del 1976: ratificata in Italia con Legge 25.01.1979, n. 30. Riguarda l'area del Mar Mediterraneo e contiene delle disposizioni finalizzate al miglioramento della cooperazione fra gli Stati contraenti nella lotta agli inquinamenti marini derivanti dalle normali attività delle unità navali o da quelle di sfruttamento delle risorse minerarie marine da parte di navi, piattaforme o aeromobili. Il contenuto di tale Convenzione è stato ampliato da quattro Protocolli, due dei quali sono dedicati, rispettivamente, agli scarichi operati da navi o aeromobili ed alle situazioni critiche di emergenza.

Esistono altri Accordi a carattere regionale che interessano il nostro Paese e alcuni Paesi limitrofi, tra cui l'accordo trilaterale RAMOGE (Saint RApheal - MOnaco - GENova) riguardante il litorale compreso fra Hyères (Francia) e Genova, concluso, nel maggio del 1976, con la Francia ed il Principato di Monaco, che prende il nome dalle prime sillabe delle tre città che, allora, ne delimitavano il campo d'azione: Saint-RAphaël a ovest, MOnaco e GENova a est. Questo accordo relativo alla tutela delle acque del litorale mediterraneo, che si iscrive nel quadro della Convenzione di Barcellona e del relativo Piano d'Azione per il Mediterraneo, è stato ratificato dai tre paesi ed è entrato in vigore nei primi sei mesi del 1981. In quell'occasione la zona di competenza originaria è stata ampliata da Marsiglia a La Spezia, più precisamente dalla foce del Rodano alla foce del fiume Magra, per tenere meglio conto delle suddivisioni amministrative dei singoli Stati. Così facendo l'intero territorio della regione Provenza-Alpi-Costa Azzurra e della Liguria è stato incluso nel perimetro dell'Accordo.

Nell'ambito di cooperazione europea sulla sicurezza marittima e sulla protezione dell'ambiente marino è compresa anche la Direttiva 2005/35/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 7 settembre 2005, relativa all'inquinamento provocato dalle navi e all'introduzione di sanzioni per violazioni (Posizione comune (CE) N. 3/2005). Con la Direttiva in esame, il Consiglio dell'Unione Europea è intervenuto per avviare una procedura omogenea del sistema sanzionatorio previsto in riferimento all'inquinamento causato da miscele contenenti oli minerali oppure da sostanze liquide nocive trasportate alla rinfusa, di cui agli Allegati I e II della MARPOL 73/78.

Tra le disposizioni della Direttiva in esame, le cui applicazioni sono conformi al diritto internazionale della convenzione delle Nazioni Unite del 1982 sul diritto del mare, si segnalano le seguenti:

- *si determina il campo di applicazione della direttiva in esame riferendolo agli scarichi di sostanze inquinanti, effettuati da tutte le navi “ad esclusione delle navi militari da guerra” o di altre navi ivi specificamente individuate, nelle acque interne ed in quelle territoriali, nella zona economica esclusiva e nell’alto mare, individuando il responsabile o i responsabili dell’inquinamento provocato da navi ai quali vengano applicate sanzioni appropriate;*
- *si prevedono delle deroghe tassative alla prescrizione delle sanzioni qualora lo scarico soddisfi determinate condizioni, in modo conforme alla convenzione MARPOL 73/78;*
- *si indicano le misure di cooperazione, tra Stati membri –Commissione Europea – EMSA (Agenzia europea per la sicurezza marittima), al fine di programmare i sistemi di informazione necessari all’ applicazione efficace della direttiva in esame.*

A carico degli Stati membri, si prevede:

- *l’individuazione di violazioni adeguate quando gli scarichi in mare sono effettuati intenzionalmente, temerariamente o per negligenza grave (art.4);*
- *la procedura di ispezione adeguata ai sensi del diritto nazionale presso i cui porti o terminali off-shore stazioni una nave sospetta di effettuare lo scarico di sostanze inquinanti (art.6).*
- *l’obbligo di adozione delle misure necessarie affinché le violazioni, ai sensi dell’art. 4 della direttiva stessa, siano soggette a sanzioni (sia penali che amministrative) efficaci, proporzionate e dissuasive (art.8).*

## 2.2. Il contesto francese

In Francia la normativa in materia di acqua è stata costruita progressivamente e pertanto non è racchiusa in un unico Codice.

La normativa deriva da “tre grandi leggi sull’acqua” che sono state adottate in Francia e hanno permesso di gettare le basi dell’attuale normativa in vigore:

legge del **16 dicembre 1964** relativa al regime e alla ripartizione delle acque e alla lotta contro il loro inquinamento;

legge del **3 gennaio 1992** sull’acqua;

legge del **30 dicembre 2006** sull’acqua e sugli ambienti acquatici.

Il primo testo che introduce nel quadro giuridico una normativa sull’inquinamento della risorsa idrica è la legge del 16 dicembre 1964. Il legislatore ha previsto la creazione di un distretto amministrativo che riconosce la specificità del bacino idrografico e ha adottato una serie di reati applicabili agli inquinatori. Con questa legge, vengono individuati i bacini idrografici e vengono istituiti i comitati di bacino, organizzazioni istituzionali, ancora oggi in vigore, dotate di mezzi finanziari. Stabilisce, inoltre, un sistema di autorizzazioni degli sversamenti nelle acque al fine di raggiungere un obiettivo di qualità dell’acqua. Alcune disposizioni della legge del 1964 non furono applicate o si rivelarono insufficienti.

Per porre rimedio a queste lacune, il legislatore francese ha adottato il 3 gennaio 1992 una legge sull’acqua (L. n. 92-3).

La legge del 1992 introduce la nozione di unità della risorsa in termini di gestione e stabilisce, attraverso la pianificazione, una gestione predittiva delle risorse idriche e aumenta il potere di polizia sul suo utilizzo. Tale legge, inoltre, effettua per la prima volta l’unificazione del regime giuridico dell’acqua. La normativa in materia di acqua è stata quindi coniugata intorno a quattro grandi principi: il principio dell’unità della risorsa idrica, il principio della patrimonializzazione dell’acqua, l’affermazione del carattere d’interesse generale della protezione dell’acqua ed il principio della gestione equilibrata e durevole del corpo idrico.

### 2.2.1. La normativa francese relativa agli scarichi

Gli scarichi di acque reflue industriali, agricole e costiere sono soggetti al diritto comune del Codice dell’ambiente secondo la nomenclatura del decreto 93-743 del 29 marzo 1993 (C. R. 214-1) il cui titolo IV si riferisce all’“impatto sull’ambiente marino”, senza escludere lavori o attività che rientrano in altre voci e che si applicano anche alla costa.

Altri divieti di scarico derivano da regolamenti sull’acquacoltura di ostriche e molluschi, da regolamenti sull’acquacoltura marina, dalla protezione del demanio marittimo pubblico e dalle convenzioni internazionali sull’inquinamento marino.

Le acque di balneazione, soggette alla direttiva CEE dell’8 dicembre 1975, sostituita dalla direttiva 2006-7 del 15 febbraio 2006, sono oggetto di misure regolari secondo gli obiettivi di qualità del

decreto 81-324 del 7 aprile 1981, modificato dal decreto 91-280 del 20 settembre 1991. Il controllo costiero viene effettuato su oltre 1900 punti situati in 663 comuni.

La politica dell'acqua consiste nel garantire il rispetto delle leggi relative alle acque e agli ambienti acquatici. Si applica a tutte le acque superficiali, sotterranee e territoriali a partire dal 3 gennaio 1992 (legge che ha unificato il regime giuridico della politica di conservazione delle acque).

Tuttavia, la situazione resta ancora complessa, nonostante la direttiva n. 2005-805 del 18 luglio 2005 sulla semplificazione, armonizzazione e adeguamento delle politiche dell'acqua e degli ambienti acquatici, della pesca e degli scarichi.

La Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23/10/2000 è stata recepita in Francia attraverso la legge n. 2004-338 del 21 aprile 2004.

Tale legge si è inserita in un impianto normativo costituito già da una serie di leggi e atti giuridici che, nel corso degli anni, si sono sommati ai precedenti senza però abrogarli. Sussiste, quindi, il regime normativo originario modificato o completato dall'introduzione delle nuove norme.

Tuttavia, per porre rimedio alle numerose lacune presenti in questa legge, il legislatore ha adottato il 3 gennaio 1992 la legge n. 92-3. Nel frattempo la legge del 1964 era già stata in parte modificata dalla legge n. 84-512 del 29 giugno 1984 relativa alla pesca in acqua dolce e alla gestione delle risorse ittiche.

A seguito dell'ordinanza n. 2000-914 del 18 settembre 2000 sulla parte legislativa del Codice dell'ambiente, le disposizioni relative alla protezione delle acque sono per la quasi totalità codificate agli articoli da L. 210-1 a L. 218-81 del Codice dell'Ambiente al titolo I del secondo libro dedicato agli ambienti fisici intitolato "Acqua e ambienti acquatici".

Ulteriori norme a carattere generale sulla protezione ambientale hanno completato il regime giuridico in tema di acque, in particolare la legge n. 95-101 del 2 febbraio 1995 sul rafforzamento della protezione dell'ambiente (nota come legge Barnier).

Altre leggi, aventi obiettivi più specifici, si sono aggiunte successivamente andando ad alimentare il diritto in materia di acque, in particolare, la legge n. 2003-699 del 30 luglio 2003 relativa alla prevenzione dei rischi tecnologici e naturali e alla riparazione dei danni o ancora la legge n. 2005-157 del 23 febbraio 2005 relativa allo sviluppo dei territori rurali. Ci sono anche disposizioni sull'acqua in molti codici come il Code de l'urbanisme o il Code de la construction et de l'habitat.

A seguito di un confronto nazionale cominciato nel 2002 è stato varato un progetto di legge sull'acqua e sugli ambienti acquatici destinato a costituire il testo centrale della politica francese in materia.

La legge n. 2006-1772 sull'acqua e sugli ambienti acquatici è stata adottata il 30 dicembre 2006, è composta di 102 articoli raggruppati in cinque titoli concernenti rispettivamente la conservazione dei corpi idrici e degli ambienti acquatici (titolo 1), l'approvvigionamento idrico e gli impianti igienico-sanitari (titolo II), la conservazione delle zone fluviali pubbliche (titolo III), la pianificazione e la governance (titolo IV), disposizioni finali e transitorie (titolo V).

Il testo, che riprende i principi affermati nella legge del 1992, è stato implementato da numerosi decreti di applicazione. Tra le maggiori innovazioni apportate compare il riconoscimento dell'utilizzo prioritario dell'acqua per il consumo umano e la consacrazione di un diritto di accesso all'acqua potabile alle condizioni economicamente accettabili per tutti.

Recentemente, le leggi adottate a seguito delle disposizioni varate dal presidente Nicolas Sarkozy nel 2007, nel Grenelle de l'environnement, contengono anche disposizioni sulla protezione delle acque.

La legge "Grenelle I" del 3 agosto 2009 (L. n° 2009-967, 3 agosto 2009) richiama l'obiettivo di raggiungere entro il 2015 il buono stato ecologico o il buon potenziale di tutti i corpi idrici. Al fine di raggiungere questo obiettivo, ha previsto, tra l'altro: di vietare l'uso di fosfati nei detersivi per bucato a partire dal 2012; l'attuazione di piani d'azione in collaborazione con le aziende idriche per proteggere i cinquecento sistemi di raccolta delle acque (bacini) più minacciati dall'inquinamento diffuso (in particolare i nitrati); modulare i prelievi di acqua alle risorse; mettere a norma tutti gli impianti di trattamento delle acque.

La legge prevede anche il recupero e il riutilizzo delle acque pluviali, la riduzione delle sostanze pericolose e il monitoraggio degli ambienti acquatici. L'obiettivo perseguito è di garantire l'approvvigionamento sostenibile di acqua di buona qualità necessario per soddisfare i bisogni essenziali della popolazione.

La legge "Grenelle II" del 12 luglio 2010 relativa all'impegno nazionale per l'ambiente (L. n. 2010-788 del 12 luglio 2010) crea un titolo VII dedicato alla "griglia verde" e alla "griglia blu" nel libro II del Codice dell'ambiente concernente le aree naturali (codice ambientale L. 371-1 a L. 371-6) che comprende i corsi d'acqua e le zone umide ai fini di preservarne e ripristinarne la continuità ecologica. Modifica le disposizioni del Codice ambientale in materia di servizi igienico-sanitari, in particolare sulla questione delle misure igieniche collettive e non collettive delle acque reflue e delle risorse idriche.

#### 2.2.2. Il concetto di danno ambientale nella normativa francese

La Legge n. 2016-1087 del 8 agosto 2016 "*pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages*" ha come obiettivo l'introduzione, nel Codice civile francese, del concetto di responsabilità e l'obbligo del risarcimento (in solido) per "danno ambientale" o "danno ecologico". La legge impone agli attori responsabili di danni all'ambiente di ripristinare l'ambiente stesso, o nel caso di danno irreversibile, di risarcire economicamente lo Stato o un'organizzazione nominata dallo Stato e dedicata alla protezione ambientale come ad esempio un ONG.

La responsabilità civile derivante dall'inquinamento da idrocarburi in Francia è disciplinata dall'articolo L5122-25 e seguenti del Codice di Trasporti, dagli articoli 544 e 1382 del Codice Civile, dall'articolo L160-1 del Codice Ambientale, dalla Direttiva 2004/35/CE del 21 aprile 2004 sulla responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale, dalla Convenzione sulla responsabilità civile del 1992 (CLC 1992), dalla Convenzione per l'istituzione del Fondo per il risarcimento da dei danni dovuti ad inquinamento da idrocarburi del 1992 (e relativo

protocollo del 2003), dalla Convenzione Bunker del 2001 e dalle risoluzioni dell' IMO di cui la Francia è contraente.

Fino al disastro della petroliera "ERIKA" non esisteva, ai sensi della legge francese, il diritto di rivendicare la reale perdita ambientale causata da *oil spill* in quanto i danni ambientali causati dallo sversamento di idrocarburi non erano codificati dalla Direttiva UE 2004/35/CE.

A seguito del caso "ERIKA", su cui la Corte Suprema francese si è espressa il 25 settembre 2012, fu ritenuto necessario introdurre nel Codice Ambientale, mediante la legge del 1 agosto 2008, il concetto di responsabilità ambientale e il susseguente principio "chi inquina paga". Tuttavia, tale legge ha evidenziato fin da subito i suoi limiti poiché prendeva in esame soltanto i danni all'ambiente causati dall'attività di un operatore così come definito dal Codice Ambientale; inoltre, tale legge faceva riferimento ad eventi verificatisi prima del 30 aprile 2007 o ad attività che pur causando un danno ambientale erano cessate nel 2007.

La nuova legge, nota come "Capitolo III del Codice civile francese relativo al risarcimento dei danni ambientali" entra in vigore il 10 agosto 2016. Nello specifico l'articolo 1246 del Codice Civile stabilisce che "chiunque causa un danno ambientale è ritenuto il responsabile di tale danno". Il danno ambientale acquisisce nel Codice un'accezione molto più ampia in quanto può scaturire sia dalla compromissione significativa del funzionamento e/o degli elementi che compongono un ecosistema sia dal venir meno, per la comunità, dei benefici collettivi generati dall'ambiente (Art. 1247). Sulla base del nuovo ordinamento l'ambiente assume i connotati di "parte civile" nel sistema legale francese e non risulta quindi più necessario che un individuo subisca un nocumento derivante dal danno ambientale per avviare una causa di risarcimento.

Una richiesta di risarcimento per danno ambientale può essere intentata da chiunque abbia capacità e interesse a citare in giudizio il procurante danno, come lo Stato, l'Agenzia Francese per la biodiversità, le autorità locali e le associazioni all'interno di un territorio colpito, così come le istituzioni pubbliche e le associazioni certificate (articolo 1248). Tuttavia, la legge limita il diritto di rivendicare alle associazioni che, al momento in cui viene fatta la richiesta, siano presenti sul territorio da almeno 5 anni. La nuova legge non si applica ai danni derivanti da eventi verificatisi prima del 1 ottobre 2016, a meno che la richiesta non sia stata presentata prima di tale data.

Il risarcimento consiste nel ripristinare l'ambiente naturale interessato o ricondurlo al suo stato naturale (articolo 1249). Qualora il ripristino sia impossibile o insufficiente, il giudice può ordinare alla persona responsabile di risarcire il richiedente per aver preso misure utili per ripristinare l'ambiente danneggiato, o in mancanza di ciò, risarcire lo Stato (articolo 1249).

L'articolo 1249 prevede inoltre che per la valutazione dei danni si tenga conto, se del caso, delle misure compensative già adottate, in particolare delle misure imposte dal Codice dell'Ambiente. La valutazione del danno deve essere proporzionale al suo impatto sull'ambiente e il danno è valutato caso per caso dal Tribunale competente.

In base all'articolo L.160-1 e seguenti del Codice Ambientale, in caso di danno ambientale, è possibile ordinare agli enti responsabili di adottare le necessarie misure di prevenzione o di riparazione e possono essere soggetti a procedure amministrative avviate dal prefetto competente

dell'area interessata. Un'azione di richiesta di risarcimento per danno ambientale può essere promossa entro 10 anni dalla data in cui si è verificato il fatto (articolo 2226-1).

La legge nazionale non prevede alcuna limitazione della responsabilità, contrariamente alle convenzioni internazionali adottate dalla Francia come: Convenzione internazionale sulla limitazione della responsabilità per crediti marittimi (Convenzione LLMC), Convenzione sulla responsabilità civile per i danni dovuti a inquinamento da combustibile delle navi (Convenzione Bunker Oil) e Convenzione sulla responsabilità civile del 1992 per i danni derivanti da inquinamento da idrocarburi (Convenzione CLC), ed è indipendente da qualsiasi errore.

### 3. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE

La definizione del **Quadro Conoscitivo** è il primo step necessario per l'**inquadramento dell'area interessata da qualsiasi intervento di monitoraggio ambientale**. Le informazioni da reperire non devono essere limitate al solo specchio acqueo, ma deve essere considerato l'ambito di interesse in senso lato, esaminando ad esempio i bacini idrografici di eventuali corsi d'acqua e canali che vadano a interagire con l'ambito portuale.

Le tipologie di dati da reperire possono essere di vario genere e vengono qui riportate a titolo esemplificativo e non esaustivo nello schema seguente (Figura 1).

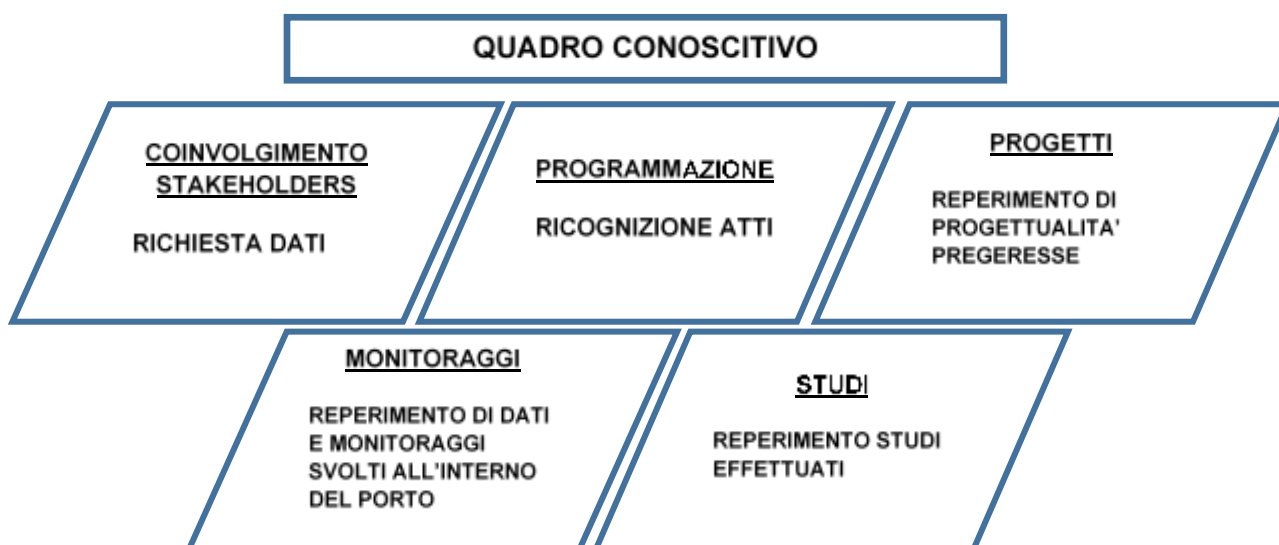


Figura 1 - Schema quadro conoscitivo

L'individuazione ed il coinvolgimento degli **stakeholders** è finalizzato al reperimento del maggior numero di dati prodotti dagli enti e operatori che hanno interesse o titolo all'interno dell'ambito di studio, compresi enti di governo e controllo Ministeriali, Regionali, Provinciali, Comunali, Militari.

È importante procedere alla definizione del **Quadro della Programmazione** del Porto ovvero di quelle che sono le competenze e le peculiarità degli Enti di Governo e Controllo, reperendo gli strumenti di indirizzo e sviluppo portuale, come ad esempio il Piano Regolatore Portuale, i Regolamenti Comunali, etc. Tali strumenti contengono spesso al loro interno analisi a varia scala che possono essere utilizzate nelle successive fasi di lavoro. Inoltre, evidenziano alcuni aspetti critici che devono essere tenuti in considerazione nello studio dell'area interessata.

Per la definizione del quadro conoscitivo, alle fasi precedenti si succederanno quelle di reperimento di progettualità, pregresse ed in corso, ed il reperimento di dati sia di **Monitoraggi** che di **Studi** effettuati all'interno del porto, compresi quelli relativi ad interventi di dragaggio e movimentazione di sedimenti.

Ad integrazione della documentazione reperita è sicuramente utile effettuare un'approfondita ricerca dei dati presenti in bibliografia e sulla rete web.



Una volta definito il quadro conoscitivo generale, il passo successivo è l'**inquadramento dell'area portuale di interesse**.

In maniera riassuntiva e non esaustiva, lo schema riporta le componenti da studiarsi al fine del corretto inquadramento dell'area di studio (Figura. 2).

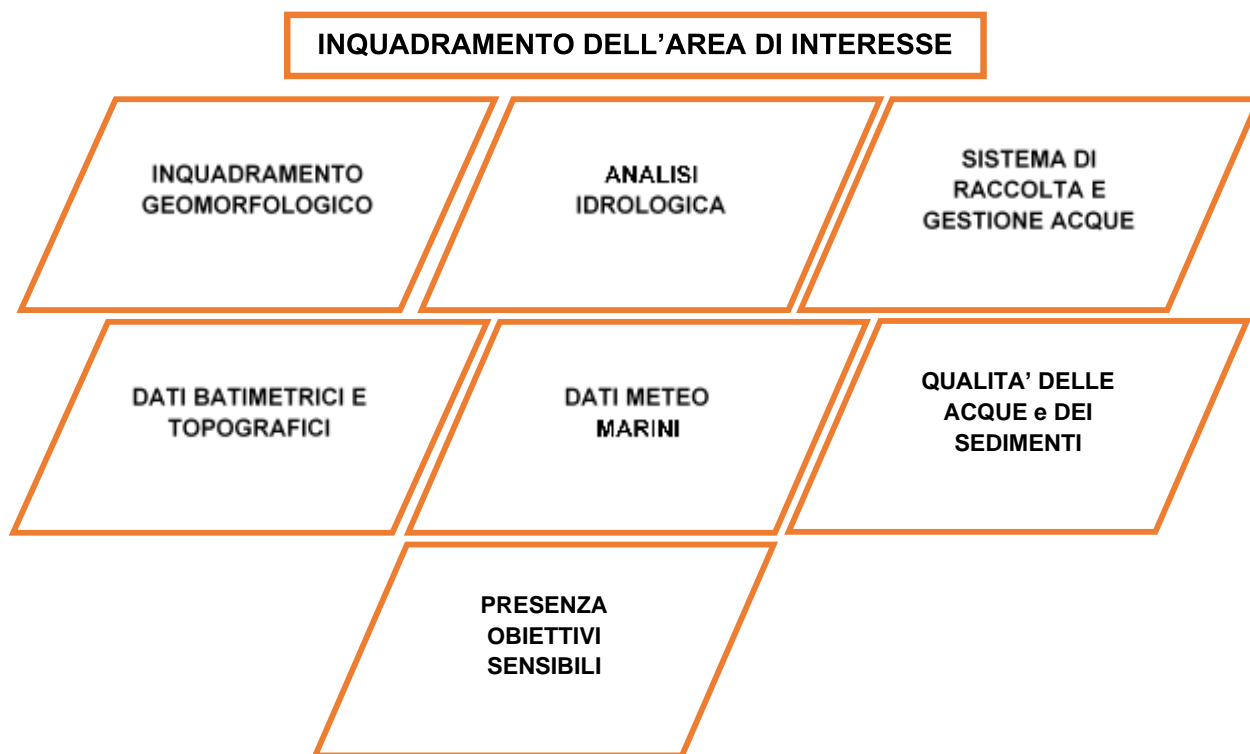


Figura 2 - Schema inquadramento dell'area d'interesse

### 3.1. Inquadramento geomorfologico

Per l'inquadramento geomorfologico, devono essere considerati sia l'inquadramento costiero, considerando l'unità fisiografica e il paraggio, che informazioni supplementari disponibili, quali la direzione media delle correnti, il flusso longitudinale dell'energia del moto ondoso ecc.

È inoltre opportuno che venga effettuata un'analisi geomorfologica finalizzata all'individuazione dei bacini idrografici di corsi d'acqua e canali che si immettono nel bacino portuale.

### 3.2. Analisi idrologica

Per una corretta Analisi Idrologica, se sono presenti canali e fiumi, è fondamentale conoscere le loro portate in ingresso, in modo tale da poter valutare correttamente i flussi d'acqua all'interno dello specchio acqueo portuale.

Per ogni elemento del reticolo idrografico devono essere analizzati almeno i seguenti aspetti:

- Portata di piena in caso di eventi ordinari;
- Portata di piena in caso di eventi straordinari;
- Trasporto solido;
- Funzionamento a marea;
- Immissione di inquinanti.

### **3.3. Sistema di raccolta e gestione acque piovane e fognarie**

Per l'inquadramento dell'area di interesse devono essere valutati anche l'eventuale presenza di sistemi di raccolta delle acque piovane e fognarie e dei relativi impianti di trattamento, in modo tale da individuare se sono presenti delle criticità.

### **3.4. Dati batimetrici e topografici**

Per l'analisi dell'area di interesse è fondamentale lo studio delle batimetrie, sia a largo che all'interno del bacino oggetto di indagine. Le variazioni di quota del fondale vengono solitamente utilizzate come parametri indiretti per valutare qualitativamente le aree a maggiore dinamicità.

È opportuna, inoltre, l'integrazione del dato batimetrico con la linea di riva ricavabile da rilievo topografico o, qualora non risulti sottoposta a variazioni naturali (es. banchine portuali), da ortofoto o immagini satellitari.

I dati batimetrici/topografici possono essere reperiti da svariate fonti:

- Carte nautiche e batimetriche ufficiali;
- Progetti;
- Rilievi tecnici;
- Acquisizione mediante strumentazione di tipo *singlebeam* o *multibeam* a seconda della precisione richiesta e della profondità di rilievo.

Inoltre, il dato batimetrico è fondamentale quale dato di ingresso nel caso di ricorso a modelli numerici.

### **3.5. Dati meteo-marini**

L'analisi meteo-marina è finalizzata alla definizione del clima anemometrico e ondometrico dell'area di interesse.

Per valutare le condizioni di possibile esposizione agli stati di mare dell'area di indagine, occorre inizialmente individuare il **settore di traversia**, ovvero la zona da cui possono provenire dal largo le agitazioni del mare. Allo stesso tempo, occorre prendere in considerazione i dati di vento incidente il paraggio attraverso lo studio del regime del vento e dei **dati anemometrici**.

Il dato anemometrico è generalmente ottenuto puntualmente attraverso misure strumentali, che sono ben diffuse sul territorio ed offrono delle serie di dati sufficientemente robuste per lo svolgimento delle analisi statistiche correlate.

Anche i dati ondometrici risultano fondamentali per la caratterizzazione del paraggio. Questi però risentono della poca diffusione delle boe e di serie storiche in molti casi limitate.

Laddove non si posseda una precisa serie storica di dati ondometrici, la conoscenza del regime del vento risulta essere di fondamentale importanza. Si può, infatti, determinare il **regime ondometrico** del paraggio a partire dai dati di vento registrati in prossimità dello specchio acqueo d'interesse e ci possono aiutare anche modelli numerici di circolazione atmosferica e di generazione e propagazione del moto ondoso.

### 3.6. Qualità delle acque

Oltre alle acquisizioni dei dati pregressi, per definire la qualità delle acque portuali oggetto di studio, occorre individuare una serie di attività da eseguirsi in campo e in laboratorio.

L'analisi sulla **qualità delle acque** deve considerare in via prioritaria la **torbidità delle acque ed i solidi sospesi**. Considerato che la torbidità può essere associata sia a cause antropiche (es. eliche dei motori) che a cause naturali (immissioni fluviali, idrodinamica portuale) è necessario che nell'analisi si tengano opportunamente in considerazione le variazioni stagionali, cercando di identificare le cause primarie che determinano la presenza dei Solidi Sospesi (SS) e l'aumento della torbidità.

Una serie di elementi chimico-fisici e biologici determina quantitativamente e qualitativamente lo stato della colonna d'acqua anche all'interno di un porto. Alcuni parametri diretti e indiretti possono essere misurati per la valutazione della qualità delle acque nelle aree oggetto di indagine. Per valutare la qualità delle acque e il relativo impatto sul biota occorre eseguire una serie di analisi tra cui: **Saggi Ecotossicologici, Test di Bioaccumulo, Biomarkers, Saggi in Situ e Analisi Microbiologiche**. L'integrazione dei parametri biologici con i parametri chimico-fisici risulta una strategia vincente per una corretta valutazione della qualità delle acque.

#### 3.6.1. Saggi ecotossicologici

Il saggio ecotossicologico è un esperimento biologico atto a verificare se un composto potenzialmente tossico, o un campione ambientale, causa una risposta biologica rilevante negli organismi utilizzati per il test.

Solitamente, gli organismi vengono esposti a differenti concentrazioni o dosi di una sostanza di prova o di un campione (acqua di scarico, fango di depurazione, suolo, sedimento fluviale o marino, ecc.) diluiti in un mezzo opportuno. L'approccio ecotossicologico è anche utilizzato per la determinazione e la valutazione degli effetti tossici acuti e cronici esercitati da matrici ambientali contaminate su organismi o gruppi di organismi: l'effetto tossico "acuto" si evidenzia in un lasso di tempo breve e, comunque, inferiore al tempo di generazione dell'organismo in esame, e prevede la valutazione di endpoints facilmente evidenziabili (ad esempio, l'immobilizzazione o la morte degli organismi impiegati nei saggi); l'effetto tossico "cronico" si sviluppa, viceversa, in un periodo di tempo più lungo e può coinvolgere più generazioni di individui esposti. La tossicità viene solitamente ricercata su matrici liquide (campioni di acque di scarico, acque superficiali, acque di falda, elutriati di matrici solide) o solide (terreni/sedimenti). Le prove di tossicità vengono effettuate sulla fase acquosa per valutare la tossicità dovuta alla presenza e alla biodisponibilità di contaminanti inorganici e microinquinanti idrosolubili.

La forza di una analisi ecotossicologica risiede nella scelta accurata dei test da effettuare, degli organismi chiave da utilizzare e degli endpoints da valutare. La tossicità di matrici complesse deve pertanto essere valutata mediante una batteria di bioindicatori, composta da almeno 3 saggi biologici appartenenti a livelli trofici diversi ed a taxa filogeneticamente distanti, allo scopo di analizzare il più ampio spettro di effetti su organismi con risposte differenti ai vari composti presenti nelle matrici.

### 3.6.2. Bioaccumulo con *Mytilus galloprovincialis*

L'impiego dei molluschi bivalvi, in particolare il mitilo comune *Mytilus galloprovincialis*, per il monitoraggio della contaminazione chimica degli ambienti costieri è utilizzato da decenni sia negli Stati Uniti sia in numerosi Paesi europei in programmi internazionali di *Mussel Watch*. La specie scelta come bioindicatore deve essere caratterizzata dalla mancanza di meccanismi biochimici o fisiologici in grado di regolare le concentrazioni tissutali dei contaminanti, ma allo stesso tempo deve possedere caratteristiche biologiche che la rendano idonea a questo scopo (nel caso specifico l'attiva filtrazione dei bivalvi), in questo modo, infatti, l'organismo concentra le sostanze nei propri tessuti in maniera proporzionale al loro livello ambientale.

I principali vantaggi offerti da un programma di monitoraggio condotto mediante l'utilizzo di *Mussel Watch* si possono riassumere nei seguenti punti:

- valutazione del grado di contaminazione secondo una misura "integrata nel tempo";
- possibilità di evidenziare facilmente gradienti sia spaziali che temporali;
- stima della "biodisponibilità" delle sostanze tossiche presenti nell'ambiente marino;
- valutazione del rischio legato al trasferimento di questi elementi attraverso le catene alimentari.

### 3.6.3. Biomarkers

Il biomarker può essere definito come una risposta biologica a una o più sostanze chimiche che dia una misura dell'esposizione e, talvolta, anche dell'effetto tossico su un organismo.

Queste variazioni o risposte possono essere cercate a livelli crescenti di complessità (Focardi e Leonzio, 2001): la tossicità primaria di un contaminante si esercita a livello biochimico e molecolare (modificazioni di attività enzimatiche, alterazioni a livello del DNA, ecc.) e, solo successivamente, gli effetti si possono riscontrare, con un meccanismo a cascata, nei livelli superiori di organizzazione, ossia cellule, tessuti, organi, fino a giungere a livello di organismi e popolazione.

I biomarkers non forniscono informazioni dirette sul tipo di contaminante ambientale, tuttavia informano in maniera precoce dell'avvenuta esposizione ad inquinanti, permettendo interventi a breve termine e la messa a punto di adeguati programmi di gestione sostenibile dell'ambiente in esame.

La variabilità biologica degli organismi determina che l'analisi di un singolo biomarker sia difficilmente in grado di rispondere in maniera corretta alle richieste del piano di monitoraggio, dato che un parametro può essere soggetto alla variabilità insita negli organismi viventi e fornire risultati ambigui, causando sovrastime o sottostime degli effetti sulle biocenosi.

È necessario quindi l'impiego di una batteria di biomarkers, al fine di produrre un risultato integrato, che da un lato minimizzi gli effetti della variabilità biologica e dall'altro sia confermato da più di una indagine.

#### 3.6.4. Saggi *in situ*

I saggi biologici condotti *in situ* prevedono l'esposizione della specie test direttamente in campo al fine di verificare la comparsa di possibili effetti tossici. Rispetto ai saggi condotti in condizioni controllate di laboratorio, i saggi *in situ* permettono di ridurre la manipolazione dei campioni e di integrare nel tempo possibili effetti dovuti alle variazioni di parametri ambientali (idrodinamismo, temperatura, luce, sedimentazione, ecc.) che possono influire sulla biodisponibilità e sulla tossicità dei contaminanti presenti nell'ambiente. Di conseguenza è possibile giungere a un'interpretazione più realistica dell'inquinamento presente nell'ecosistema oggetto di studio.

#### 3.6.5. Microrganismi

Per quanto i batteri siano al momento principalmente inclusi nei monitoraggi marini come microrganismi potenzialmente patogeni per l'uomo, con la finalità di ridurre al minimo il rischio per la salute pubblica, i microrganismi presentano abbondanza, biomassa, attività e biodiversità molto superiore agli organismi superiori e svolgono un ruolo chiave nel funzionamento degli ecosistemi marini (Pomeroy et al., 2007). Grazie ai loro alti tassi di crescita, i procarioti mostrano una risposta rapida ai cambiamenti ambientali e alle perturbazioni, una caratteristica questa che li rende validi indicatori precoci della qualità delle acque marine (Caruso et al., 2016). La dimostrazione che solo una frazione della diversità microbica presente negli ecosistemi naturali sia coltivabile (<0,1-1%), divario noto come "*la grande anomalia della conta su piastra*", fa sì che le tecniche di microscopia e l'uso di tecniche molecolari abbiano affiancato le più tradizionali tecniche di coltivazione nella determinazione dell'abbondanza procariotica e della sua biodiversità.

Il picoplancton comprende l'insieme degli organismi microscopici di dimensione compresa tra 0,2 e 2  $\mu\text{m}$ , sia eterotrofi che autotrofi, ed include batteri eterotrofi, batteri autotrofi (principalmente cianobatteri dei generi *Synechococcus* e *Prochlorococcus*), *Archaea*, e piccoli eucarioti autotrofi ed eterotrofi. Il **picoplancton fototrofo** è responsabile di una frazione significativa della produzione primaria in molti ambienti pelagici, rappresentando un importante costituente nei cicli biogeochimici del carbonio e nutrienti (Maclsaac & Stockner, 1993). Al contempo, il **picoplancton eterotrofo**, e in particolar modo la sua componente procariotica, è un elemento essenziale della rete trofica, come decompositori rende disponibile l'azoto ed il fosforo per il fitoplancton e convoglia il carbonio organico disciolto nella biomassa dei livelli trofici superiori. L'abbondanza del picoplancton costituisce pertanto un indicatore dello **stato trofico** di un ambiente marino (HELCOM, 2017), incluse le acque portuali (Rossano et al., 2020).

Oltre a svolgere un ruolo fondamentale nella rete trofica, i procarioti mostrano uno spettro molto ampio di diversità filogenetica e metabolica. Specifici gruppi di microrganismi trovano pertanto impiego nel monitoraggio di specifiche funzioni ecologiche.

La degradazione di idrocarburi ed altri inquinanti organici è strettamente legata alla presenza in un ambiente di microrganismi dotati delle appropriate capacità cataboliche. I **microrganismi**

**degradatori di idrocarburi** sono un gruppo eterogeneo di microrganismi eterotrofi in grado di impiegare idrocarburi petroliferi e, più raramente, xenobiotici (ovvero composti organici di sintesi) come fonte di carbonio ed energia. Le differenti frazioni di una miscela idrocarburica contaminante possiedono biodegradabilità e recalcitranza notevolmente diversa e la loro degradazione è operata da differenti gruppi metabolici di microrganismi (Head et al., 2006). In ambiente marino, i batteri idrocarbonoclastici obbligati sono poi specializzati nell'impiego di idrocarburi alifatici o aromatici (Cappello & Yakimov, 2010). L'enumerazione di microrganismi degradatori di specifici idrocarburi, tramite l'impiego di metodologie classiche di coltivazione selettiva o di tecniche di quantificazione molecolare, consente di valutare la potenzialità autodepurativa intrinseca di un ecosistema nei confronti di idrocarburi ed altri inquinanti organici (Zhu et al., 2001). L'analisi della biodiversità della comunità procariotiche tramite tecniche di *fingerprinting* e di sequenziamento massivo (NGS) permettono inoltre di diagnosticare differenze locali nelle fonti di emissione di idrocarburi specifici in ambiente portuale, rappresentando uno strumento complementare all'analisi chimica per la designazione di strategie ottimali di controllo, gestione e bonifica dell'inquinamento (Vitali et al., 2019; Tamburini et al., 2020).

### **3.7. Presenza di obiettivi sensibili**

#### **3.7.1. Popolazione biocenotica**

Tutte le alterazioni indotte da eventi naturali o da attività antropiche devono essere valutate, anche in considerazione dei possibili effetti che queste generano in termini di perdita di habitat e di diminuzione della biodiversità, soprattutto in presenza di habitat e/o specie sensibili.

Con il termine “comunità zoobentoniche” si indicano quelle associazioni di animali che vivono a contatto con il fondo dei sistemi acquatici, o che a esso sono strettamente legate, da relazioni trofiche ed ecologiche. Lo studio della componente macrobentonica è parte integrante della valutazione delle caratteristiche dell'ambiente marino e fornisce parametri importanti per valutarne la qualità. La composizione delle comunità bentoniche dei fondali può essere utilizzata per rilevare eventuali specie di elevato pregio naturalistico e caratterizzare le condizioni ambientali di aree da indagare.

Questi organismi, data la stretta associazione con il fondo e la scarsa mobilità, sono efficaci descrittori dell'ecosistema, poiché direttamente esposti alla variazione di parametri ambientali.

La risposta delle comunità agli stress ambientali consiste in un'alterazione più o meno marcata della struttura dei popolamenti, a partire da un cambiamento nella composizione specifica, con la scomparsa delle specie più sensibili. Lo studio delle comunità bentoniche dei fondi mobili e

l'elaborazione di indici di biodiversità sono quindi ulteriori mezzi per monitorare lo stato di qualità degli ambienti marino-costieri.

#### **3.7.2. Prateria di *Posidonia oceanica***

Come accennato in precedenza, lo studio delle specie sensibili alle alterazioni naturali o antropiche è importante nella valutazione della qualità delle acque. Tra queste sicuramente risalta lo studio delle praterie di *Posidonia oceanica*, uno degli ecosistemi di maggior pregio ambientale dell'ambiente marino costiero mediterraneo.

Dal punto di vista ecologico, le praterie di *P. oceanica* costituiscono un habitat in grado di ospitare una grande varietà di specie e rappresentano importanti aree di riparo, riproduzione e nursery per diverse specie di pesci, bivalvi e gasteropodi (Guidetti e Fabiano, 2000; Boudouresque et al., 2006). Grazie allo straordinario sviluppo fogliare presentano tassi molto elevati di produttività primaria e producono elevate quantità di ossigeno, che entrano nell'ambiente marino (Gobert et al., 2006). Giocano un ruolo chiave nel ciclo del carbonio nell'ambiente marino, in particolare nello stoccaggio di quest'ultimo nei rizomi e nella "matte".

Per quanto riguarda gli aspetti geomorfologici le praterie, grazie ai suoi densi/fitti e lunghi fasci fogliari, sono in grado di consolidare il substrato sabbioso, aumentare la rugosità del fondo riducendo così l'idrodinamismo delle masse d'acqua e delle correnti di fondo; questo determina un rallentamento nel trasporto dei solidi sospesi e quindi favorisce la sedimentazione e l'accumulo di materiale inorganico e organici.

Le praterie di *P. oceanica* sono molto sensibili ai cambiamenti ambientali ed alla pressione prodotta sulle aree costiere dalle attività umane, per questo vengono considerate un buon indicatore della qualità ambientale (Dumay et al., 2002; Montefalcone et al., 2008).

Tra le cause di disturbo antropico è possibile annoverare la massiccia urbanizzazione delle coste, con conseguente incremento degli scarichi di nutrienti/inquinanti provenienti dai vari centri abitati localizzati lungo le aree litorali, nonché le attività industriali ed agricole, che determinano anch'essi l'apporto di contaminanti di varia natura lungo le aree costiere, inclusi i nutrienti (ISPRA, 2010). Un'ulteriore minaccia per la conservazione delle praterie di *P. oceanica* dovuta alle attività dell'uomo è legata alla costruzione di infrastrutture costiere (porti e barriere artificiali, dighe foranee, oleodotti, gasdotti, ecc.) che determinano un danno meccanico diretto ed un incremento dei tassi di sedimentazione.

La regressione delle praterie è anche dovuta allo stress meccanico legato all'uso eccessivo di imbarcazioni e dei loro ancoraggi, nonché allo sviluppo degli impianti di acquicoltura, al sovrasfruttamento da pesca ed all'utilizzo di alcuni strumenti da pesca fortemente impattanti, quali il cosiddetto "strascico", che pur essendo vietati entro le tre miglia dalla costa vengono utilizzati illegalmente (ISPRA, 2010). Inoltre, le praterie sono fortemente minacciate da alterazioni legate indirettamente alle attività umane, quali ad esempio l'introduzione di specie alloctone, che associate alle variazioni climatiche che interessano in modo consistente il Mar Mediterraneo, stanno determinando una variazione progressiva e consistente delle biocenosi presenti.

#### 4. IL PIANO DI MONITORAGGIO

Oltre alle caratteristiche meteomarine e il regime correntometrico delle aree oggetto dell'intervento antropico, in generale gli **elementi da monitorare** sono rappresentati da:

- caratteristiche chimico-fisiche della colonna d'acqua (conducibilità, temperatura, pressione, pH, potenziale redox, concentrazione di ossigeno disciolto, concentrazione di nutrienti, clorofilla «a»);
- livelli di torbidità *in situ* e la concentrazione di solidi sospesi in colonna d'acqua;
- concentrazione dei contaminanti significativi sui diversi componenti della colonna d'acqua (tal quale, particellato, disciolto);
- eventuale concentrazione dei contaminanti nei sedimenti superficiali tramite analisi chimiche dei parametri risultati più critici nella fase di caratterizzazione;
- 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;
- microrganismi, sia batteri indicatori in caso di potenziale rischio igienico-sanitario che la componente planctonica autoctona per la valutazione di effetti precoci, stato trofico e specifiche funzioni ecologiche (es. microrganismi degradatori);
- struttura delle biocenosi bentoniche sensibili e/o di elevato pregio naturalistico potenzialmente influenzate dall'intervento antropico.

Per l'intera durata delle attività dell'intervento antropico, 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.

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 devono riportare, inoltre, le informazioni relative alle stazioni di campionamento ed 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 file acquisiti, le note generali.

I parametri da monitorare dovranno essere individuati in base alle caratteristiche dell'area oggetto dell'intervento, alla qualità delle acque e dei sedimenti, all'impatto ambientale di un evento accidentale o meno, nel rispetto di quanto previsto dalla normativa di settore e secondo il principio di gradualità.

Il piano di monitoraggio deve contenere anche la descrizione del contesto ambientale in cui si svolgono gli interventi e 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 l'intervento antropico come parte integrante del piano di monitoraggio. 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.



In **appendice** vengono fornite alcune carte georeferenziate relative alle campagne di monitoraggio eseguite nei tre porti pilota del progetto (Livorno, Cagliari e Bastia) con alcuni parametri ritenuti più significativi alle attività di indagine svolte.

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 nel caso di movimentazione di sedimenti oppure lo spostamento delle chiazze di idrocarburi in caso di sversati a mare. 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.

#### **4.1. Monitoraggio delle attività di movimentazione di sedimenti portuali**

La progettazione di un piano di monitoraggio per le attività di movimentazione dei **sedimenti** 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.

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.

La progettazione del piano di monitoraggio oltre ad essere 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 conseguire una approfondita conoscenza dell'area oggetto di

intervento e 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.

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.

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 ed 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.

Tutte le attività che riguardano la movimentazione dei sedimenti devono essere sottoposte a monitoraggio ambientale secondo il **principio di gradualità**: il numero delle stazioni ed 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 ed 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, etc.) 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, ecc) 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 scelto, invece, 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.

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 mobilitazione 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.

Per quanto riguarda l'utilizzo della modellistica numerica, per una trattazione più approfondita sulla tematica si rimanda al manuale ISPRA *“La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere”*. (Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D., Romano E (2017). Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017, pp.144) ed al *“Manuale per l'applicazione delle linee guida sull'utilizzo della modellistica a supporto della gestione delle attività di dragaggio in ambito portuale”* (ARPAL - ISPRA, AA.VV, 2019) redatto nell'ambito del progetto Interreg Marittimo SEDRIPOORT.

#### **4.2. Monitoraggio di interventi di contenimento e rimozione di sversamenti accidentali di idrocarburi ed altri reflui**

Il piano di monitoraggio di un intervento di mitigazione di sversamenti di sostanze inquinanti in mare ha come obiettivo primario quello di verificare l'**efficacia delle azioni** intraprese in termini di contenimento della diffusione dei contaminanti e di riduzione dei loro potenziali effetti negativi sull'area colpita e sulle zone limitrofe. In questo contesto, la strategia di intervento adottata ha la finalità di mitigare gli impatti negativi dell'evento di sversamento, sia esso accidentale o deliberato. Le strategie di intervento e monitoraggio sono state calibrate con il progetto GRRinPORT per lo specifico contesto portuale e sono il risultato dell'esperienza maturata nel Porto di Cagliari, durante l'attuazione di Azioni pilota per la **gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali** così come definiti dalla convenzione MARPOL (Annesso I *oil* e Annesso IV *sewage*) [OUTPUT T2.3 *“Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali nelle acque dei porti”*], e degli esiti del monitoraggio delle acque nei **tre porti pilota**.

Nel contesto portuale, il rilascio in mare di **idrocarburi e altre sostanze chimiche pericolose** è provocato sia da incidenti sporadici, responsabili di fenomeni di inquinamento acuto, che dalle operazioni routinarie connesse alla navigazione marittima e all'attività cantieristiche di riparazione e manutenzione, causa di contaminazioni croniche diffuse. L'inquinamento di natura organica, microbiologica, ma anche chimica, è invece riconducibile agli **scarichi di acque nere e grigie** delle imbarcazioni, soprattutto da diporto (es. impianti sanitari di bordo e dalle acque grigie). Le acque portuali possono essere, infine, il collettore di inquinanti e nutrienti derivanti dal contesto urbano, industriale e territoriale nel quale il porto si colloca, soprattutto quando l'area portuale è interessata da afflussi fluviali. Le contaminazioni nelle acque portuali si caratterizzano pertanto per una **spiccata eterogeneità** sia spaziale (nelle diverse zone dello specchio acqueo) che temporale (nelle diverse stagioni o anni) e sia in termini quantitativi (livello dei singoli inquinanti e nutrienti) che qualitativi (composizione delle miscele contaminanti) a causa della elevatissima variabilità delle componenti e della loro origine. Rispetto al contesto emergenziale in cui si attuano gli interventi e relativi monitoraggi legati a incidenti a mare, le operazioni di mitigazione delle contaminazioni nelle acque portuali si connotano invece come interventi gestionali di **fenomeni cronici**; per quanto, soprattutto nei porti e porticcioli turistici, le attività portuali e il traffico marittimo siano marcatamente stagionali.

In considerazione delle specificità delle aree portuali, la definizione di piani di monitoraggio di interventi per il contenimento degli inquinanti in un'area portuale devono necessariamente considerare il contesto territoriale nel quale il porto si colloca, le specifiche attività portuali, le dimensioni del porto, la tipologia delle imbarcazioni che vi fanno scalo, nonché l'eventuale periodicità del traffico marittimo e di altre pressioni connesse con le attività turistiche.

La collocazione delle **stazioni di monitoraggio** deve tener conto dei differenti utilizzi negli specifici settori dell'area, causa potenziale di pressioni diverse, ma anche delle caratteristiche idrodinamiche del bacino portuale, causa di eventuali discontinuità (forzanti mareali, d'onda e contributi degli afflussi) e di zone di accumulo preferenziale dei contaminanti, nonché degli input da terra. La collocazione di stazioni di monitoraggio alla bocca di porto (**interfaccia** tra l'area portuale e il mare) e nella **zona prospiciente** permette di meglio definire il contesto ambientale in cui il porto si colloca (di particolare importanza per la comprensione di fenomeni non direttamente legati alle attività portuali) e di valutare l'eventuale dispersione della contaminazione dall'area portuale verso la costa adiacente. Per le specifiche caratteristiche delle aree portuali risulta invece difficile, e in molti casi impossibile, la definizione di **stazioni di controllo** non soggette a pressioni antropiche e pertanto, la valutazione degli effetti migliorativi delle azioni intraprese devono necessariamente essere valutate alla luce degli esiti di un monitoraggio costante e prolungato dell'area.

La **frequenza del monitoraggio** deve essere sufficiente a descrivere i fenomeni fisici/chimici/biologici **spiccatamente stagionali** del comparto acque; le variazioni temporali possono infatti influenzare, anche in maniera considerevole, l'efficacia dell'intervento. Al contrario, gli impatti derivanti dalle pressioni antropiche possono risultare profondamente diversi in rapporto al periodo dell'anno in cui si realizzano. Nel caso degli idrocarburi, gli impatti determinati da sversamenti possono risultare notevolmente superiori nella stagione invernale rispetto a quella estiva, sia in rapporto alla minor biodisponibilità dell'inquinante che ai più bassi tassi di degradazione microbica. In tal senso gli esiti del monitoraggio se, da un lato, consentono di valutare l'efficacia dell'intervento in atto, dall'altro, consentono un miglioramento della **pianificazione razionale di interventi futuri**.

La selezione dei **parametri di monitoraggio** deve tener conto della specificità della contaminazione nell'area oggetto dell'intervento. Se da un lato risulta indispensabile il monitoraggio dei tenori di inquinanti obiettivo dell'azione, siano essi idrocarburi o reflui organici, la presenza di altri inquinanti, quali metalli, può determinare effetti tossici sinergici e quindi deve essere valutata. In entrambi i casi si rende necessario il monitoraggio dello stato trofico del corpo idrico tramite misurazione di parametri fisico-chimici (saturazione dell'ossigeno, azoto e fosforo totali, clorofilla) e della componente microbica responsabile della capacità auto-depurativa del sistema nel quale l'intervento è attuato.

Negli interventi di mitigazione delle contaminazioni da idrocarburi ed altre sostanze organiche pericolose tramite impiego di **disperdenti** è di fondamentale importanza la valutazione preliminare ed in corso d'opera della presenza di condizioni idonee alla degradazione microbica e, più nel dettaglio, elevati livelli di saturazione di ossigeno, un corretto bilancio tra carbonio: azoto: fosforo (indicativamente pari a 100:10:1) e presenza di microrganismi degradatori. Fattori limitanti, quali bassi tenori di ossigeno, bassi livelli di azoto e fosforo, presenza di co-contaminazioni tossiche (incluso lo stesso disperdente in caso di composti di sintesi chimica), assenza di microrganismi con

le idonee capacità degradative, possono infatti rendere l'azione di stimolazione dell'attività microbica, ad opera del disperdente, estremamente ridotta se non addirittura nulla (Atlas & Hazen, 2011). Anche nel caso di interventi di contenimento e rimozione di idrocarburi tramite l'impiego di **prodotti ad azione assorbente** il monitoraggio biologico deve necessariamente affiancare il solo monitoraggio chimico tradizionale. Trattandosi di sistemi di rimozione meccanica tali prodotti risultano particolarmente indicati nelle zone/periodi a bassa attività auto-depurativa (es. settori con carenza di ossigeno per ridotta circolazione delle acque, fenomeni di eutrofizzazione, basse temperature invernali); d'altro canto i prodotti ad azione assorbente partecipano alla rimozione del contaminante non solamente con meccanismo meccanico ma anche con meccanismo biologico, velocizzando i processi di degradazione microbica grazie alla loro capacità di migliorare l'interazione tra i microrganismi ed il contaminante (Setti et al., 1999), e pertanto il contesto ambientale dell'ecosistema in cui sono installati deve essere tenuto in considerazione nella valutazione delle loro prestazioni.

## APPENDICE 1 – ESEMPI DI CARTE GIS

Vengono di seguito riportate alcune rappresentazioni grafiche esemplificative di cartografia georeferenziata creata in ambiente GIS.



**Carta 1 - Torbidità (FTU) riscontrata nelle fasi pre, durante e post intervento di dragaggio di sedimenti condotto nel porto di Livorno da ottobre 2020 a gennaio 2021.**  
Per ciascuna stazione di monitoraggio sono riportati i valori minimo e massimo rilevati nelle tre fasi di campionamento.





**Carta 2-** Concentrazioni della **clorofilla** ( $\mu\text{g/l}$ ) riscontrata nelle fasi pre, durante e post intervento di dragaggio di sedimenti condotto nel porto di Livorno da ottobre 2020 a gennaio 2021. Per ciascuna stazione di monitoraggio sono riportati i valori minimo e massimo rilevati nelle tre fasi di campionamento.



Carta 3 – Concentrazioni di **mercurio** (mg/kg s.s.) rilevate nei campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. I valori sono confrontati con i Livelli Chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 del D.M. 173/2016.



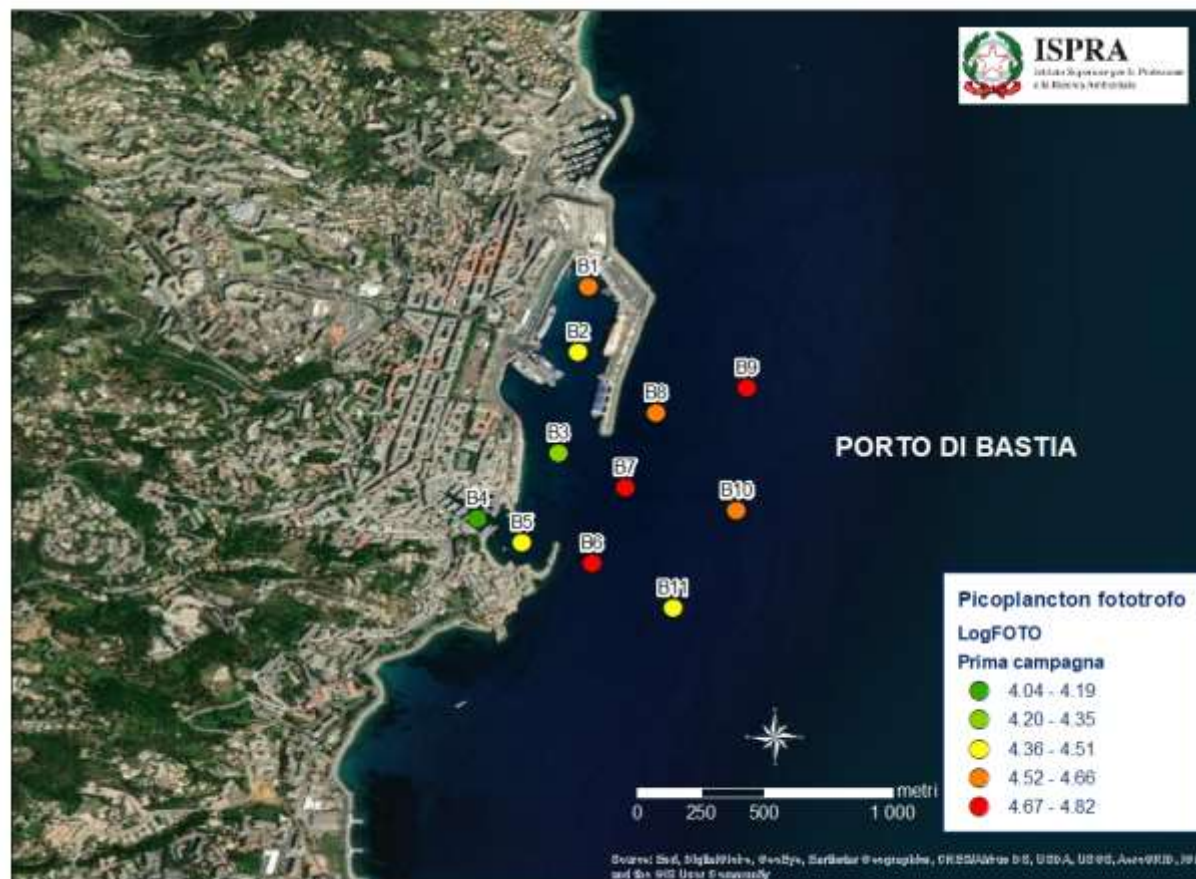
Carta 4- Concentrazioni di **zinco** (mg/kg s.s.) rilevate nei campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. I valori sono confrontati con i Livelli Chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 del D.M. 173/2016.



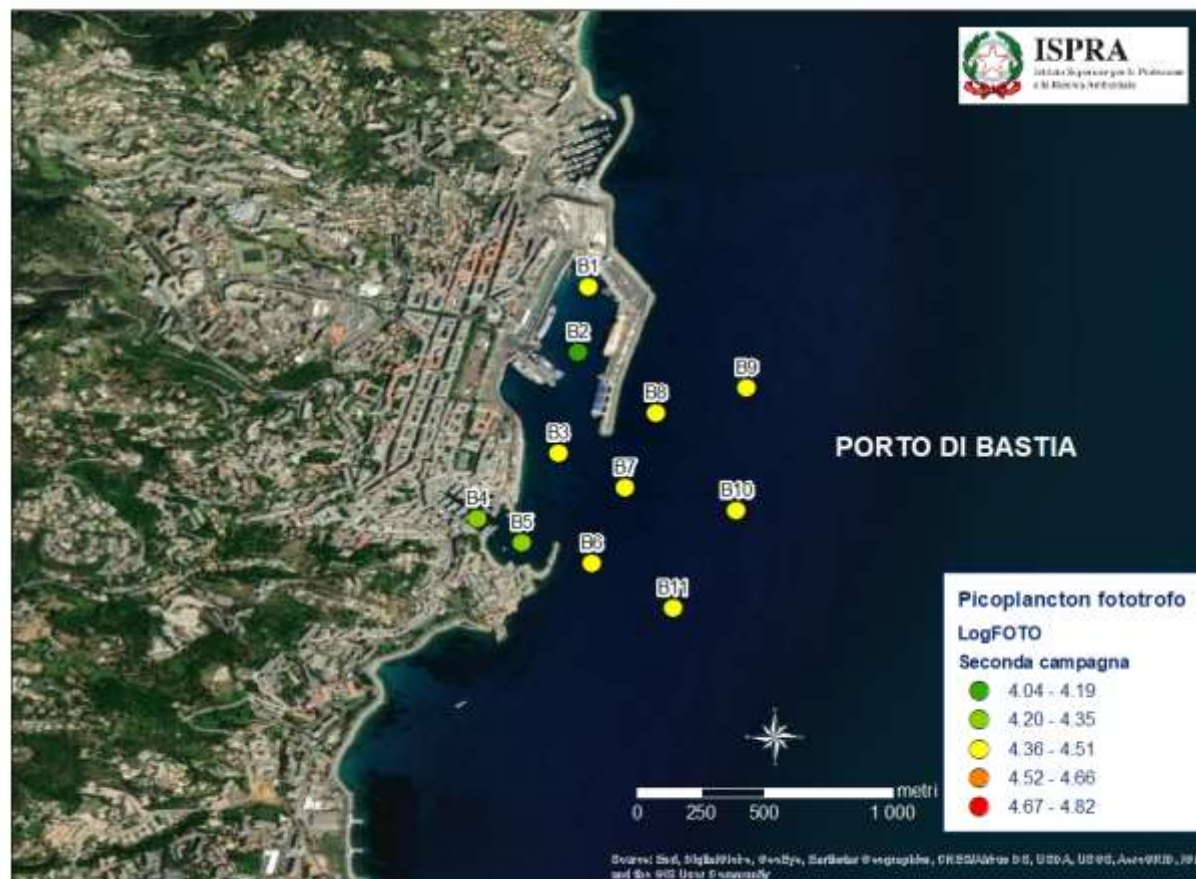
Carta 5 – Concentrazioni di **piombo** (mg/kg s.s.) rilevate nei campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. I valori sono confrontati con i Livelli Chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 del D.M. 173/2016.



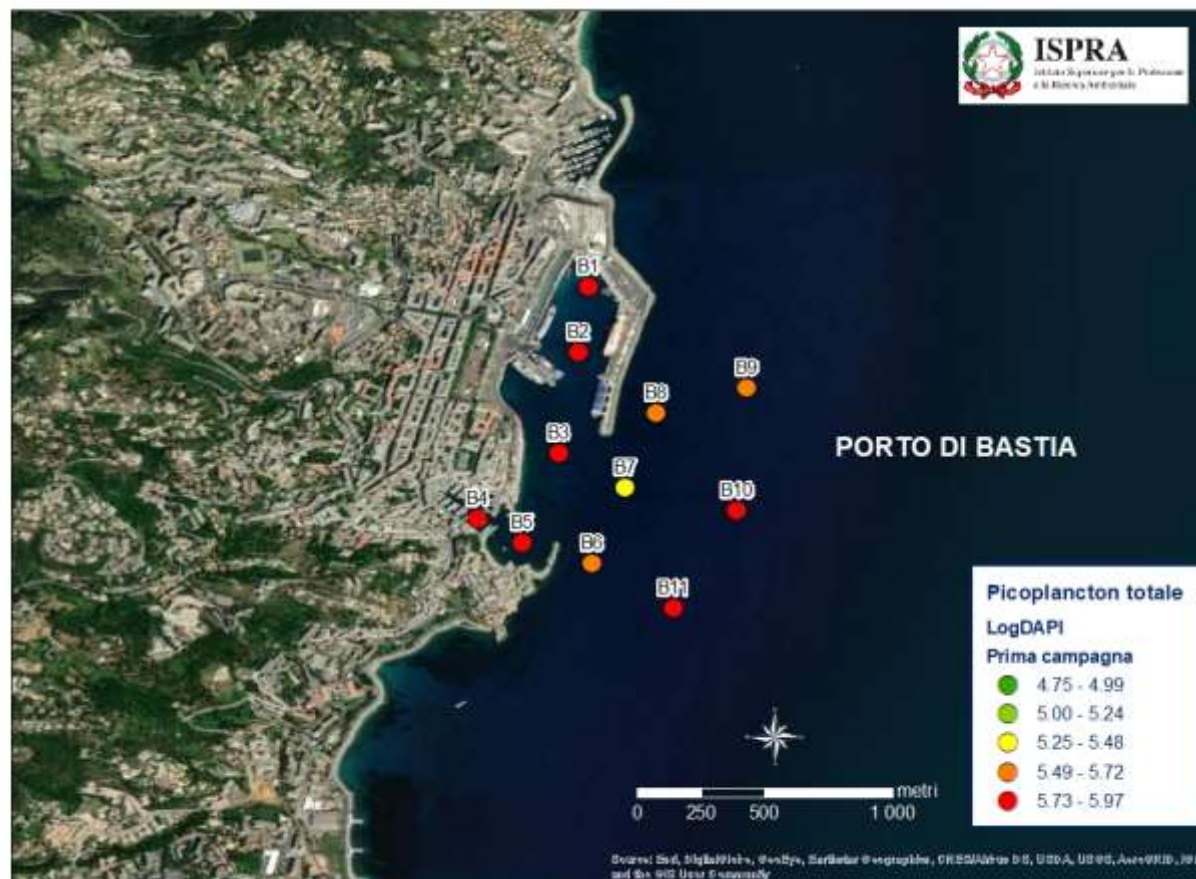
Carta 6 – **Embriotossicità** rilevata con il saggio biologico eseguito con *Paracentrotus lividus* su elutriato di campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. In rosso sono riportate le stazioni di campionamento in cui è stata rilevata un'alta tossicità, in verde le stazioni in cui non risulta presente alcuna tossicità.



Carta 7 - Concentrazione logaritmica (cellule/mL) del **picoplancton fototrofo** (FOTO) nelle acque superficiali del Porto di Bastia determinate da UNICA nella prima campagna di indagine (marzo 2021).



Carta 8 - Concentrazione logaritmica (cellule/mL) del **picoplancton fototrofo** (FOTO) nelle acque superficiali del Porto di Bastia determinate da UNICA nella seconda campagna di indagine (maggio 2021).



Carta 9 - Concentrazione logaritmica (cellule/mL) del **picoplancton totale** (DAPI) nelle acque superficiali del Porto di Bastia determinate da UNICA nella prima campagna di indagine (marzo 2021).





## APPENDICE 2 – BIBLIOGRAFIA CITATA E DI CONSULTAZIONE

Accordo RAMOGE: Prevenzione e lotta contro l'inquinamento dell'ambiente marino.  
<http://www.ramoge.org/it/default.aspx>

Amendola G., "Le nuove disposizioni contro l'inquinamento idrico". Milano II Ed.

APAT-ICRAM, 2006. Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini.

ARPAL - ISPRA, AA.VV, 2019. Manuale per l'applicazione delle linee guida sull'utilizzo della modellistica a supporto della gestione delle attività di dragaggio in ambito portuale. Redatto nell'ambito dell'Azione T1 del progetto SEDRIPORT

Atlas, R. M., & Hazen, T. C. (2011). Oil biodegradation and bioremediation: a tale of the two worst spills in U.S. history. *Environmental Science & Technology*, 45, 6709–6715.

Atzeni A., "Studio idrodinamico del Porto Storico di Cagliari", gennaio 2010. Autorità Portuale di Cagliari.

Atzeni A., "Valutazione dei regimi di moto ondoso nel Golfo di Cagliari", 1986. Progetto per la realizzazione della condotta sottomarina per la diffusione in mare dei reflui urbani.

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Bando di gara Attività di caratterizzazione, ai sensi del DM 173/2016, dei sedimenti marini dei fondali dello specchio acqueo compreso tra i Moli Sabauda e Rinascita del Porto di Cagliari, da eseguirsi per il progetto "SE.D.R.IPORT - sedimenti, dragaggi, rischi portuali" nell'ambito del programma di cooperazione transfrontaliera Italia - Francia marittimo 2014 – 2020. 2019.

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Impianto acque di trattamento – piazzali per la sosta dei semirimorchi in Loc. Sa Perdixedda, giugno 2019.

Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, Piano Operativo Triennale 2018-2020 dell'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna approvato con Delibera del Comitato di Gestione n. 3 del 14.02.2018.

Blanfuné A., Thibaut T., Palomba L., 2017. Préfiguration du réseau macroalgues – Bassin Rhône Méditerranée Corse – Application de la directive Cadre Eau – Rapport d'état écologique des masses d'eau – Littoral rocheux méditerranéen français – Deuxième phase de réévaluation. Contrat Agence de l'eau RMC.

BMP Ingegneria s.r.l. "Fornitura e installazione vasche di prima pioggia, Planimetria di Progetto e Particolari", giugno 2019. Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna.

Boudouresque C.F., Mayot N., Pergent G., 2006. The outstanding traits of the functioning of the *Posidonia oceanica* seagrass ecosystem. *Biol. Mar. Med.* 13 (4): 109-113.

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2004. Seagrass systems. *Biol. Mar. Med.* 11 (1): 133–183.

Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare Montego Bay 1982.  
<https://fedlex.data.admin.ch/filestore/fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2009/416/20090531/it/pdf-a/fedlex-data-admin-ch-eli-cc-2009-416-20090531-it-pdf-a.pdf>

Cappello, S., & Yakimov, M. M. (2010). Alcanivorax. In K. N. Timmis (Ed.), Handbook of Hydrocarbon and Lipid Microbiology (pp. 1738–1748). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Caruso, G., Azzaro, M., Caroppo, C., Decembrini, F., Monticelli, L. S., Leonardi, M., ... La Ferla, R. (2016). Microbial community and its potential as descriptor of environmental status. ICES Journal of Marine Science, 73(9), 2174–2177.

Convenzione di Barcellona: Convenzione per la protezione del Mare Mediterraneo dall'inquinamento 1976. GU delle Comunità Europee L 240 20° anno del 19.09.1977

Convenzione di Londra Memorandum d'intesa fra i Governi d'Italia, del Regno Unito, degli Stati Uniti e di Jugoslavia, firmato a Londra il 5 ottobre 1954 0.814.288.1.

Convenzione internazionale del 1992 sull'istituzione di un fondo internazionale per il risarcimento dei danni dovuti ad inquinamento da idrocarburi (Convenzione del 1992 sull'istituzione del Fondo).

Convenzione internazionale sulla responsabilità civile per i danni derivanti da inquinamento da idrocarburi conclusa a Bruxelles il 29 novembre 1969, come modificata dal Protocollo firmato a Londra il 27 novembre 1992 (CLC).

D.L. 22 giugno 2012, n. 83. Testo del decreto-legge 22 giugno 2012, n. 83 (in supplemento ordinario n. 129/L alla Gazzetta Ufficiale - serie generale - n. 147 del 26 giugno 2012), coordinato con la legge di conversione 7 agosto 2012, n. 134 (in questo stesso supplemento ordinario alla pag. 1), recante: «Misure urgenti per la crescita del Paese.». (12A08941). GU n.187 del 11-08-2012 - Suppl. Ordinario n. 171.

D.Lgs. 10 dicembre 2010, n.219. Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE 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. GU n. 296 del 20 dicembre 2010.

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. G.U. n. 88 del 14 aprile 2006.

D.Lgs. 9 novembre 2007, n. 205. Attuazione della direttiva 2005/33/CE che modifica la direttiva 1999/32/CE in relazione al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo. GU n. 261 del 9 novembre 2007.

D.M. 15 luglio 2016, n. 172. Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei Siti di Interesse Nazionale, ai sensi dell'art. 5 bis, c. 6, della L. 28 gennaio 1994, n. 84. GU n. 208 del 06.09.2016.

D.M. 22 dicembre 2016. Adozione del Piano nazionale delle ispezioni di stabilimenti, imprese, intermediari e commercianti in conformita' dell'art. 34 della direttiva 2008/98/CE, nonché delle spedizioni di rifiuti e del relativo recupero o smaltimento. (17A00047) GU n. 7 del 10-1-2017.

D.M. 7 novembre 2008. Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296. GU n. 284 del 04.12.2008 .

D.M. 8 novembre 2010, n. 260. Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali. GU n. 30 del 07-02-2011 - Suppl. Ordinario n. 31.

D.M.15 luglio 2016 n. 173. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. GU n. 208 del 06.09.2016 - Suppl. Ordinario n. 40.

De Groot R., Brander L., Van Der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., Mc Vittie A., Portela R., Rodriguez L.C., Ten Brink P., Van Beukering P., 2012. Globalestimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services: 1: 50–61.

DIRETTIVA 2000/59/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 27 novembre 2000 relativa agli impianti portuali di raccolta per i rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico. GU dell'Unione Europea L 332 del 28.12.2000.

DIRETTIVA 2000/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 ottobre 2000 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. GU dell'Unione Europea L 327 del 22.12.2000.

DIRETTIVA 2004/35/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 21 Aprile 2004.

DIRETTIVA 2005/33/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 6 luglio 2005 che modifica la direttiva 1999/32/CE in relazione al tenore di zolfo dei combustibili per uso marittimo. GU dell'Unione Europea L 191/59 del 22.7.2005.

DIRETTIVA 2005/35/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 7 settembre 2005 relativa all'inquinamento provocato dalle navi e all'introduzione di sanzioni per violazioni. GU dell'Unione Europea L 255/11 del 30.9.2005.

DIRETTIVA 2006/7/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 15 febbraio 2006 relativa alla gestione della qualità delle acque di balneazione e che abroga la direttiva 76/160/CEE. GU dell'Unione Europea L 64/37 del 4.3.2006.

DIRETTIVA 2008/56/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 17 giugno 2008 che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino). GU dell'Unione Europea L 164/19 del 25.6.2008.

DIRETTIVA 2009/30/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 23 aprile 2009 che modifica la direttiva 98/70/CE per quanto riguarda le specifiche relative a benzina, combustibile diesel e gasolio nonché l'introduzione di un meccanismo inteso a controllare e ridurre le emissioni di gas a effetto serra, modifica la direttiva 1999/32/CE del Consiglio per quanto concerne le specifiche relative al combustibile utilizzato dalle navi adibite alla navigazione interna e abroga la direttiva 93/12/CEE. GU dell'Unione Europea L 140/88 del 5.6.2009.

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 (codificazione). GU dell'Unione Europea L 26/1 del 28.1.2012.

DIRETTIVA 2014/52/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO che modifica la direttiva 2011/92/UE concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e private. GU dell'Unione Europea L124/1 del 16.4.2014.

DIRETTIVA 92/43/CEE DEL CONSIGLIO del 21 maggio 1992 relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche. GU dell'Unione Europea L 206 del 22.7.1992.

DUMAY O., FERNANDEZ C., PER-GENT G., 2002. Primary production and vegetative cycle in *Posidonia oceanica* when in competition with the green algae *Caulerpa taxifolia* and *Caulerpa racemosa*. Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom, 82: 379-387.

Durante L., Valutazioni sullo stato delle acque del canale del Terramaini. Campagna di indagine febbraio 2018, Parco del Molentargius.

Egis, EON1509\_00B - Etude des courants marins et de la houle directionnelle - Bastia - Octobre 2017.

Egis, Etudes des houles incidentes pour le projet d'extension du Port de Bastia R16-082-RevA.

Évaluation, au titre du programme REFIT, de la directive 2000/59/CE sur les installations de réception portuaires pour les déchets d'exploitation des navires et les résidus de cargaison Port de Primel – le Diben: Plan de reception & de traitement des dechets d'exploitation et residus de cargaison des navires du port de peche, de commerce, a dominante plaisance - Établi conformément à la directive 2000/59/CE Annexé à la délibération de l'autorité portuaire N° D14-065 du 17 février 2014.

Focardi S. e Leonzio C., 2001. I bioindicatori nel monitoraggio costiero. Biol. Mar. Medit., 8 (2): 136-145.

Head, I. M., Jones, D. M., & Röling, W. F. M. (2006). Marine microorganisms make a meal of oil. Nature Reviews Microbiology, 4(March), 173–182.

HELCOM (2017) Manual for Marine Monitoring in the COMBINE Programme of HELCOM <https://helcom.fi/media/publications/Manual-for-Marine-Monitoring-in-the-COMBINE-Programme-of-HELCOM.pdf>.

Gobert S., Cambridge M.L., Velimirov B., Pergent G., Lepoint G., Bouquegneau J.M., Dauby P., Pergent-Martini C., Walker D.I., 2006. Biology of Posidonia. In: Larkum AWD, Orth RJ, Duarte CM (eds) Seagrasses: biology, ecology and conservation. Springer, Dordrecht, pp 387–408.

Guidetti P. e Fabiano M., 2000. The use of lepidochronology to assess the impact of terrigenous discharges on the primary leaf production of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. Marine Pollution Bulletin, 40: 449-453.

<https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/PROTOCOLAmended2006.pdf>.

IBC Code International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Dangerous Chemicals in Bulk.

IFREMER Atlas DCE website : [http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas\\_DCE](http://envlit.ifremer.fr/var/envlit/storage/documents/atlas_DCE).

IFREMER de Nantes - Belin C., Claisse D., Daniel A., Fleury E., Miossec L., Piquet J-C., Ropert M., avec le soutien du service DYNECO/VIGIES Boisseaux A., Lamoureux A., Soudant D. - mars 2015 – ODE/DYNECO/VIGIES/15-07 - Qualité du Milieu Marin Littoral Synthèse Nationale de la Surveillance 2013, Ed.2015.

IGC Code The international code of the construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk has been mandatory under SOLAS chapter VII since 1 July 1986.

Il trasporto delle merci pericolose via mare - [www.dirittoambiente.com](http://www.dirittoambiente.com).

International Convention, 2005 on Civil Liability for Bunker Oil Pollution Damage, 2001. London, 23 March 2001 Miscellaneous No.8.

ISPRA, Manuali e Linee Guida 169/2017, dicembre 2017. La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere.

ISPRA, Manuali e Linee Guida 55/2010. Formazione e gestione delle banquettes di *Posidonia oceanica* sugli arenili. ISBN: 978-88-448-0426-8.

ISPRA-Rapporti 214/2015. La gestione dei rifiuti nei porti italiani -- ISBN 978-88-448-0697-2.

L'implementazione della nuova Direttiva quadro sulle acque (2000/60/CE) - Arpa Emilia-Romagna - Annuario dei dati ambientali 2010; <http://www.direttivaacque.minambiente.it>.

Lauria F. "L'unione Europea – Origine, sviluppi, problemi attuali" 4<sup>a</sup> ed., Torino 1996.

LEGGE 2 dicembre 1994, n. 689 Ratifica ed esecuzione della convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare, con allegati e atto finale, fatta a Montego Bay il 10 dicembre 1982, nonché dell'accordo di applicazione della parte XI della convenzione stessa, con allegati, fatto a New York il 29 luglio 1994. GU n. 295 del 19.12.1994 - Suppl. Ordinario n. 164.

LEGGE 25 gennaio 1979, n. 30 Ratifica ed esecuzione della convenzione sulla salvaguardia del mar Mediterraneo dall'inquinamento, con due protocolli e relativi allegati, adottata a Barcellona il 16 febbraio 1976. GU n. 40 del 09.02.1979 - Suppl. Ordinario.

LEGGE 28 gennaio 1994, n. 84 Riordino della legislazione in materia portuale. GU n. 28 del 04.02.1994 - Suppl. Ordinario n. 21.

LEGGE 31 dicembre 1982, n. 979 Disposizioni per la difesa del mare. GU n.16 del 18.01.1983 - Suppl. Ordinario.

Lenza U., Il diritto degli spazi internazionali. Torino 1999.

Linee guida per l'istruttoria autorizzativa dei sistemi di trattamento delle acque reflue domestiche ed assimilate - Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure Revisione 02 del 01/05/15.

London Convention/ London Protocol, 1996. Protocol to the convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter, 1972.

Maclsaac, E. A., & Stockner, J. G. (1993). Enumeration of Phototrophic Picoplankton by Autofluorescence Microscopy. In Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology (pp. 187–197). Lewis Publishers.

Mannai A., Pratica relativa alla richiesta di autorizzazione scarico a mare acque meteoriche provenienti dai piazzali della darsena pescherecci sita in zona Sa Scafa – Relazione tecnica, Giugno 2017, Autorità Portuale di Cagliari.

Medtrix, une plateforme en ligne au service des experts du milieu marin pour la surveillance des eaux côtières et des écosystèmes de Méditerranée. Guide méthodologique 2016. Edition Andromède Océanologie / Agence de l'Eau RMC.

Modimar s.r.l, Studio della circolazione idrica e della qualità delle acque, Progetto per la realizzazione della Nuova Darsena Pescherecci del porto di Cagliari - novembre 2011, Autorità Portuale di Cagliari.

Montefalcone M., Chiantore M., Lanzone A., Morri C., Bianchi C.N., Albertelli G., 2008. BACI design reveals the decline of the seagrass *Posidonia oceanica* induced by anchoring. Marine Pollution Bulletin 56: 1637–1645.

OSPAR Convention 1992. Convention for the protection of the marine environment of the north-east atlantic.

Piazzi M., "Il trasporto marittimo delle merci pericolose", Livorno 1997; R.I.NA..

Piazzi M., "Tecniche antinquinamento del mare – Inquinamento da idrocarburi e prodotti chimici", Livorno 1997.

Pomeroy, L., leB. Williams, P., Azam, F., & Hobbie, J. (2007). The microbial Loop. Oceanography, 20(2), 28–33.

Quaderno ICRAM, gennaio 2002. Aspetti tecnico-scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini: dragaggi portuali.

Rapport de la commission au parlement européen et au conseil - Bruxelles, le 31.3.2016 COM (2016) 168 final.

Regione Autonoma della Sardegna, Piano di Assetto Idrogeologico approvato con approvato Decreto del Presidente della Regione Sardegna n. 67 del 10.07.2006.

Regione Autonoma della Sardegna, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni approvato con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 del 15.03.2016 e con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27.10.2016. GU n. 30 del 06.02.2017.

Regione Autonoma della Sardegna, Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino della Regione Sardegna n. 2 del 17.12.2015.

Regione Autonoma della Sardegna, Programma Azione Coste, 2013.

Regolamento (CE) n.1013/2006 14 giugno 2006 relativo alle spedizioni di rifiuti. GU dell'Unione Europea L 190/1 del 12 luglio 2006.

Regolamento (CE) n.660/2014 15 maggio 2014 recante modifica del regolamento (CE) n. 1013/2006 relativo alle spedizioni di rifiuti. GU dell'Unione Europea L 27/06/2014, n. 189.

Ris R.C., Booij N., Holthuijsen L.H., 1999. A third generation wave model for coastal regions, Part II, Verification. Journal of Geophysical Research, Vol. 104, No. C4: 7667-7682.

Romano E., Ausili A., Bergamin L., Celia Magno M., Pierfranceschi G., Venti F., 2018. Linee Guida SNPA 18/2018. Analisi granulometriche dei sedimenti marini.

Ronzitti N., "Diritto internazionale per Ufficiali delle Marina Militare", Rivista Marittima 1996.

Rossano, C., Milstein, A., Nuccio, C., Tamburini, E., & Scapini, F. (2020). Variables Affecting the Plankton Network in Mediterranean Ports. Marine Pollution Bulletin, (December 2019), 111362.

Rovito C., "La disciplina dei rifiuti portuali: aspetti tecnico – pratici a quasi due anni dall'entrata in vigore del D.Lgs 182/2003" - [www.dirittoambiente.com](http://www.dirittoambiente.com).

Rovito C., "La struttura della Marpol 73/78" (International Convention for prevention the pollution from ships).

Salamone L., "La direttiva (ce) n. 2005/c 25e/03 sull'armonizzazione del sistema sanzionatorio previsto al fine di aumentare la sicurezza marittima e migliorare la protezione dell'ambiente marino dall'inquinamento provocato dalle navi" - Diritto & Diritti - Electronic Law Review.

Santoni G., "Infrazioni e sanzioni marittime – Prontuario", Roma VII ed.



Setti, L., Mazzieri, S., & Pifferi, P. G. (1999). Enhanced degradation of heavy oil in an aqueous system by a *Pseudomonas* sp. in the presence of natural and synthetic sorbents. *Bioresource Technology*, 67, 191–199.

Site characterization report Cagliari Port - Sardinia, Italy, MAPMED project - Management of Port areas in the Mediterranean Sea Basin.

SOLAS Convenzione internazionale del 1974 per la salvaguardia della vita umana in mare 0.747.363.33 Londra il 1° novembre 1974.

Spalding M., Taylor M., Ravilious C., Short F., Green E., 2003. The distribution and status of seagrasses. In: Green E.P., Short F.T. (Eds.), *World Atlas of Seagrasses*. University of California Press, Berkeley, CA.

Systèmes portuaires d'alerte précoce et de vigilance Étude documentaire - 2010 Programme des Nations Unies pour l'environnement.

Tamburini, E., Doni, L., Lussu, R., Meloni, F., Cappai, G., Carucci, A., ... Vitali, F. (2020). Impacts of anthropogenic pollutants on benthic prokaryotic communities in Mediterranean touristic ports. *Frontiers in Microbiology*, 11(June), 1–16.

Tilocca G. e MMI s.r.l., Fase 2 – Campagna di monitoraggio dei canali Santa Gilla e San Bartolomeo – Relazione Tecnica - Studi di settore del nuovo Piano Regolatore Portuale, riguardanti le caratteristiche idrogeologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua e l'inquadramento idrogeologico, geologico e geotecnico dell'ambito portuale; luglio 2010, Autorità Portuale di Cagliari.

Tilocca G. e MMI s.r.l., Relazione idrologica e idraulica - Studi di settore del nuovo Piano Regolatore Portuale, riguardanti le caratteristiche idrogeologiche ed idrauliche dei corsi d'acqua e l'inquadramento idrogeologico, geologico e geotecnico dell'ambito portuale, settembre 2009, Autorità Portuale di Cagliari.

Tomasicchio U., "Manuale di ingegneria portuale e costiera". Editoriale Bios, Cosenza.

Tricoli D., "Studio idraulico del Canale Terramaini", giugno 2019, Comune di Cagliari.

Verna P., "Prontuario per l'attività di polizia marittima", Rimini 2001.

Vitali, F., Mandalakis, M., Chatzinikolaou, E., Dailianis, T., Senatore, G., Casalone, E., ... Tamburini, E. (2019). Benthic prokaryotic community response to polycyclic aromatic hydrocarbon chronic exposure: importance of emission sources in Mediterranean ports. *Frontiers in Marine Science*, 6(September), 1–13.

Zhu, X., Venosa, A. D., Suidan, M. T., & Lee, K. (2001). Guidelines for the bioremediation of marine shorelines. U.S. Environmental Protection Agency.