



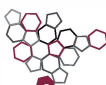
REGIONE AUTONOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



UNIVERSITÀ
DI CORSICA
PASQUALE
PAOLI



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



GRRinPORT

Gestione sostenibile dei rifiuti e dei reflui nei porti

Piani d'azione e linee guida

INDICE

PREMESSA	4
-----------------	----------

PIANO D'AZIONE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI PORTUALI **11**

PREMESSA	12
1. INTRODUZIONE	13
2. CLASSIFICAZIONE DEI RIFIUTI PRODOTTI DALLE NAVI	18
3. PIANI DI RACCOLTA E DI GESTIONE DEI RIFIUTI NEI PORTI	20
4. IDENTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI CRITICITÀ E DEGLI OBIETTIVI PRIORITARI	22
5. ASPETTI TARIFFARI	26
5.1 Esempi di tariffazione: il caso del Porto di Cagliari	27
5.2 Esempi di tariffazione: il caso del Porto di Livorno	30
6. SISTEMI DI GESTIONE AMBIENTALE	32
7. AZIONI CONCRETE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI RIFIUTI NEI PORTI	35
O.S.1) Migliorare le procedure di raccolta e gestione dei rifiuti a bordo e le infrastrutture per la raccolta nei porti	36
O.S.2) Applicare opportune condizioni per incentivare e migliorare la gestione dei rifiuti sulle navi e nei porti	42
O.S. 3) Promuovere l'ottenimento di certificazioni ambientali e la partecipazione a programmi di cooperazione	46

PIANO D'AZIONE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI REFLUI E DEGLI SVERSAMENTI ACCIDENTALI NELLE ACQUE DEI PORTI **49**

PREMESSA	50
1. INTRODUZIONE	51
2. CLASSIFICAZIONE DEI REFLUI PRODOTTI DALLE IMBARCAZIONI	60
3. MODALITÀ DI GESTIONE NEI PORTI DEI REFLUI PRODOTTI DALLE IMBARCAZIONI	63
4. PIANI DI RACCOLTA E DI GESTIONE DEI REFLUI E RIFIUTI NEI PORTI	69
5. ASPETTI TARIFFARI	71
5.1 Esempi di tariffazione: il Porto di Cagliari	71
5.2 Esempi di tariffazione: il Porto di Livorno	74
5.3 Esempi di tariffazione: i Porti di Ajaccio e Bastia	76
6. PIANI DI GESTIONE DELLE EMERGENZE DA SVERSAMENTO DI INQUINANTI NEI PORTI	78

6.1. Il caso studio del Porto di Cagliari: contenimento degli sversamenti nelle acque del porto e gestione sostenibile della risorsa idrica 85

7. IDENTIFICAZIONE DELLE PRINCIPALI CRITICITÀ E DEGLI OBIETTIVI PRIORITARI 90

8. AZIONI PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI REFLUI E DEGLI SVERSAMENTI ACCIDENTALI NEI PORTI 95

O.S. 1) Incrementare la disponibilità e l'uso delle stazioni fisse di aspirazione delle acque di sentina e nere nei porti 96

O.S. 2) Comunicare informazioni chiare, facilmente accessibili nella lingua ufficiale dello Stato membro in cui si trova il porto e in una lingua usata internazionalmente 98

O.S. 3) Identificare e applicare opportuni incentivi economici per migliorare la gestione dei reflui sulle navi e per il conferimento nei porti 102

O.S. 4) Adottare sistemi di prevenzione degli impatti ambientali causati dai microversamenti di idrocarburi nelle acque portuali. 105

O.S.5) Minimizzare gli impatti dovuti ai servizi dedicati alle attività da diporto (inquinamento e dispendio idrico) 107

BIBLIOGRAFIA 109

PIANO D'AZIONE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DEI SEDIMENTI DI DRAGAGGIO CONTAMINATI 111

PREMESSA 112

IL CONTESTO NORMATIVO 113

1.1 Operazioni di dragaggio effettuate nell'ambito di SIN 117

1.2 Operazioni di dragaggio effettuate al di fuori di un ambito SIN 123

2. PIANO D'AZIONE PER LA GESTIONE SOSTENIBILE DI SEDIMENTI CONTAMINATI 130

3. APPLICAZIONE DEL LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) AL PIANO DI AZIONE DEI SEDIMENTI PROPOSTO DA GRRINPORT 139

3.1 Goal and Scope definition 139

3.2 Risultati 142

4. BIBLIOGRAFIA 143

4.1 Normativa 144

5. APPENDICE A - ESEMPI DI BUONE PRATICHE: UNO SGUARDO IN EUROPA 146

6. APPENDICE B – PUBBLICAZIONE SU RIVISTA SCIENTIFICA DELLE RISULTANZE DELL'LCA 156

LINEE GUIDA E MAPPA GEOREFERENZIATA PER IL MONITORAGGIO DEGLI IMPATTI AMBIENTALI DERIVANTI DA INTERVENTI ANTROPICI NEI PORTI

157

PREMESSA	158
1. QUADRO CONOSCITIVO	162
1.1 Il contesto italiano	162
1.1.1 MOVIMENTAZIONE DI SEDIMENTI DOVUTA A INTERVENTI PROGRAMMATI SUI FONDALI	162
1.1.2 ACQUE DI DRENAGGIO DALLE VASCHE DI COLMATA	164
1.1.3 EVENTI ACCIDENTALI SU NAVI IN PROSSIMITÀ DEI PORTI	180
1.2 Il contesto francese	186
1.2.1 LA NORMATIVA FRANCESE RELATIVA AGLI SCARICHI	187
1.2.2 IL CONCETTO DI DANNO AMBIENTALE NELLA NORMATIVA FRANCESE	191
2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERESSE	195
2.1 Inquadramento geomorfologico	197
2.2 Analisi idrologica	197
2.3 Sistema di raccolta e gestione acque piovane e fognarie	198
2.4 Dati batimetrici e topografici	198
2.5 Dati meteo-marini	199
2.6 Qualità delle acque	200
2.6.1 SAGGI ECOTOSSICOLOGICI	200
2.6.2 BIOACCUMULO CON MYTILUS GALLOPROVINCIALIS	202
2.6.3 BIOMARKERS	202
2.6.4 SAGGI IN SITU	203
2.6.5 MICRORGANISMI	204
2.7 Presenza di obiettivi sensibili	206
2.7.1 POPOLAZIONE BIOCENOTICA	206
2.7.2 PRATERIA DI POSIDONIA OCEANICA	207
3. IL PIANO DI MONITORAGGIO	210
3.1 Monitoraggio delle attività di movimentazione di sedimenti portuali	212
3.2 Monitoraggio di interventi di contenimento e rimozione di sversamenti accidentali di idrocarburi ed altri reflui	219
4. APPENDICE 1 – ESEMPI DI CARTE GIS	224
5. APPENDICE 2 – BIBLIOGRAFIA CITATA E DI CONSULTAZIONE	234
RINGRAZIAMENTI	247

PREMESSA

GRRinPORT – Gestione sostenibile dei rifiuti e dei reflui nei porti è un progetto avviato ad aprile del 2018, terminato a giugno 2021, finanziato nell’ambito del Programma Operativo Interreg Marittimo Italia-Francia. L’obiettivo generale di GRRinPORT è stato quello di **migliorare la qualità delle acque marine nei porti** limitando l’impatto dell’attività portuale e del traffico marittimo sull’ambiente.

Per raggiungere questo obiettivo generale, GRRinPORT ha definito un **set di buone pratiche per la gestione di rifiuti e reflui prodotti a bordo delle imbarcazioni e di sedimenti dragati nelle acque portuali**, in accordo con i principi della valorizzazione delle risorse e dell’economia circolare. Le buone pratiche sono rivolte a enti gestori e utenti delle aree portuali e potranno essere estese a tutti i porti dell’area del Programma e, in prospettiva, a tutto il bacino del Mediterraneo.

GRRinPORT ha cercato di favorire il **riposizionamento delle strutture portuali in un contesto eco-sostenibile ed eco-innovativo** con un approccio di cooperazione transfrontaliera, basato su alcuni elementi di innovatività. Infatti, il principale effetto negativo dell’attuale sistema di gestione dei reflui e rifiuti in ambito portuale, ovvero l’inquinamento delle acque e dei sedimenti portuali, deriva soprattutto dalla scarsa informazione e sensibilizzazione dei fruitori del porto, da carenza/assenza delle infrastrutture di conferimento di reflui e rifiuti nei porti, ma anche dalla necessità da parte dei fruitori di doversi adattare a regole/procedure diverse in ogni porto/paese.

Con un budget pari a 1.276.054,12 euro, di cui 1.084.646,00 finanziati dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, i partner di GRRinPORT hanno raggiunto gli obiettivi di progetto attraverso: i) la definizione di **Piani d'azione** per la gestione sostenibile di rifiuti e reflui prodotti a bordo delle imbarcazioni e di sedimenti dragati, indirizzati agli enti gestori ed agli utenti delle aree portuali, ii) la realizzazione di specifiche **Azioni Pilota** per la gestione di reflui, sversamenti accidentali di idrocarburi e sedimenti di dragaggio contaminati, contribuendo, così, alla diffusione di approcci comuni e virtuosi tra strutture site in Paesi diversi ma che condividono lo stesso ambiente marino, il Mar Mediterraneo. Si valorizzano in tal modo le strutture portuali oltre la mera funzionalità, anche realizzando, se assente. o potenziando, se carente, la **connessione** tra le strategie di gestione di rifiuti e reflui nei porti coinvolti e nelle realtà territoriali nelle quali sono inseriti.

In maniera più specifica, le attività del Progetto GRRinPORT sono state finalizzate a:

1) Migliorare la gestione nei porti dei rifiuti prodotti dal traffico marittimo e dall'attività portuale attraverso la predisposizione di:

a) uno Studio delle preferenze individuali circa l'attività di raccolta e stoccaggio a bordo e conferimento dei rifiuti in porto, finalizzato a comprendere le preferenze individuali degli utilizzatori (pescatori, diportisti, grandi imbarcazioni, turisti, residenti) delle strutture portuali delle città di Cagliari, Ajaccio e Livorno.

b) un **Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei rifiuti nei porti**, contenente indicazioni su approcci e procedure

atte a ottimizzare e armonizzare gestione a bordo, tipologia di contenitori, comunicazioni imbarcazione/approdo, conferimento e stoccaggio temporaneo in porto. Le attività di studio sono state condotte sui porti di Cagliari, Livorno, Ajaccio e Bastia.

c) una APP per informare gli utilizzatori dei porti dei servizi ecologici promossi dal Progetto e fornire la localizzazione delle aree attrezzate e delle isole ecologiche dove i diportisti possono conferire i rifiuti prodotti a bordo della propria imbarcazione. La **App GRRinPORT** è disponibile sui principali store sia per Android che per iOS, in italiano, francese e inglese.

2) Migliorare la gestione nei porti dei reflui prodotti dal traffico marittimo e dall'attività portuale attraverso la predisposizione di:

d) un **Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali nelle acque dei porti** contenente indicazioni su approcci e procedure atte a ottimizzare e armonizzare gestione a bordo, comunicazioni imbarcazione/approdo, conferimento reflui e gestione degli sversamenti accidentali di idrocarburi. Le azioni di studio sono state condotte nei Porti di Cagliari, Livorno, Ajaccio e Bastia. L'obiettivo è stato raggiunto anche attraverso la realizzazione di **due Azioni Pilota**, implementate nel porto di Cagliari (Area attrezzata per l'aspirazione e convogliamento dei reflui delle imbarcazioni da diporto e per la verifica delle prestazioni di prodotti riciclabili in lana di pecora, da impiegare per il contenimento di idrocarburi sversati nelle acque) e un'azione Pilota implementata nei porti di Cagliari, Ajaccio e Livorno (Area attrezzata per la raccolta e lo stoccaggio degli oli vegetali usati).

e) **Linee guida e una mappa georeferenziata** per il monitoraggio degli impatti ambientali derivanti da attività antropiche nei porti. Questa azione ha coinvolto i porti di Cagliari, Livorno, Ajaccio e Bastia.

3) *Ottimizzare i sistemi di trattamento dei sedimenti contaminati dragati nei porti attraverso la predisposizione di:*

f) un **Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei sedimenti contaminati** derivanti da attività di dragaggio portuale. Il Piano contiene anche i risultati ottenuti dall'**Azione Pilota** (Area attrezzata per il trattamento di sedimenti di dragaggio contaminati) che ha previsto due diversi impianti progettati e messi in funzione a Livorno e Pisa grazie ai quali sono stati condotti gli studi sul trattamento dei sedimenti contaminati con lo scopo di ridurne il quantitativo da destinare a discarica, attraverso l'identificazione di metodologie tecnicamente ed economicamente efficienti per la rimozione di contaminanti organici e inorganici su matrici di diversa composizione, in un'ottica di economia circolare che consenta, quindi, il riutilizzo del materiale decontaminato.

Il capofila del Progetto GRRinPORT è stato l'**Università degli Studi di Cagliari** che ha partecipato con due dipartimenti, il **DICAAR -Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura** e il **DISB- Dipartimento di Scienze Biomediche**. Gli altri partner del progetto sono stati la **Regione Autonoma della Sardegna**, con la **Direzione Generale Agenzia Regionale Distretto Idrografico della Sardegna**, RAS-ADIS; la **Mediterranean Sea and Coast Foundation (MEDSEA)**, l'**Université de Corse Pasquale Paoli** con il Laboratoire **Lisa-Umr CnrS6240 Lieux, Identités, eSpaces et Activité**; l'Office des Transports de la Corse (OTC); l'**Università di Pisa** con il **DESTEC - 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 in aree marino costiere afferente al CN-COS, Livorno.

AUTORI

Nome	Istituzione
Alessandra Carucci	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Giorgia De Gioannis	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Daniela Spiga	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Aldo Muntoni	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Elena Tamburini	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Raffaela Lussu	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Isabella Pecorini	Università di Pisa - UNIPI
Renato Iannelli	Università di Pisa - UNIPI
Alessio Ceccarini	Università di Pisa - UNIPI
Simona Di Gregorio	Università di Pisa - UNIPI
Fabiano Pilato	ISPRA
Simona Macchia	ISPRA
Andrea La Camera	ISPRA
Davide Sartori	ISPRA
Alessandro Lai	SarLand Srls (per conto di RAS - ADIS)
Alice Scanu	SarLand Srls (per conto di RAS - ADIS)
Antonio Corda	RAS-ADIS
Corinne Idda	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
Dominique Prunetti	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
Claudio Detotto	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
Olivier Beaumais	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
Josè Bassu	OTC

The background image shows a harbor scene with several boats docked. In the foreground, a white boat with the name 'UCARDI' and the number '164 157' is visible. Behind it, other boats and a city built on a hillside are visible. The image is overlaid with a green-to-blue gradient. Two white rectangular boxes with black borders contain text.

Sviluppo di strategie di gestione integrata e transfrontaliera e innovativa dei rifiuti nei porti

Piano di Azione per la gestione sostenibile dei rifiuti portuali

PREMESSA

Una delle principali criticità emerse nella gestione ambientale dei porti è l'assenza di procedure omogenee (anche tra porti appartenenti ad una stessa tratta turistica e/o commerciale) che regolino il conferimento, la gestione e il trattamento dei rifiuti prodotti a bordo delle imbarcazioni, che può incentivare l'impiego di pratiche scorrette e ambientalmente pericolose da parte degli utenti, o può essere causa di incomprensioni tra questi ultimi e gli operatori portuali. È pertanto necessario lo sviluppo e l'implementazione di un modello transfrontaliero comune che regolamenti in modo omogeneo il conferimento e la gestione dei rifiuti. A questo scopo è stato elaborato il presente Piano di Azione per la gestione sostenibile dei rifiuti nei porti, con lo scopo di fornire delle Linee Guida per il settore, da condividere tra i partner, gli enti gestori e gli utenti finali attraverso opportune azioni di formazione, comunicazione e sensibilizzazione. L'obiettivo è il raggiungimento di elevati standard ambientali che tutelino l'ambiente marino dall'inquinamento causato dal traffico marittimo.

1. Introduzione

Il riferimento normativo principale operante a tutela dell'ambiente marino per la prevenzione dell'inquinamento da navi, dovuto, a cause accidentali, ma anche a operazioni ordinarie, è la convenzione internazionale MARPOL '73/78 (MARitime POLLution), denominata "International Convention for the Prevention of Pollution from Ships". Gli Stati membri, in quanto parti contraenti dell'Organizzazione marittima internazionale (IMO), devono conformarsi al rispetto delle sue prescrizioni in ambito portuale e marittimo, in relazione alla gestione dei rifiuti e degli inquinanti a bordo, al divieto di scarico in mare e al conferimento in porto. La MARPOL stabilisce il divieto generale per le navi di scaricare i rifiuti in mare, ma disciplina altresì le condizioni alle quali alcuni tipi di rifiuti possono essere scaricati. Negli ultimi vent'anni, la MARPOL è stata oggetto di importanti modifiche che hanno stabilito norme e divieti più severi per gli scarichi in mare dei rifiuti delle navi. La Direttiva UE 2019/883, con l'obiettivo di proteggere l'ambiente marino dagli effetti negativi degli scarichi dei rifiuti delle navi che utilizzano porti situati nel territorio dell'Unione e di garantire il buon funzionamento del traffico marittimo, prescrive il miglioramento della disponibilità e uso degli impianti portuali di raccolta dei rifiuti delle navi. La Direttiva ha allineato la legislazione dell'UE alla MARPOL e si applica a tutte le navi, indipendentemente dalla loro bandiera, che fanno scalo o che operano in un porto di uno Stato membro, a esclusione delle navi adibite a servizi portuali, e con l'eccezione delle navi militari da guerra. Si precisa che i rifiuti prodotti dalle navi, termine con il quale si intendono tutti i rifiuti, comprese le acque reflue e le acque

di sentina, prodotti a bordo di una nave, sono soggetti a specifica pianificazione ai sensi del D.Lgs. 26 giugno 2003 n.182, in recepimento della Direttiva 2000/59/CE, oggi abrogata dalla Direttiva UE 2019/883. Quest'ultima ha, inoltre, modificato la definizione di “rifiuti delle navi” includendovi i rifiuti accidentalmente pescati, cioè raccolti dalle reti durante le operazioni di pesca.

DEFINIZIONI A CONFRONTO

Direttiva (UE) 2019/883:

rifiuti delle navi: tutti i rifiuti, compresi i residui del carico, prodotti durante le operazioni di servizio di una nave o durante le operazioni di carico, scarico e pulizia, e che rientrano nell'ambito di applicazione degli allegati I, II, IV, V e VI della convenzione MARPOL, nonché i rifiuti accidentalmente pescati.

Direttiva 2000/59/CE:

rifiuti prodotti dalla nave: tutti i rifiuti, comprese le acque reflue, e i residui diversi dai residui del carico, prodotti durante il servizio di una nave e che rientrano nell'ambito di applicazione degli allegati I, IV e V della Marpol 73/78, nonché i rifiuti associati al carico di cui agli Orientamenti (Guidelines) per l'attuazione dell'allegato V della Marpol 73/78.

IN EVIDENZA

La Direttiva (UE) 2019/883 dovrà essere recepita dagli Stati Membri entro il 28 giugno 2021. Si segnala che in Italia è in fase di approvazione il disegno di legge “Salva mare”, recante “Disposizioni per il recupero dei rifiuti in mare e nelle acque interne e per la promozione dell'economia circolare”, approvato dalla Camera dei deputati e attualmente in discussione in Commissione Ambiente al Senato. Il provvedimento

prevede che gli imprenditori ittici possano recuperare rifiuti solidi dispersi in mare durante l'esercizio dell'attività di pesca per conferirli, senza alcun onere economico a loro carico, alle isole ecologiche istituite in porto per la raccolta. Il costo sarà ridistribuito "su tutta la collettività" tramite una nuova componente inserita nella tassa sui rifiuti. È un provvedimento di estrema importanza e urgenza considerando che, fino ad oggi, i pescatori sono stati costretti a ributtare in mare i rifiuti, in prevalenza plastica, accidentalmente finiti nelle reti, al fine di non compiere il reato di trasporto illecito di rifiuti o essere gravati dai relativi oneri per lo smaltimento.

Inoltre, anche nella gestione dei rifiuti prodotti dalle navi e conferiti nelle infrastrutture portuali di raccolta si applicano i principi fondamentali stabiliti per la gestione dei rifiuti dalla Direttiva 2008/98/CE, compresa, oltre all'istituzione di sistemi per la raccolta differenziata e agli obiettivi di riduzione delle quantità di rifiuti, la gerarchia secondo la quale si privilegia il riutilizzo e il riciclaggio rispetto ad altre forme di recupero e smaltimento.

La finalità del D.Lgs. 182/2003 è la conservazione e il miglioramento della qualità dell'ambiente marino e il raggiungimento di tale finalità viene perseguito attraverso l'istituzione di apposite aree attrezzate per la raccolta dei rifiuti e dei residui provenienti dalle navi, i cosiddetti impianti portuali di raccolta (IPR) (dalla traduzione della definizione originale "port reception facilities"). È definito "impianto portuale di raccolta" qualsiasi struttura fissa, galleggiante o mobile che sia in grado di fornire il servizio di raccolta dei rifiuti delle navi (Direttiva (UE) 2019/883). L'organizzazione, nell'ambito di ciascun porto, di un efficiente sistema di raccolta dei rifiuti prodotti dalle navi e la disponibilità di adeguate strutture

portuali di raccolta è fondamentale per un'efficace attuazione della politica di "tolleranza zero degli scarichi illegali dalle navi". Inoltre, l'articolo 5 del D.Lgs. 182/2003 impone l'obbligo per l'Autorità Portuale di redigere un Piano di raccolta e di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi. Tuttavia, per quanto la redazione di tale Piano sia un obbligo normativo, non esiste un'azione di coordinamento nazionale e transfrontaliero che uniformi le modalità di gestione delle diverse categorie di rifiuti a bordo delle imbarcazioni e nei porti, attraverso un servizio che soddisfi i criteri di facilità di accesso ed efficienza.

Il 1° marzo 2018 l'IMO ha adottato la guida consolidata rivista per i gestori e gli utenti degli impianti portuali di raccolta (MEPC.1/Circ. 834/Rev.1) («guida consolidata IMO») che comprende formati standard per la notifica dei rifiuti, per la ricevuta di conferimento dei rifiuti e per la segnalazione di presunte inadeguatezze rilevate negli impianti portuali di raccolta. La convenzione MARPOL impone di mantenere aggiornate le informazioni sugli impianti portuali di raccolta e di comunicarle all'IMO che, a tal fine, ha istituito una banca dati nel proprio sistema integrato globale di informazione sul traffico marittimo («GISIS»). Relativamente all'adeguatezza, la Direttiva (UE) 2019/883 specifica che gli impianti portuali di raccolta dei rifiuti sono considerati adeguati se sono in grado di rispondere alle esigenze delle navi che utilizzano il porto, senza causare loro ingiustificati ritardi, come specificato anche nella guida consolidata IMO e nelle linee guida IMO [risoluzione MEPC.83(44)]. Al fine di garantire l'adeguatezza degli impianti portuali di raccolta, sarebbe essenziale sviluppare, attuare e riesaminare i Piani di raccolta e di gestione dei rifiuti, previa consultazione di tutte le parti interessate, quali gli utenti e gli operatori del porto o i loro rappresentanti, le autorità locali competenti, i gestori dei servizi portuali di raccolta, i

rappresentanti della società civile.

Nonostante tali sviluppi normativi, gli scarichi dei rifiuti in mare continuano a verificarsi, comportando costi ambientali, sociali ed economici significativi. Ciò è dovuto a una combinazione di fattori, tra cui l'assenza in alcuni porti di impianti di raccolta adeguati, un'applicazione spesso insufficiente della normativa e la mancanza di incentivi al conferimento dei rifiuti a terra (Direttiva (UE) 2019/883).

Non è accettabile che gli sforzi per separare i rifiuti a bordo delle navi e delle imbarcazioni da diporto, in conformità delle norme e degli standard internazionali, siano pregiudicati dalla mancanza di organizzazione e standardizzazione della raccolta differenziata a terra.

Le informazioni raccolte durante le attività del Progetto GRRinPORT e le analisi condotte sul sistema attuale di gestione dei rifiuti nei Porti del progetto, oggetto dei Report T1.1.1, T1.1.2 e T1.2.2, hanno permesso di individuare le principali criticità e proporre le possibili soluzioni.

2. Classificazione dei rifiuti prodotti dalle navi

Gli impianti portuali di raccolta dovranno essere in grado di raccogliere le frazioni di rifiuti differenziate conformemente alle categorie stabilite nella convenzione MARPOL.

Il presente documento si occuperà in particolare della gestione dei rifiuti di cui all'Allegato V della convenzione MARPOL, mentre quella degli oli e delle acque di scarico, di cui all'Allegato I e IV, saranno approfondite nel Piano di Azione per la gestione dei reflui.

IN EVIDENZA

Per quanto concerne i rifiuti di cui all'Allegato V, si segnalano le seguenti tipologie:

- Plastica
- Rifiuti alimentari
- Rifiuti domestici (prodotti di carta, stracci, vetro, metallo, etc)
- Olio da cucina
- Ceneri prodotte dagli inceneritori
- Rifiuti operativi
- Carcasse di animali
- Attrezzi da pesca
- Rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche
- Residui del carico (dannosi per l'ambiente marino)
- Residui del carico (non dannosi per l'ambiente marino)

ai quali è opportuno aggiungere, sebbene non disciplinati dalla convenzione MARPOL, ma segnalati dalla Direttiva (UE) 2019/883:

- Rifiuti accidentalmente pescati.

Per ciascuna tipologia, è opportuno che ciascun porto fornisca, nel proprio Piano di raccolta e di gestione dei rifiuti e per via elettronica, nella parte dedicata del sistema informativo, di monitoraggio e di applicazione di cui all'articolo 13 della Direttiva (UE) 2019/883, informazioni chiare relative a:

- disponibilità di strutture: tipologie (contenitori, scarrabili, bettoline, compattatori, presenza/necessità di forklift per la rimozione dei rifiuti, etc.) e capacità in m³;
- procedure di raccolta e modalità di conferimento:
 - necessità di utilizzare sacchi con caratteristiche specifiche;
 - separazione vetro per colore, rimozione tappi, etc;
 - separazione carta in presenza di contaminazione;
 - separazione plastica per tipologia (es. imballaggi e plastica dura);
- tariffazione ed eventuali limiti alle quantità e tipologie conferibili;
- eventuali sistemi di incentivazione sui materiali riciclabili conferiti

È importante che gli utenti finali ricevano informazioni chiare e corrette per migliorare la gestione dei rifiuti sia a bordo sia in porto.

3. Piani di raccolta e di gestione dei rifiuti nei porti

Ai sensi della Direttiva (UE) 2019/883, i piani di raccolta e di gestione dei rifiuti nei porti, elaborati in conformità delle dimensioni del porto e della tipologia delle navi che vi fanno scalo, devono includere:

- la valutazione dell'esigenza di impianti portuali di raccolta in funzione delle necessità delle navi che abitualmente fanno scalo nel porto;
- la descrizione del tipo e della capacità degli impianti portuali di raccolta;
- la descrizione delle procedure di accettazione e raccolta dei rifiuti delle navi;
- la descrizione del sistema di recupero dei costi;
- la descrizione della procedura per la segnalazione delle presunte inadeguatezze rilevate negli impianti portuali di raccolta;
- la descrizione della procedura per le consultazioni permanenti con gli utenti dei porti, le imprese di gestione dei rifiuti, gli operatori dei terminal e le altre parti interessate;
- una panoramica del tipo e dei quantitativi di rifiuti conferiti dalle navi e gestiti negli impianti.

Inoltre, i piani di raccolta e di gestione dei rifiuti nei porti possono includere:

- una sintesi del diritto nazionale pertinente, la procedura e le formalità per il conferimento dei rifiuti agli impianti portuali di raccolta;

- l'identificazione di un punto di contatto nel porto;
- una descrizione degli impianti e dei processi di pretrattamento per eventuali flussi specifici di rifiuti nel porto;
- una descrizione delle modalità di registrazione dell'uso effettivo degli impianti portuali di raccolta;
- una descrizione delle modalità di registrazione dei quantitativi di rifiuti conferiti dalle navi;
- una descrizione delle modalità di gestione nel porto dei diversi flussi di rifiuti.

4. Identificazione delle principali criticità e degli obiettivi prioritari

I prodotti sviluppati nell'ambito del progetto GRRinPORT, in particolare i prodotti T1.1.1 "Report flussi", T1.1.2 "Report procedure gestione rifiuti" e T1.2.2 "Report espressioni di preferenza", hanno consentito di identificare un insieme di obiettivi prioritari in vista dell'attuazione di azioni per una gestione transfrontaliera integrata dei rifiuti nei porti.

Durante lo sviluppo dei suddetti prodotti, è emerso che, in alcuni porti dell'area di studio, le strutture di raccolta e gestione dei rifiuti necessitano di essere notevolmente migliorate, se non addirittura implementate. A tal fine, è fondamentale la verifica della capacità ricettiva dei porti con riferimento alle varie tipologie di rifiuti, differenziati per le categorie indicate nel paragrafo 2.

Inoltre, è emersa una incoraggiante predisposizione da parte degli utenti delle aree portuali a pagare oneri relativi all'implementazione di un efficiente sistema di raccolta differenziata dei rifiuti; tuttavia, le preferenze sono risultate eterogenee, così come la disponibilità a concorrere ai costi. Si evidenzia la criticità rappresentata dalla disponibilità di dati e informazioni frammentarie sulla gestione dei rifiuti prodotti dalle navi e i residui del carico, che non permettono di avere un quadro completo sul tema dei rifiuti. Considerando che, come previsto dalla Direttiva (UE) 2019/883, parte della tariffa indiretta che devono corrispondere le navi all'atto dello scalo comprende parte dei costi diretti totali per lo smaltimento dei rifiuti conferiti durante l'anno precedente, emerge la necessità di raccogliere e aggiornare sistematicamente i dati

sui conferimenti dei rifiuti.

È emerso che gli strumenti utilizzati per la tracciabilità e il monitoraggio dei rifiuti prodotti in ambito portuale sono spesso qualitativamente carenti o non idonei. La mancanza di dati sui flussi di rifiuti conferiti agli impianti portuali di raccolta, in termini di quantità e tipologia di rifiuti, ostacola l'efficace monitoraggio delle attività. Inoltre, le informazioni sulle ispezioni condotte in ambito portuale, nonché le esenzioni concesse alle navi nel traffico di linea, non vengono scambiate sistematicamente tra gli attori coinvolti e tra gli Stati membri, e questo complica la gestione sia a livello nazionale che a livello transfrontaliero.

Altra criticità emersa è il frequente ricorso alla possibilità di esenzione dall'obbligo di conferimento dei rifiuti. È noto che una nave può procedere verso il successivo porto di scalo senza aver conferito i rifiuti se:

- la nave svolge servizio di linea con scali frequenti e regolari;
- esiste un accordo che garantisce il conferimento dei rifiuti e il pagamento delle tariffe in un porto lungo il tragitto della nave; tale accordo deve essere comprovato da un contratto firmato con un porto o con un'impresa di gestione dei rifiuti e da ricevute di conferimento dei rifiuti, notificato a tutti i porti lungo la rotta della nave e accettato dal porto in cui hanno luogo il conferimento e il pagamento; può essere un porto dell'Unione o un altro porto, nel quale sono disponibili impianti adeguati;
- l'esenzione non incide negativamente sulla sicurezza marittima, sulla salute, sulle condizioni di vita e di lavoro a bordo o sull'ambiente marino.

Al fine della concessione dell'esenzione, deve ovviamente risultare la presenza di una sufficiente capacità di stoccaggio dedicata a tutti i rifiuti che sono già stati accumulati e che saranno accumulati nel corso del viaggio previsto della nave fino al successivo porto di scalo. Il certificato di esenzione confermerà che la nave rispetta le condizioni e gli obblighi necessari all'applicazione dell'esenzione stessa e ne attesta la durata.

Si ritiene opportuno, al fine dell'applicazione della deroga ovvero della possibilità di esenzione dall'obbligo di conferimento, un'intensificazione dei controlli, anche casuali, volti a verificare la "capacità di stoccaggio sufficiente", utilizzando efficacemente lo strumento della notifica anticipata al fine di selezionare le imbarcazioni da sottoporre a ispezione, uno scambio proficuo di informazioni per via elettronica tra i diversi porti, in relazione ai rifiuti prodotti, stoccati e scaricati dalle navi, al fine di minimizzare i rischi di comportamenti illeciti. Inoltre, la capacità di stoccaggio dovrebbe essere determinata in modo armonizzato, in base a una metodologia e a criteri comuni. Al fine di garantire l'uniformità per l'applicazione della deroga, la Commissione Europea adotterà atti di esecuzione al fine di definire i metodi da utilizzare per il calcolo della sufficiente capacità di stoccaggio dedicata.

Con l'obiettivo di capitalizzare le esperienze maturate dai partner degli altri progetti Interreg 2014-2020 del cluster tematico "Qualità delle acque portuali, gestione dei rifiuti e reflui nei porti", si segnala la criticità emersa e confermata nel Prodotto T1.2.1 del Progetto Impatti-NO, rappresentata dalla presenza di flussi significativi di rifiuti solidi non sufficientemente differenziati (rientranti nel capitolo CER 20) che limitano la possibilità di gestione dei rifiuti in un'ottica di

economia circolare.

Alla base di tale fenomeno si segnalano la scarsa responsabilizzazione degli utenti e la mancanza di un sistema efficace di gestione dei rifiuti, in particolar modo di quello organico biodegradabile (residui di cibo), soprattutto nel caso delle grandi navi.

L'esame dei dati raccolti e delle criticità ha consentito di identificare alcuni obiettivi strategici che risultano fortemente interrelati e che indirizzano verso gli interventi da attuare:

- miglioramento della disponibilità e dell'uso degli impianti portuali di raccolta;
- comunicazione di informazioni chiare, facilmente accessibili, nella lingua ufficiale dello Stato membro in cui si trova il porto e in una lingua usata internazionalmente, sulla ubicazione degli IPR, orari di lavoro, elenco dei rifiuti conferibili, procedure per il conferimento, contatti degli operatori e servizi offerti, strutturazione del sistema di recupero dei costi;
- identificazione e applicazione di opportuni incentivi economici per migliorare la gestione dei rifiuti sulle navi e per il conferimento degli stessi presso gli IPR;
- adozione di certificazioni ambientali per la gestione sostenibile dei rifiuti a bordo.

5. Aspetti tariffari

Se la priorità di evitare scarichi illeciti a mare è condivisa da tutti gli attori coinvolti, il modo in cui articolare il sistema tariffario lo è meno. Gli oneri relativi agli impianti e ai servizi portuali di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi sono coperti da tariffa a carico delle navi.

Il sistema di recupero dei costi degli IPR attraverso l'applicazione di tariffe fisse o indirette, stabilito dalla Direttiva (UE) 2019/883, prevede il pagamento di una tariffa fissa per i servizi svolti dagli IPR e per il conferimento dei rifiuti all'approdo, indipendentemente dall'effettivo conferimento dei rifiuti da parte delle navi e senza ulteriori oneri diretti in caso di utilizzo. Dovranno essere soggetti all'imposta indiretta anche i settori della pesca e della navigazione da diporto, dato il loro contributo alla produzione di rifiuti marini. È possibile stabilire un limite massimo alle quantità conferibili senza ulteriori oneri oltre il quale, invece, applicare una tariffa diretta supplementare. In tal modo si stima che gli utenti saranno incentivati a scaricare i rifiuti in porto, senza richiedere l'esenzione all'attuale obbligo di conferimento.

In generale, la tariffa è determinata dall'Autorità Portuale e, per i rifiuti, è calcolata in conformità alle seguenti disposizioni:

- a) una quota fissa, indipendente dall'effettivo utilizzo del servizio portuale di raccolta, commisurata in modo da coprire almeno il 35% dei costi di investimento e di esercizio del servizio stesso;

- b) una quota variabile correlata al quantitativo e al tipo di rifiuti effettivamente conferiti dalla nave al servizio di raccolta, commisurata in modo da coprire la parte dei costi non coperta dalla quota fissa.

Potranno essere previste tariffe differenziate in base alla categoria, al tipo e alle dimensioni della nave, per la prestazione di servizi alle navi al di fuori del normale orario di lavoro nel porto, in base alla natura pericolosa dei rifiuti. Potranno essere previste tariffe ridotte in base al tipo di traffico cui sono adibite le navi (ad esempio quelle adibite al trasporto marittimo a corto raggio, con scali frequenti e regolari) e per le imbarcazioni progettate, attrezzate o utilizzate per ridurre al minimo i rifiuti e gestirli in modo ambientalmente sostenibile e compatibile.

È chiaro che, al fine di incentivare l'utilizzo massimo del servizio di conferimento dei rifiuti di cui all'allegato V della convenzione MARPOL, le tariffe stabilite per il conferimento non dovrebbero creare un disincentivo all'uso degli impianti portuali di raccolta e, al contrario, un incentivo per le navi a scaricare i loro rifiuti in mare. L'obiettivo è da un lato garantire il mantenimento in efficienza del servizio offerto dal porto e dall'altro rendere più conveniente per l'operatore navale procedere al conferimento.

5.1 Esempi di tariffazione: il caso del Porto di Cagliari

Le regole tariffarie per lo svolgimento del servizio portuale di gestione dei rifiuti nel Porto di Cagliari sono indicate nel "Piano di raccolta e di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi e dei residui del carico" (2014-2016).

Per i rifiuti "garbage" la quota fissa viene differenziata secondo la tipologia di imbarcazione e precisamente:

- per le navi passeggeri viene conteggiata in funzione dei metri cubi prodotti, in base al numero di passeggeri e di personale imbarcato e trasportato;
- per le navi mercantili ormeggiate in porto secondo la stazza lorda.

Le eventuali eccedenze, a metro cubo, sono imputate conteggiando il costo di smaltimento del rifiuto e la maggiorazione per l'espletamento del servizio.

In particolare, relativamente alle navi passeggeri, si prevedono due fasce, in funzione del numero di persone (equipaggio e passeggeri) che hanno trasportato; se inferiore a 600 unità si prevede una quota fissa parametrata alla produzione media di 2 m³ di rifiuti alla quale si aggiunge un'eventuale maggiorazione per ogni m³ conferito in eccedenza rispetto al quantitativo medio di 2 m³; se superiore a 600 unità si prevede una quota fissa parametrata alla produzione media di 4 m³ alla quale si aggiunge un'eventuale maggiorazione per le eccedenze.

Per le navi di carico, sono previste 3 classi suddivise sulla base della tonnellata di stazza (T.S.):

- -0 a 3.000 T.S.
- 3.001 a 6.000 T.S.
- oltre 6.000 T.S.

Si prevede una quota fissa parametrata alla produzione media di 1 m³ di rifiuti secondo la stazza alla quale si aggiunge un'eventuale maggiorazione per ogni metro cubo conferito in eccedenza rispetto al quantitativo di 1 m³. Per il servizio reso con motobarca a navi in rada, in aggiunta alla

tariffa mercantili, si applica l'addizionale motobarca calcolata secondo la distanza dal porto.

Le navi passeggeri e di carico che otterranno deroga o esenzione e non usufruiranno del servizio portuale saranno tenute a corrispondere la quota fissa per ciascuna categoria di nave.

Per le navi che effettuano viaggi di durata inferiore alle 6 ore e di durata inferiore alle 12 ore è prevista una riduzione del 50% e del 20%, rispettivamente, purché dimostrino di aver conferito i rifiuti presso il porto di provenienza. La riduzione verrà applicata alla tariffa da corrispondere: in caso di non conferimento solo sulla quota fissa, in caso di conferimento sulla somma della quota fissa e della quota in eccedenza (se dovuta).

Per diporto, pescherecci e naviglio minore, considerando il loro raggruppamento in aree in concessione a singoli operatori, è stato elaborato un sistema tariffario unico. Nello specifico, per le unità da diporto e per le unità da pesca, è stata individuata una tariffa fissa annuale determinata dall'Autorità Portuale d'intesa con la rappresentanza del settore ed il concessionario del servizio rifiuti.

Di seguito è riportato il prospetto della suddivisione dei criteri tariffari e le attuali tariffe applicate, nel Porto di Cagliari, per i rifiuti "garbage".

IN EVIDENZA				
NAVI PASSEGGERI		NAVI DA CARICO		
≤ 600 passeggeri compreso equipaggio	> 600 passeggeri compreso equipaggio	0 - 3.000 T.S.	3.001 - 6.000 T.S.	> 6.001 T.S.
Quota fissa fino a 2 m ³ € 158,40	Quota fissa fino a 4 m ³ € 237,6	Quota fissa fino a 1 m ³ € 39,60 € 55,44 € 95,04		
Eccedenza oltre 2 m ³ (a m ³) € 47,52	Eccedenza oltre 4 m ³ (a m ³) € 47,52	Eccedenza oltre 1 m ³ (a m ³) € 47,52		
IN SERVIZIO DI LINEA CON SCALI FREQUENTI E REGOLARI				
Quota fissa fino a 1 m ³ € 79,2	Quota fissa fino a 2 m ³ € 118,80	Quota fissa fino a 1 m ³ € 31,68 € 43,56 € 71,28		
Eccedenza oltre 1 m ³ (a m ³) € 47,52	Eccedenza oltre 2 m ³ (a m ³) € 47,52	Eccedenza oltre 1 m ³ (a m ³) € 47,52		

DIPORTO ORMEGGIATO	DIPORTO IN TRANSITO	NAVIGLIO DA PESCA
Quota fissa annuale € 158,40	Quota fissa quindicinale € 7,92	Quota fissa annuale € 79,2
Smaltimento a m ³ € 47,52	Smaltimento a m ³ € 47,52	Smaltimento a m ³ € 47,52

5.2 Esempi di tariffazione: il caso del Porto di Livorno

Il tariffario per l'esecuzione dei servizi di raccolta e di gestione dei rifiuti e dei residui del carico prodotti dalle navi che scalano il Porto di Livorno è riportato nell'Allegato 2 all'Ordinanza n. 25 del 25/09/2018 dell'AdSP del Mar Tirreno Settentrionale. Le tariffe applicate per lo svolgimento del servizio portuale di raccolta dei rifiuti presso il Porto di Livorno sono applicate in misura fissa a tutte le navi che attraccano nel porto e, una sola volta al giorno, nel caso di più scali giornalieri (per le navi in servizio di linea che collegano Livorno con il porto di Capraia Isola). Sono applicate tariffe differenziate in relazione alle quantità di rifiuti conferiti, suddivisi in solidi, liquidi e speciali.

Sono previste le seguenti riduzioni della tariffa ad attracco:

- 10% per le navi in esenzione;
- 20% per le navi che hanno consegnato i rifiuti in modo differenziato.

IN EVIDENZA				
TIPOLOGIA NAVE	T.s.l.	Tariffa ordinaria €	In esenzione €	Con raccolta differenziata €
DA CROCIERA	Fino a 25.000	1.209,30	1.087,84	967,97
	Oltre 25.000	1.343,66	1.209,30	1.074,43
DA CARICO E RO/RO TUTTO MERCI	Fino a 4.000	204,82	183,93	164,37
	Da 4.001 a 18.000	227,01	204,82	181,33
	Oltre 18.000	249,16	224,37	199,59
TRAGHETTI E RO/RO PASSEGGERI	Fino a 4.000	271,34	243,95	216,55
	Da 4.001 a 18.000	302,65	272,65	242,63
	Oltre 18.000	332,66	300,05	266,12

T.s.l.: tonnellata di stazza lorda

TARiffe PER LA CONSEGNA E GESTIONE DEI RIFIUTI

Rifiuti solidi assimilabili agli urbani (CER 200301, 200101, 200102, 200138, 200139, 200140):
per ogni m³ o frazione € 25,25

6. Sistemi di Gestione Ambientale

Nell'ultimo decennio il numero di porti che hanno adottato Sistemi di Gestione Ambientale certificati in Europa ha mostrato un trend crescente. Un Sistema di Gestione Ambientale è un insieme di attività e di processi gestionali finalizzati alla definizione e al raggiungimento di obiettivi per la riduzione di impatti ambientali, l'efficientamento operativo e il monitoraggio funzionale dei risultati. I sistemi più diffusi nel contesto portuale europeo sono, nell'ordine, ISO 14001:2015, EcoPorts PERS ed EMAS.

L'obiettivo di ISO 14001 è quello di fornire un quadro per la protezione ambientale, in armonia con necessità di tipo sociale ed economico. Indica i requisiti per l'adozione, da parte di un'organizzazione in genere, di un Sistema di Gestione Ambientale che migliori le sue performance ambientali e garantisca il rispetto degli obblighi normativi e il raggiungimento di obiettivi legati alla tutela ambientale. Lo standard può essere adottato virtualmente da ogni tipo di organizzazione che intenda gestire le proprie responsabilità ambientali in modo sistematico, condizionando inoltre tutti i processi alla base della fornitura di beni e servizi: con una prospettiva di "ciclo di vita", si vuole prevenire lo spostamento di potenziali impatti negativi da una fase del ciclo a un'altra. Lo standard mira, infine, ad apportare benefici di tipo operativo e finanziario attraverso l'applicazione di soluzioni efficienti dal punto di vista ambientale, e a prevedere misure comunicative adeguate.

EcoPorts PERS (*Port Environmental Review System*) è l'unico Sistema di Gestione Ambientale pensato in maniera specifica per il contesto portuale. Basato sulle

raccomandazioni della European Sea Ports Organisation, PERS è progettato per assistere le autorità portuali nei processi di compliance ambientale, per lo sviluppo sostenibile delle operazioni portuali, per proteggere l'ambiente, migliorare la sanità pubblica, considerando le problematiche relative ai cambiamenti climatici. Essendo un sistema settoriale, flessibile e adattivo rispetto alle evoluzioni legislative, può essere integrato con strumenti a più ampio spettro come ISO 14001 o EMAS, con i quali stabilisce una chiara relazione. Analogamente a ISO 14001, PERS può condurre a migliorie, oltre che in termini di sostenibilità ambientale e di rispetto delle norme, di tipo economico, di accountability e pubbliche relazioni, di integrazione gestionale e monitoraggio.

EMAS, acronimo per *Eco-Management and Audit Scheme*, è lo strumento elaborato dalla Commissione Europea per il miglioramento delle performance ambientali di organizzazioni ed enti di vario tipo. Condivide tale aspetto di apertura con ISO 14001, e gli obiettivi generali con questo standard e con PERS. Pone poi l'accento sui benefici legati a credibilità, trasparenza, gestione di rischi e opportunità, e coinvolgimento delle risorse umane, aspetti comunque non estranei agli altri strumenti. EMAS incorpora e si propone di andare oltre ISO 14001, che dal suo canto vanta una maggiore diffusione a livello globale. L'adozione di un singolo Sistema di Gestione Ambientale non preclude, ma anzi favorisce, l'integrazione con gli altri qui citati: frequenti sono i casi in cui un porto ha ottenuto la certificazione per due o per tutti i sistemi qui elencati.

Analogamente, in ambito marittimo-navale, uno quadro di riferimento è offerto dallo standard ISO 21070:2017, relativo alla protezione ambientale in termini di gestione dei rifiuti di

bordo. Tra gli obiettivi di questo standard, riconosciuto e raccomandato dall'IMO, ci sono l'incremento dell'efficienza nell'adozione di sistemi e tecnologie navali adeguate, e l'applicazione dei criteri relativi alla gerarchia dei rifiuti. È utile notare, in tal senso, che l'assenza della gerarchia dei rifiuti nei Piani di raccolta e di gestione dei rifiuti nei porti è stata segnalata dalla Commissione nella valutazione REFIT relativa alla Direttiva 2000/59/CE.

La Direttiva UE 2019/883 prevede che la gestione sostenibile dei rifiuti da parte delle navi possa comportare la riduzione delle tariffe per il conferimento. I criteri per individuare le caratteristiche di questa gestione sono in fase di definizione in sede di Commissione Europea e dovrebbero essere pubblicati durante l'anno in corso. Il riconoscimento di ISO 21070 nei contesti portuali può rappresentare un'opportunità nell'ottica dell'individuazione dei criteri relativi alla riduzione delle tariffe per il conferimento dei rifiuti.

7. Azioni concrete per la gestione sostenibile dei rifiuti nei porti

Il Piano d'Azione proposto segue una logica classica secondo la quale ogni obiettivo strategico viene scomposto in azioni concrete volte a coinvolgere efficacemente gli attori locali. Ulteriori e interessanti interventi mirati alla gestione sostenibile dei rifiuti nei porti, che non saranno replicati nel presente documento, sono illustrati nel Piano di Azione del Progetto IMPATTI-NO, al quale si rimanda per un maggiore approfondimento. In esso sono state identificate 15 misure, di tipo operativo, gestionale ed economico, indirizzate in particolare ai rifiuti alimentari e agli imballaggi. Ad esempio, si suggerisce l'adozione di una strategia di riduzione degli sprechi alimentari nei ristoranti, self-service, bar, caffetterie, a bordo delle grandi navi e la stipula di accordi con i banchi alimentari o le organizzazioni caritatevoli, nonché il ricorso a sistemi di trattamento a bordo del rifiuto organico (essiccatori, abbattitori, compostaggio). Si consiglia di aumentare e migliorare i contenitori, a uso degli utenti, per la raccolta differenziata a bordo, prevenire la produzione di rifiuti riducendo l'utilizzo di confezioni monodose e monouso, organizzare campagne di sensibilizzazione e informazione dei passeggeri e formazione del personale delle navi per incoraggiare e migliorare la raccolta differenziata.

Il progetto PORT-5R, appartenente allo stesso cluster tematico del Progetto GRRinPORT, mira alla gestione sostenibile dei rifiuti prodotti dalle navi all'interno dei porti adottando la strategia delle 5R: Riduzione, Riuso, Riciclo, Raccolta, Recupero. Nell'ambito del progetto è stato elaborato un "Piano congiunto per la prevenzione, riduzione e

smaltimento dei rifiuti marini nei porti” che considera le diverse modalità di recupero dei rifiuti dalle navi a seconda della tipologia stessa del rifiuto, le problematiche collegate al trasferimento dei rifiuti agli impianti e la capacità degli impianti stessi proporzionati alla quantità di rifiuti raccolti e quindi al numero di navi che approdano nel porto. Inoltre, è stato redatto un ‘Manuale del diportista’ che raccoglie le buone pratiche in riferimento alle 5R e promuove i comportamenti virtuosi da seguire per una gestione sostenibile dei rifiuti e reflui nei porti.

O.S.1) Migliorare le procedure di raccolta e gestione dei rifiuti a bordo e le infrastrutture per la raccolta nei porti

Il primo obiettivo strategico mira alla implementazione di procedure e infrastrutture adeguate sulla base della conoscenza dei flussi da gestire. Il progetto ha rivelato, infatti, una serie di carenze nei servizi per la raccolta dei rifiuti sia nei porti che a bordo delle navi. Risulta, inoltre, che la gestione dei rifiuti spesso non sia oggetto di un attento monitoraggio sia per quanto riguarda le quantità, sia relativamente alle diverse tipologie di rifiuti.

È necessario dare priorità all’implementazione in ambito portuale di pratiche virtuose, volte ad assicurare che i rifiuti vengano gestiti in maniera sostenibile ed efficiente. Allo scopo, si ritiene fondamentale fornire idonei strumenti per la riuscita di una efficace raccolta differenziata, affinché si faccia in mare ciò che già si fa sulla terraferma.

Tabella 1 - Azione 1.1: Aumentare il numero di frazioni di rifiuti raccolte in modo differenziato a bordo delle grandi navi

Scopo/i dell'azione	Installare idonei contenitori per la raccolta differenziata a bordo, in numero e tipologia adeguata a intercettare tutte le frazioni merceologiche di interesse previste dalla convenzione MARPOL, prevedendo opportuna cartellonistica di sensibilizzazione. Ciò consentirà di rilevare meglio gli aspetti quantitativi e qualitativi della produzione di rifiuti a bordo e aumenterà le possibilità di valorizzazione
Tema/abilità	• informazioni a bordo sul sistema di raccolta e trattamento • implementazione del monitoraggio quantitativo dei rifiuti raccolti • formazione di tutto il personale sulla gestione dei rifiuti
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del Progetto	Società di trasporto marittimo
Possibili partner	Città, Autorità portuali, gestori delle marine, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 6 a 12 mesi
Impatti desiderati	• riduzione delle quantità di rifiuti non recuperabili • aumento della percentuale di rifiuti recuperati • standardizzazione delle attrezzature destinate alla raccolta differenziata a bordo
Criteri di valutazione	• quantità di rifiuti prodotti per tipologia di rifiuto e utente • numero di installazioni a bordo • efficienza di intercettazione delle varie frazioni

Tabella 2 - Azione 1.2: Aumentare il numero di frazioni di rifiuti raccolte in modo differenziato nelle strutture portuali

Scopi/i dell'azione	I porti commerciali sono tenuti a implementare infrastrutture portuali di raccolta in grado di gestire le tipologie e le quantità di rifiuti prodotti dalle navi che normalmente utilizzano il porto. La raccolta differenziata dei rifiuti dovrebbe essere definita in conformità con le categorie di rifiuti della convenzione MARPOL e condotta con l'ausilio di dotazioni e attrezzature uniformi in ogni porto commerciale
Tema/abilità	• standardizzazione delle infrastrutture secondo la convenzione MARPOL • riduzione impatto ambientale del trasporto marittimo
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	18 mesi
Impatti desiderati	• aumento del numero di contenitori differenziati di raccolta • standardizzazione degli impianti portuali di raccolta • riduzione delle quantità di rifiuti non differenziati • strutture efficienti per evitare ritardi nelle attività ordinarie delle navi • aumento della quantità di rifiuti recuperati
Criteri di valutazione	• quantità di rifiuti gestiti • efficienza di intercettazione delle varie frazioni

Tabella 3 - Azione 1.3: Definire una procedura di monitoraggio delle quantità e tipologia di rifiuti recuperati nei porti e delle loro modalità di gestione

Scopo/i dell'azione	Al fine di monitorare le tipologie e le quantità dei rifiuti e dei residui del carico prodotti dalle navi, è necessario e obbligatorio definire e applicare una idonea procedura di monitoraggio dei flussi. È, inoltre, necessario garantire la tracciabilità dei flussi di rifiuti e in particolare di quelli pericolosi, creando un registro di monitoraggio. Gli elementi di monitoraggio riguarderanno, oltre alla tipologia e alla quantità, la gestione dei rifiuti sia sulle navi che in porto, con attenzione alla qualità delle acque portuali, in particolare in prossimità dei pontili per lo scarico di materiali pericolosi, delle zone carenate, delle stazioni di rifornimento, e alla qualità dei sedimenti marini. Si raccomanda l'uso del formato di notifica di cui all'Allegato 2 della Direttiva (UE) 2019/883 e del modulo di ricevuta conferimento dei rifiuti di cui all'Allegato 3, al fine di raccolta dei dati
Tema/abilità	• compilazione dei moduli di notifica anticipata, ricevute di conferimento e moduli di tracciabilità dei rifiuti • creazione di un registro digitale di monitoraggio
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	• migliore raccolta e gestione dei rifiuti • tracciabilità dei rifiuti • migliore gestione ambientale dei rifiuti in ambito portuale
Criteri di valutazione	• registro dei moduli correttamente e regolarmente compilati • numero di ricevute di conferimento e moduli di tracciabilità dei rifiuti

Tabella 4 - Azione 1.4: Predisporre e aggiornare i Piani di raccolta e gestione dei rifiuti

Scopo/i dell'azione	Redigere Piani di raccolta e gestione dei rifiuti comprensivi di tutti gli elementi richiesti dalla Direttiva (UE) 2019/883. Ciò consentirà un'armonizzazione dei piani redatti per i diversi porti gestione dei rifiuti secondo un modello comune. Le procedure di ricezione, raccolta, stoccaggio, trattamento e smaltimento dovrebbero portare a una graduale riduzione dell'impatto di queste attività sull'ambiente.
Tema/abilità	• adeguarsi ai requisiti della Direttiva (UE) 2019/883 • attuare il piano di gestione • coinvolgere tutte le parti interessate
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, enti competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	• migliore gestione degli impianti portuali di raccolta • migliore implementazione delle procedure di ricezione e raccolta dei rifiuti prodotti a bordo delle navi • corretto monitoraggio del tipo e delle quantità di rifiuti conferiti dalle navi e gestiti nelle infrastrutture portuali di raccolta
Criteri di valutazione	• quantitativi rifiuti gestiti • numero di frazioni di rifiuti raccolte in modo differenziato nelle infrastrutture portuali • presenza di Piani di raccolta e gestione dei rifiuti aggiornati e coerenti con le indicazioni fornite dalla Direttiva quadro sui rifiuti

Tabella 5 - Azione 1.5: Istituire tavoli di lavoro periodici al fine di migliorare le procedure di gestione dei rifiuti a bordo e in porto

Scopo/i dell'azione	Al fine di condividere le procedure di gestione dei rifiuti tra tutti gli attori coinvolti, definire le migliori soluzioni, uniformare le modalità di gestione dei rifiuti a bordo di imbarcazioni e nei porti e, quando necessario, migliorarle periodicamente, è opportuno istituire tavoli di lavoro periodici dove ciascun partecipante possa fornire il proprio contributo e condividere la propria esperienza, anche al fine di migliorare e uniformare i Piani di raccolta e gestione dei rifiuti
Tema/abilità	• azione di coordinamento nazionale e transfrontaliero • condivisione delle esperienze • partecipazione attiva nel proporre nuove soluzioni • identificazione buone pratiche • revisione procedure di gestione • organizzazione di periodiche campagne di formazione e informazione del personale
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, operatori marittimi, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 18 a 24 mesi
Impatti desiderati	• migliore raccolta e gestione dei rifiuti • migliore gestione ambientale dei rifiuti in ambito portuale • facilità di accesso ed efficienza del servizio • uniformità delle procedure di gestione
Criteri di valutazione	• flussi rifiuti gestiti in porto • aggiornamento Piani di raccolta e gestione dei rifiuti

O.S. 2) Applicare opportune condizioni per incentivare e migliorare la gestione dei rifiuti sulle navi e nei porti

Lo scopo del secondo obiettivo strategico è quello di definire condizioni più chiare per l'esenzione al conferimento e applicare adeguati sistemi di tariffazione differenziata al fine di incoraggiare i gestori portuali, i responsabili delle compagnie di navigazione e tutti gli utenti delle aree portuali a essere virtuosi nella gestione dei rifiuti. Il termine "incentivo" è da intendersi come sgravio sulla tariffa o applicazione di tariffa incoraggiante.

Tabella 6 - Azione 2.1: Definire le condizioni di esenzione al conferimento

Scopo/i dell'azione	Al fine di ridurre il numero di casi per cui una nave può procedere verso il successivo porto di scalo senza aver conferito i propri rifiuti, è necessario definire condizioni per l'esenzione al conferimento più stringenti e con criteri chiari. In particolare, è necessario definire: i metodi e i criteri da utilizzare per il calcolo della sufficiente capacità di stoccaggio dedicata; i criteri per distinguere le navi che svolgono servizio di linea con scali frequenti e regolari (es. uno scalo nel porto x con una frequenza non inferiore a y volte per settimana/mese)
Tema/abilità	• chiara identificazione della capacità di stoccaggio • presenza di efficienti infrastrutture portuali di raccolta • armonizzazione delle condizioni di esenzione e delle procedure di richiesta e approvazione • intensificazione controlli e ispezioni
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del Progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	• riduzione degli scarichi in mare • riduzione complessiva dei quantitativi di rifiuti non differenziati • migliore gestione ambientale dei rifiuti
Criteri di valutazione	• numero richieste di esenzione al conferimento • numero rilasci deroghe • accordi sul conferimento dei rifiuti e sul pagamento delle tariffe in un dato porto • quantitativi di rifiuti differenziati

Tabella 7 - Azione 2.2: Applicare adeguati incentivi per la raccolta differenziata dei rifiuti a bordo delle navi e nei porti

Scopo/i dell'azione	L'implementazione di incentivi e costi differenziati sulla base delle prestazioni in termini di efficienza della raccolta differenziata rappresenta una soluzione che consentirebbe di sensibilizzare i produttori di rifiuti alla riduzione degli stessi. Migliorerebbe anche le prestazioni di raccolta e recupero a bordo delle navi. Sarà necessario effettuare uno studio preliminare al fine di determinare il dispositivo adeguato da allestire nonché il costo indotto.
Tema/abilità	• effettuazione di uno studio per definire la tariffazione incentivante • valutazione dei costi e dei benefici di questa politica • azioni di comunicazione sulla politica e sui piani tariffari • attuazione coordinata di questa politica nei porti • migliorare le prestazioni di gestione dei rifiuti a bordo delle navi
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del Progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 18 a 24 mesi
Impatti desiderati	• diminuzione complessiva dei quantitativi di rifiuti non differenziati • trasparenza dei costi per l'utente • miglioramento delle prestazioni di smistamento • contenimento delle spese
Criteri di valutazione	• quantitativi di rifiuti differenziati • costo della raccolta differenziata

Tabella 8 - Azione 2.3: Istituire incentivi per imbarcazioni “certificate”

Scopo / i dell'azione	Per limitare l'impatto delle attività portuali e del traffico marittimo sull'ambiente, può essere attuata una riduzione delle tasse portuali per gli operatori navali nel rispetto delle buone pratiche ambientali o una tariffazione differenziata della raccolta e del trattamento dei rifiuti e dei reflui per imbarcazioni certificate Green Passport, Lloyd's Eco o RINA Green Plus.
Tema / abilità	• conoscenza degli standard di certificazione • migliorare le prestazioni di gestione dei rifiuti a bordo delle imbarcazioni
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 18 a 24 mesi
Impatti desiderati	• riduzione dei quantitativi di rifiuti prodotti • miglioramento della qualità dell'ambiente nei porti • miglioramento delle prestazioni ambientali delle imbarcazioni
Criteri di valutazione	• aumento del numero di imbarcazioni certificate • quantitativi rifiuti prodotti • riduzione tasse per le imbarcazioni certificate

O.S. 3) Promuovere l'ottenimento di certificazioni ambientali e la partecipazione a programmi di cooperazione

Il terzo obiettivo strategico del presente Piano d'Azione valuta l'importanza di dotarsi di Sistemi di Gestione Ambientale e di partecipare a programmi di cooperazione per il trasferimento di buone pratiche tra gli enti gestori delle aree portuali per una corretta gestione dei rifiuti.

Tabella 9 - Azione 3.1: Certificazione delle prestazioni ambientali dei porti

Scopo/i dell'azione	L'ottenimento della certificazione ambientale garantirebbe la qualità ambientale della gestione dei porti. Permetterebbe di: • aiutare tutti gli operatori portuali a gestire l'impatto delle proprie attività sull'ambiente e dimostrare l'efficacia della propria gestione • valutare, migliorare e pubblicizzare le proprie prestazioni ambientali
Tema/abilità	• definizione di una politica ambientale • realizzazione di un audit ambientale sui rifiuti • rispetto degli standard per la certificazione
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 24 mesi
Impatti desiderati	• migliorare le prestazioni ambientali dei porti • maggiore efficienza gestionale • riconoscimento dello status di porto "pulito" su scala europea
Criteri di valutazione	• ottenimento di una o più certificazioni di sistema di gestione ambientale • quantitativi rifiuti gestiti • numero di stazioni di smistamento disponibili

Tabella 10 - Azione 3.2: Incoraggiare la partecipazione a programmi di cooperazione per lo scambio di buone pratiche

Scopo/i dell'azione	L'integrazione di un programma di rete portuale (nazionale o europea) consentirebbe alle Autorità Portuali e ai gestori di riunirsi per difendere i propri interessi e promuovere la cooperazione su diversi temi (regolamentazione, ambiente, sicurezza, economia, ecc.). L'adesione consentirebbe di condividere esperienze e buone pratiche nelle diverse aree portuali.
Tema/abilità	- definizione di obiettivi comuni - ricerca di partner sul tema della gestione dei rifiuti nei porti - networking
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Città, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	- promuovere la cooperazione tra autorità portuali - scambio di esperienze e buone pratiche nella gestione dei rifiuti nei porti - miglioramento della qualità della gestione dei rifiuti e, soprattutto, della efficienza di raccolta differenziata con un maggiore coordinamento delle pratiche nei diversi porti
Criteri di valutazione	- efficienza di intercettazione delle varie frazioni di rifiuti - numero di programmi di cooperazione integrata - numero di partner nella rete

The background image shows a coastal cityscape. On the left, a large, ornate church with a prominent dome and multiple windows is visible. To its right, there are several modern buildings, including a large, multi-story structure. The foreground is dominated by a body of water, with a dark, industrial-looking structure, possibly a ship or a pier, visible on the right side. The sky is a clear, pale blue. The entire image has a green-to-blue gradient overlay, with the green being more prominent on the right side and the blue on the left.

Sviluppo di strategie di gestione integrata e transfrontaliera e innovativa dei reflui nei porti

Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali nelle acque dei porti

Premessa

Una delle principali criticità emerse nella gestione ambientale dei porti è l'assenza di procedure omogenee (anche tra porti appartenenti ad una stessa tratta turistica e/o commerciale) che regolino il conferimento, la gestione e il trattamento dei reflui prodotti a bordo delle imbarcazioni, che può incentivare l'impiego di pratiche scorrette e ambientalmente pericolose da parte degli utenti, o può essere causa di incomprensioni tra questi ultimi e gli operatori portuali. È pertanto necessario lo sviluppo e l'implementazione di un modello transfrontaliero comune che regolamenti in modo omogeneo il conferimento e la gestione dei reflui. A questo scopo è stato elaborato il presente ***"Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali nelle acque dei porti"***, con lo scopo di fornire delle Linee Guida per il settore, da condividere tra i partner, gli enti gestori e gli utenti finali attraverso opportune azioni di formazione, comunicazione e sensibilizzazione. L'obiettivo è il raggiungimento di elevati standard ambientali che tutelino l'ambiente marino dall'inquinamento causato dal traffico marittimo.

1. Introduzione

Il Mare Mediterraneo è il mare semi-chiuso più grande del mondo. Nonostante rappresenti solo l'1% della superficie totale marina mondiale, è tra le rotte più trafficate del trasporto marittimo globale e la principale destinazione turistica del mondo (Eurostat, 2011). Lungo i suoi 46.000 km di coste si affacciano quasi 600 città, 1.000 tra porti turistici e commerciali, 13 impianti di produzione di gas e 180 centrali termoelettriche. Il traffico marittimo è intenso: oltre 2.000 traghetti, 1.500 cargo e 2.000 imbarcazioni commerciali navigano ogni giorno nel Mediterraneo. Urbanizzazione, turismo, attività industriali, traffico marittimo ed agricoltura sono pertanto le principali pressioni antropiche sull'ecosistema del Mediterraneo (EEA, 2006), la cui reattività è accelerata dalle condizioni oceanografiche di mare semichiuso (Piante, 2015). Ad oggi il Mediterraneo è il mare più inquinato da idrocarburi petroliferi al mondo (Abdulla & Linden, 2008); circa 360 milioni di tonnellate di petrolio e prodotti petroliferi raffinati attraversano ogni anno il Mar Mediterraneo e si stima che 400.000 tonnellate siano scaricate in mare ogni anno a seguito di operazioni navali, rappresentando questa la principale causa di inquinamento da idrocarburi nel bacino (Piante 2015). Nel contempo, la ricca biodiversità (Coll et al., 2010), testimoniata anche dalle numerose aree marine protette (AMP) presenti, che riguardano il 10% della superficie del Mar Mediterraneo, spinge verso la direzione della sostenibilità, con lo scopo di conciliare sviluppo economico, tutela ambientale e benessere sociale.

Coniugare lo sviluppo economico con la tutela ambientale è

uno degli scopi del **“Piano d’Azione per la gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali nelle acque dei porti”**, che attraverso l’individuazione delle principali criticità legate al traffico marittimo nei porti e i principali obiettivi strategici derivati, vuole proporre una serie di azioni attraverso le quali raggiungerli.

In linea generale, le domande alle quali il Piano di azione vuole dare risposta sono quindi:

- quali strumenti sono necessari affinché il traffico marittimo sia sostenibile?
- quali azioni è necessario introdurre per contribuire al raggiungimento del Sustainable Development Goal 14 (SDG 14) “Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile”?

Il SDG 14 è uno dei 17 obiettivi di sviluppo sostenibile individuati nell’Agenda 2030 che tengono conto in maniera equilibrata delle tre dimensioni dello sviluppo sostenibile (economica, sociale ed ecologica, Fig. 1). Ogni obiettivo si articola in più target. Per il SDG 14 sono stati indicati nel box quelli ritenuti maggiormente rilevanti per gli scopi del Piano d’Azione.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Fig. 1. I 17 obiettivi per lo sviluppo sostenibile (Fonte: sito web ONU).

IN EVIDENZA

 14 LIFE BELOW WATER	Sustainable Development Goal 14 – SDG14 <i>“Conservare e utilizzare in modo durevole gli oceani, i mari e le risorse marine per uno sviluppo sostenibile”</i>
TARGET 14-1  REDUCE MARINE POLLUTION	Entro il 2025, prevenire e ridurre in modo significativo ogni forma di inquinamento marino.
TARGET 14-2  PROTECT AND RESTORE ECOSYSTEMS	Entro il 2020, gestire in modo sostenibile e proteggere l'ecosistema marino e costiero per evitare impatti particolarmente negativi.
TARGET 14-3  REDUCE OCEAN ACIDIFICATION	Ridurre al minimo e affrontare gli effetti dell'acidificazione degli oceani.
TARGET 14-5  CONSERVE COASTAL AND MARINE AREAS	Entro il 2020, preservare almeno il 10% delle aree costiere e marine.

L'analisi fatta nel Piano d'Azione, per l'individuazione delle principali criticità su cui intervenire, parte dal contesto normativo: il riferimento principale operante a tutela dell'ambiente marino per la prevenzione dell'inquinamento da imbarcazioni, dovuto non solo a cause accidentali ma anche a operazioni ordinarie, è la *"International Convention for the Prevention of Pollution from Ships"* denominata convenzione **MARPOL 73/78** (MARitime POLLution) e adottata a livello internazionale. Gli Stati membri, in quanto parti contraenti della convenzione MARPOL, devono conformarsi al rispetto delle prescrizioni della MARPOL in ambito sia portuale che marittimo, in relazione alla gestione di tutte le tipologie di rifiuti e reflui generati a bordo, al divieto di scarico in mare e al conferimento in porto. La MARPOL 73/78 è articolata in Annessi: quelli di interesse nel caso della gestione dei reflui liquidi sono il **I** (*Regulations for the Prevention of Pollution by Oil*) e il **IV** (*Prevention of Pollution by Sewage from Ships*), i cui obiettivi sono illustrati nel box 1.

BOX 1

Convenzione MARPOL 73/78

Annesso I - OBIETTIVI

- minimizzare la produzione di acque contaminate da idrocarburi a bordo delle navi;
- minimizzare la quantità di idrocarburi scaricati in mare;
- minimizzare il rischio di inquinamento da navi cisterna per il trasporto degli idrocarburi;
- tutelare le aree speciali marine.

Annesso IV - OBIETTIVI

- minimizzare l'inquinamento derivante da acque nere e grigie prodotte a bordo delle navi.

Nel 2019 è stata emanata la **Direttiva UE 2019/883** (box 2) che ha modificato la precedente Direttiva 2010/65/UE e ha abrogato la Direttiva 2000/59/CE. La Direttiva 2019/883 disciplina, in particolare, gli impianti portuali di raccolta: un elemento chiave che deve essere adeguatamente supportato e regolamentato in tutti i porti al fine di assicurare la conservazione e il miglioramento della qualità dell'ambiente marino. È definito "impianto portuale di raccolta" qualsiasi struttura fissa, galleggiante o mobile che sia in grado di fornire il servizio di raccolta dei rifiuti delle navi.

La stessa Direttiva richiede inoltre l'adozione da parte delle Autorità Portuali del *"Piano di raccolta e di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi"*, previa consultazione delle parti interessate.

BOX 2

Direttiva UE 2019/883

Impianti portuali di raccolta:

- devono ricevere i tipi e i quantitativi di rifiuti delle navi che abitualmente utilizzano il porto, gestendoli in modo ambientalmente compatibile;
- devono essere organizzati in modo da evitare procedure troppo lunghe che generano ritardi;
- non devono addebitare tariffe eccessive, che potrebbero creare un disincentivo all'uso degli stessi da parte delle navi.

Tariffe:

- la tariffa è composta da: i) una parte fissa (o indiretta) che garantisce il diritto di conferimento di limitate quantità di rifiuti ed è necessaria per coprire i costi del sistema; ii) una parte variabile (o diretta) calcolata sulla base della quantità di rifiuti/reflui conferiti;
- possono essere differenziate sulla base della categoria, del tipo e delle dimensioni della nave e dal tipo di traffico cui è adibita la nave;
- la tariffa può essere ridotta per le «navi verdi».

Piani di raccolta e di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi

- contengono un'analisi della situazione
- della gestione dei rifiuti esistente;
- contengono le misure da adottare, ambientalmente sostenibili, per il riutilizzo, riciclaggio, recupero e smaltimento dei rifiuti raccolti.

In Italia, il **D.Lgs. 182/2003** ha recepito la Direttiva 2000/59/CE (ora abrogata e sostituita dalla 2019/883) obbligando, di fatto, le Autorità portuali a dotarsi di adeguati **impianti portuali di raccolta**, individuando anche le relative **tariffe per il conferimento**, e di specifici **Piani di raccolta e di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi**. Tuttavia, per quanto la redazione di tale Piano sia un obbligo normativo, allo stato attuale non esiste un'azione di coordinamento nazionale e transfrontaliero che uniformi le modalità di ricezione dei rifiuti. Se questa strategia non è sempre perseguibile, a causa di differenti specificità gestionali ed operative a terra, è auspicabile il perseguimento di criteri di facilità di accesso ed efficienza, al fine di ottimizzare le pratiche di bordo nel conferimento dei rifiuti. In Francia, l'articolo R5314-7 del Codice dei Trasporti stabilisce che ogni porto debba essere dotato di un piano di ricezione e trattamento dei rifiuti, recependo quindi le indicazioni della Direttiva 883/2019. E' prevista l'emanazione, entro giugno 2021, di un nuovo strumento normativo più di dettaglio e conforme alla 883/2019.

In Corsica, lo SDAGE (Schema per la Gestione delle Acque, 2016-2021) e lo Schema di valorizzazione del mare (annesso 6 del PADDUC, piano di gestione e sviluppo sostenibile delle Corsica, approvato il 2/10/2015 dall'Assemblea della Corsica) si occupano in modo particolare degli aspetti riguardanti la gestione delle acque, ma contengono anche alcune disposizioni riguardanti la gestione di rifiuti e reflui.

Ciò detto, nonostante l'esistenza di una struttura normativa solida e aggiornata, a livello sia internazionale che europeo che nazionale, esistono numerose criticità relative soprattutto al dialogo tra imbarcazioni e porto e alla assenza o carenza di

strutture adeguate a terra per la gestione dei reflui prodotti a bordo delle imbarcazioni. Questo fa sì che gli scarichi dei reflui in mare continuino a verificarsi, sia accidentali che volontari, comportando costi ambientali, sociali ed economici significativi.

2. Classificazione dei reflui prodotti dalle imbarcazioni

Il Piano d'Azione si occupa, come detto, della gestione dei reflui così come definiti dagli **Annessi I e IV** della convenzione MARPOL (box 3). L'Annesso I indica i comportamenti da seguire per limitare l'inquinamento del mare derivante da olio minerale ("oil", come indicato dalla MARPOL). Un elenco non esaustivo dei reflui considerati nell'Annesso I è il seguente (Appendice I, Annesso I, MARPOL):

- il petrolio in tutte le sue forme: il petrolio greggio, l'olio combustibile, i residui di idrocarburi e i prodotti raffinati (diversi dai prodotti petrolchimici che sono soggetti alle disposizioni dell'Annesso II);
- i rifiuti oleosi (scarti di olio minerale e sintetico per motori, ingranaggi e lubrificazione; oli prodotti dalla separazione olio/acqua);
- i fanghi ("sludge", prodotti dalla separazione olio/acqua);
- le acque di lavaggio delle cisterne ("slop") e i residui di carico;
- i residui oleosi di macchina, come le acque di sentina ("bilge water") e le morchie.

Le acque di sentina (bilge water) sono raccolte nella vasca di sentina posta nel punto più basso della nave. I fanghi (o "sludge") sono residui di idrocarburi derivanti dalla separazione olio/acqua. Fanghi ed acque di sentina sono stoccati in vasche differenziate, la cui capacità e posizione a bordo è riportata nell'"Oil pollution prevention certificate" delle navi.

L'Annesso IV riguarda i "sewage" (come indicato dalla MARPOL), ovvero:

- gli scarichi provenienti dai bagni e dai locali sanitari (dispensari, infermerie) attraverso lavabi, lavatoi, toilette;

- gli scarichi provenienti da spazi che ospitano animali vivi;
- gli altri scarichi che sono miscelati agli scarichi sopra indicati.

IN EVIDENZA

Annesso I - Norme per la prevenzione dell'inquinamento da oli minerali (Prevention of Pollution by Oil) – entrato in vigore il 02/10/1983

Per le imbarcazioni in genere, ed escludendo i casi specifici, lo scarico in mare può avvenire alle seguenti condizioni:

- l'imbarcazione sia in navigazione (*"en route"*); l'effluente acquoso sia trattato e il contenuto di idrocarburi non ecceda le 15 ppm;
- non ci siano contaminazioni con i residui del carico o, nel caso di petroliere, l'effluente non provenga da aree di pompaggio del carico.

Annesso IV - Norme per la prevenzione dell'inquinamento da acque reflue delle navi (*Prevention of Pollution by Sewage from Ships*) - entrato in vigore il 27/09/2003

Lo scarico in mare può avvenire a condizione che:

- l'imbarcazione sia in navigazione ad una velocità di almeno 4 nodi e si trovi ad almeno 3 miglia marine dalla terra più vicina, se i liquami sono trattati (ovvero sminuzzati e disinfettati), o in caso contrario, oltre le 12 miglia;
- lo scarico avvenga a flusso moderato (*"at a moderate rate"*);
- l'effluente non produca solidi galleggianti visibili o discolorazione dell'acqua.

Nell'area speciale del mar Baltico vige il divieto assoluto di scarico.

3. Modalità di gestione nei porti dei reflui prodotti dalle imbarcazioni

I reflui liquidi possono essere raccolti attraverso:

- mezzi nautici (rimorchiatori, motobarche, battelli ecologici, bettoline, Fig. 2);
- mezzi terrestri (autocisterne, canal jet, Fig. 3);
- impianti di aspirazione e convogliamento in serbatoio (Fig. 4);
- impianti di aspirazione canalizzati (Fig. 5).

La scelta della metodologia di gestione dei reflui in un porto è funzione delle dotazioni presenti e della logistica del porto stesso; le modalità di ritiro devono essere dichiarate nel Piano di raccolta e gestione dei rifiuti e reflui.

In generale, nei porti sono presenti sia mezzi terrestri (autospurgo) che lavorano in banchina, che mezzi nautici (bettoline) che lavorano in rada, che possono essere impiegati in alternativa in funzione delle esigenze dell'imbarcazione e della logistica del porto, con lo scopo di facilitare l'operazione di scarico e renderla sicura.

Gli impianti di aspirazione sottovuoto basati su colonnine installate nelle banchine e connessi a un serbatoio oppure a sistemi canalizzati direttamente in fognatura (previa autorizzazione), sono più rari, anche se negli ultimi anni diversi porti in Italia e in Europa se ne stanno dotando. In Italia sono soprattutto gli approdi turistici a dotarsi di stazioni fisse di aspirazione delle acque nere e di sentina. In Europa è più frequente che i porti siano dotati di stazioni di aspirazione delle acque nere e di sentina, anche se talvolta sono poco pubblicizzati e poco sfruttati.



Fig. 2 – Operazione di scarico dei reflui da uno yacht attraverso un mezzo terrestre (Fonte: web site <https://www.sangoi.it/spurgo-yacht-e-imbarcazioni/>)



Fig. 3 – Operazione di aspirazione dei reflui da un traghetto attraverso un mezzo nautico



Fig. 4 – Colonnina di aspirazione di acque di sentina (Fonte: sito web <https://www.sistemamarine.it/aspirazione-reflui-2/>)



Fig. 5 – Port Vell a Barcellona: un porto dotato di sistema di aspirazione canalizzato (Fonte: sito web <https://flovac.es/en/projects/marina-and-port-facilities/>)

Il controllo degli scarichi non a norma nelle acque portuali, da parte delle autorità, risulta di difficile attuazione in quanto gli stessi risultano spesso sotto la linea di galleggiamento e quindi di difficile riscontro se non nell'immediato momento dello sversamento.

A seguito dell'emanazione del decreto legislativo 11 gennaio 2016 n. 5, in attuazione della Direttiva Europea n. 2013/53/UE, i costruttori di imbarcazioni sono obbligati a dotare queste ultime di sistemi di scarico collegati a serbatoi o ad impianti di trattamento. Conseguentemente le nuove imbarcazioni avranno la possibilità di immagazzinare i propri reflui al loro interno e quindi conferirli secondo la norma. Pertanto, se i porti si doteranno di sistemi di raccolta delle acque reflue, si potrà offrire il servizio di smaltimento in porto alle imbarcazioni dotate di tali dispositivi di raccolta. Mentre in mare aperto possono, da norma, scaricare oltre le 3 miglia dalla costa ed a una velocità non inferiore ai 4 nodi. Nelle imbarcazioni da diporto esistenti rimarrebbe la criticità dello scarico delle acque reflue. Tuttavia, esse potrebbero essere adeguate mediante soluzioni tecnologiche che dovranno essere di largo consumo, in linea con la tipologia dell'unità da diporto

e in coerenza con il potere di spesa dei diversi diportisti (vedi Figg. 6-7-8). I costi stimati per l'adeguamento di un'imbarcazione possono essere compresi tra i 500/1000 € del kit più l'installazione che può variare in funzione delle disposizioni e degli spazi disponibili nella barca.

Pertanto, sarebbe auspicabile una pianificazione volta all'adeguamento delle imbarcazioni da diporto esistenti, magari sostenuta da una politica di incentivi economici per l'installazione di kit per l'integrazione dell'intero sistema di scarico delle acque nere e di sentina. A tal proposito potrebbe essere opportuno prevedere delle incentivazioni con sconti o crediti, sia pur per un periodo limitato, per l'utilizzo delle infrastrutture finalizzate al recupero degli scarichi delle acque nere e grigie, al fine di promuovere un'opera di graduale sensibilizzazione nei confronti dei diportisti, prima di procedere successivamente con controlli e relative severe sanzioni in caso di mancato rispetto dei divieti di scarico in porto. Tale sensibilizzazione potrebbe essere promossa anche con adeguate applicazioni web di servizi che, informando il diportista circa l'organizzazione della gestione dei reflui, gli consentirebbero di dialogare meglio con i fornitori dei servizi per richiedere assistenza, informazioni e/o effettuare prenotazioni. Potrebbe essere previsto, inoltre, un sistema che consenta al diportista, una volta usufruito del servizio dell'operatore della marina, di votare la qualità dello stesso ed ottenere dei crediti per il successivo servizio.

SCHEMA IMPIANTO DI SCARICO CON SERBATOIO ACQUE NERE CON PRELIEVO DA COPERTA

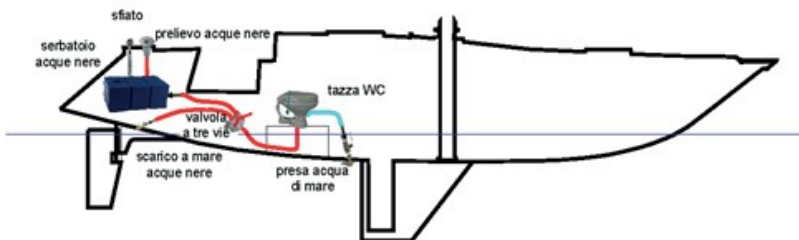


Fig. 6 - Schema di installazione di un kit per l'adeguamento di un'imbarcazione esistente non dotata di sistema scarico collegato ad un serbatoio o impianto di trattamento delle acque nere



Fig. 7 - Particolare di un kit per il recupero dei reflui con innesto standard al sistema di raccolta ed aspirazione (Fonte Giornale della Vela-Panama Editore)

SCHEMA IMPIANTO DI SCARICO ACQUE DI SENTINA CON PRELIEVO DA COPERTA



Fig. 8 - Schema di installazione di kit per l'adeguamento delle imbarcazioni esistenti dotate di pozzetto di sentina delle acque grigie

4. Piani di raccolta e di gestione dei reflui e rifiuti nei porti

Ai sensi della Direttiva (UE) 2019/883, i piani di raccolta e di gestione dei rifiuti e dei reflui nei porti, elaborati in conformità delle dimensioni del porto e della tipologia delle imbarcazioni che vi fanno scalo, devono includere:

- la valutazione dell'esigenza di impianti portuali di raccolta in funzione delle necessità delle imbarcazioni che abitualmente fanno scalo nel porto;
- la descrizione del tipo e della capacità degli impianti portuali di raccolta;
- la descrizione delle procedure di accettazione e raccolta dei rifiuti e dei reflui delle imbarcazioni;
- la descrizione del sistema di recupero dei costi;
- la descrizione della procedura per la segnalazione delle presunte inadeguatezze rilevate negli impianti portuali di raccolta;
- la descrizione della procedura per le consultazioni permanenti con gli utenti dei porti, le imprese di gestione dei rifiuti, gli operatori dei terminal e le altre parti interessate;
- una panoramica del tipo e dei quantitativi di rifiuti e reflui conferiti dalle navi e gestiti negli impianti.

Inoltre, i piani di raccolta e di gestione dei rifiuti e dei reflui nei porti possono includere:

- una sintesi del diritto nazionale pertinente, la

procedura e le formalità per il conferimento dei rifiuti agli impianti portuali di raccolta;

- l'identificazione di un punto di contatto nel porto;
- una descrizione degli impianti e dei processi di pretrattamento per eventuali flussi specifici di rifiuti nel porto;
- una descrizione delle modalità di registrazione dell'uso effettivo degli impianti portuali di raccolta;
- una descrizione delle modalità di registrazione dei quantitativi di rifiuti conferiti dalle navi;
- una descrizione delle modalità di gestione nel porto dei diversi flussi di rifiuti.

Secondo la Direttiva 2019/883 i Piani di raccolta e gestione devono essere aggiornati almeno ogni 3 anni (o in presenza di significativi cambiamenti operativi nella gestione del porto) e devono essere coerenti con la pianificazione regionale in materia di rifiuti. In Francia è attesa per giugno 2021 una legge che disciplini la gestione dei rifiuti e dei reflui nei porti.

Da un'analisi condotta nell'ambito del progetto GRRinPORT, in Italia solo il 30% dei Piani di raccolta e di gestione dei principali porti sono regolarmente aggiornati.

5. Aspetti tariffari

Il sistema di recupero dei costi degli impianti portuali di raccolta è stabilito dalla Direttiva (UE) 2019/883 e prevede il pagamento di una tariffa che, generalmente, è determinata dall'Autorità Portuale e calcolata in conformità alle seguenti disposizioni:

- a) una quota fissa, indipendente dall'effettivo utilizzo del servizio portuale di raccolta, commisurata in modo da coprire almeno il 30% dei costi di investimento e di esercizio del servizio stesso;
- b) una quota variabile correlata al quantitativo e al tipo di reflui effettivamente conferiti dalla nave al servizio di raccolta, commisurata in modo da coprire la parte dei costi non coperta dalla quota fissa.

La parte fissa della tariffa può essere differenziata in base alla categoria, al tipo e alle dimensioni dell'imbarcazione. In generale, sono previste delle quote addizionali per prestazione di servizi al di fuori del normale orario di lavoro nel porto, oppure se il servizio viene reso in rada e non in banchina. Parimenti, possono essere previste tariffe ridotte in base al tipo di traffico cui sono adibite le navi (ad esempio quelle adibite al trasporto marittimo a corto raggio, con scali frequenti e regolari) e per le imbarcazioni progettate, attrezzate o utilizzate per ridurre al minimo i reflui e gestirli in modo ambientalmente sostenibile e compatibile.

5.1 Esempi di tariffazione: il Porto di Cagliari

Le regole tariffarie per lo svolgimento del servizio portuale di gestione dei rifiuti e dei reflui nel Porto di Cagliari (Fig. 9)

sono indicate nel “Piano di raccolta e di gestione dei rifiuti prodotti dalle navi e dei residui del carico” (2014-2016). La tariffa per i reflui si compone di una quota fissa (indipendente dall’effettivo utilizzo del servizio portuale di raccolta) e una quota variabile correlata al quantitativo e al tipo di reflui prodotti ed effettivamente conferiti dall’imbarcazione. Sia per i reflui classificati come “oil” che come “sewage” la quota fissa è indipendente dalla stazza e tipologia delle imbarcazioni ed è calcolata in modo diverso in funzione del fatto che avvenga con mezzo terrestre (si considera 1 ora di utilizzo) o con motobarca (si considera una addizionale) ed è uguale sia per navi passeggeri che per navi da carico.

Le navi passeggeri e da carico che otterranno deroga o esenzione e non usufruiranno del servizio portuale saranno tenute a corrispondere comunque la quota fissa per ciascuna categoria di nave.

Per il diporto è individuata una tariffa giornaliera commisurata alle dimensioni del mezzo, modulata sulla tariffa fissa stabilita per il ritiro da nave, esatta dal gestore dell’approdo e successivamente trasferita al concessionario del servizio rifiuti. Per il naviglio da pesca è individuata una tariffa forfettaria annuale applicabile a ciascuna unità che scala il porto considerando perlomeno la duplice categoria dei pescherecci maggiori e pescherecci minori.



Fig. 9 - Il porto di Cagliari (Fonte: sito web Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna)

PORTO DI CAGLIARI					
NAVI PASSEGGERI/NAVI DA CARICO					
	Mezzo terrestre		Mezzo nautico		
	Quota fissa (fino a 1 ora di utilizzo)	Eccedenza (a m ³)	Quota fissa	Eccedenza (a m ³)	Addizionale motobarca
OIL	€ 200	€ 90	€ 200	€ 90	€ 300
SEWAGE	€ 200	€ 55	€ 200	€ 55	€ 300

5.2 Esempi di tariffazione: il Porto di Livorno

Il tariffario per l'esecuzione dei servizi di raccolta e gestione dei rifiuti e dei residui del carico prodotti dalle navi che scalano il Porto di Livorno (Fig. 10) è riportato nell'Allegato 2 all'Ordinanza n. 25 del 25/09/2018 dell'AdSP del Mar Tirreno Settentrionale. Le tariffe applicate per lo svolgimento del servizio portuale sono applicate in misura fissa a tutte le navi che attraccano nel porto e, una sola volta al giorno, nel caso di più scali giornalieri (per le navi in servizio di linea che collegano Livorno con il porto di Capraia Isola). Sono previste le seguenti riduzioni della tariffa ad attracco:

- 10% per le navi in esenzione (cioè con scali frequenti e regolari, esplicitamente esentate);
- 20% per le navi che hanno consegnato i rifiuti in modo differenziato.

La tariffa è aumentata del 50% per le navi in rada e sono previste ulteriori maggiorazioni nel caso in cui:

- la nave non provveda in proprio al pompaggio (37,42 €/h);
- il servizio eccede le 4 ore.



Fig. 10 - Il porto di Livorno (Fonte: sito web Autorità di Sistema Portuale del Mare Tirreno Settentrionale)

PORTO DI LIVORNO

TIPOLOGIA NAVE	T.s.l.	Tariffa ordinaria €	In esenzione €	Con raccolta differenziata €
DA CROCIERA	Fino a 25.000	1.209,30	1.087,84	967,97
	Oltre 25.000	1.343,66	1.209,30	1.074,43
DA CARICO E RO/RO TUTTO MERCI	Fino a 4.000	204,82	183,93	164,37
	Da 4.001 a 18.000	227,01	204,82	181,33
	Oltre 18.000	249,16	224,37	199,59
TRAGHETTI E RO/RO PASSEGGERI	Fino a 4.000	271,34	243,95	216,55
	Da 4.001 a 18.000	302,65	272,65	242,63
	Oltre 18.000	332,66	300,05	266,12

T.s.l.: tonnellata di stazza lorda

TARIFE PER LA CONSEGNA E GESTIONE DEI REFLUI

Reflui liquidi (acque di sentina CER 130403, acque di zavorra CER 160708): per ogni m³ o frazione € 35,68

Acque grigie (liquami, CER 200304): per ogni m³ (quantità minima: 25 m³) € 120,36

5.3 Esempi di tariffazione: i Porti di Ajaccio e Bastia

La tariffazione applicata al porto commerciale di Ajaccio (Fig. 11) è basata su una tariffa unica dipendente dal quantitativo di reflui scaricati (0,25 €/m³). Nel porto commerciale di Bastia (Fig. 12) la tariffa è molto più bassa, pari a 0,0016 €/m³. A queste tariffe devono essere sommate quelle relative alla pulizia dei moli:

- ad Ajaccio è funzione del numero di passeggeri trasportati e della tipologia di imbarcazione;
- a Bastia è funzione della quantità di merce e di veicolo turistico trasportato



Fig. 11 - Il porto di Ajaccio Tino Rossi (Fonte: pagina Facebook Port Ajaccio Tino-Rossi)



Fig. 12 - Il porto di Bastia (Fonte: pagina web Port de Bastia)

PORTI DI AJACCIO E DI BASTIA			
	Tassa fissa	Pulizia moli	
AJACCIO	0,25 €/m ³	Navi di linea	2,69 €/passaggero
		Navi da crociera	2,04 €/passaggero
BASTIA	0,0016 €/m ³	-	0,03 €/ton lorda merce
		-	0,03 €/veicolo trasportato

6. Piani di gestione delle emergenze da sversamento di inquinanti nei porti

L'inquinamento da idrocarburi in mare è generato sia da sversamenti accidentali che dalle normali operazioni di navigazione. Gli sversamenti accidentali possono coinvolgere piccole quantità di idrocarburi, ad es.: durante le operazioni di rifornimento o svuotamento delle cisterne, o derivare da incidenti che coinvolgono imbarcazioni di grandi dimensioni, determinando pertanto la fuoriuscita di ingenti quantità di prodotti petroliferi. Negli anni il numero di incidenti che ha portato alla fuoriuscita di petrolio in mare nel mondo si sono ridotti notevolmente (Fig. 13) nonostante il traffico marittimo sia in continuo aumento, grazie al miglioramento generale delle condizioni di navigazione ed in particolare: alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT) che hanno inciso positivamente sulla sicurezza della navigazione, alla normativa che ha fissato stringenti requisiti tecnici (ad es.: doppio scafo).

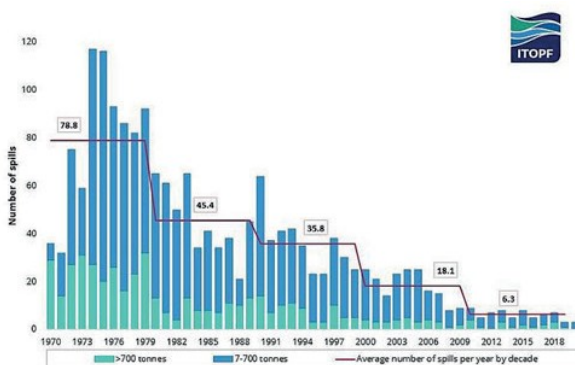


Fig. 13 - Numero di eventi di fuoriuscita di idrocarburi da imbarcazioni
 (Fonte: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>)

Le autorità marittime degli stati europei, operando tramite SafeSeaNet (il sistema di monitoraggio del traffico navale ed informazione dell'UE, gestito dall'EMSA - European Maritime Safety Agency) hanno l'obbligo di utilizzare il cosiddetto messaggio POLREP (POLLution REPorting) per la trasmissione su rete telematica della notizia di un incidente che abbia causato o sia suscettibile di causare un inquinamento del mare o delle coste, con indicazione anche delle azioni assunte e previste.

In Italia, sono 3 i livelli di intervento in caso di inquinamento in mare derivante da incidenti e/o sversamenti accidentali e sono disciplinati attraverso altrettanti piani di intervento:

- il “Piano di pronto intervento nazionale per la difesa da inquinamenti di idrocarburi o di altre sostanze nocive causati da incidenti marini” (D.P.C.M. 4 novembre 2010);
- il “Piano operativo di pronto intervento per la difesa del mare e delle zone costiere dagli inquinamenti accidentali da idrocarburi e da altre sostanze nocive” (D.M. 29/01/2013) emanato dall'ex MATTM (ora Ministero della transizione ecologica);
- il “Piano operativo di pronto intervento locale contro gli inquinamenti marini da idrocarburi e altre sostanze nocive” predisposto da ciascuna Capitanerie di Porto.

Le misure contenute nel Piano di pronto intervento nazionale si applicano a eventi che interessano aree di mare o di litorale molto estese. In tal caso, le competenze sono in capo alla Protezione Civile.

Le misure contenute nel Piano operativo di pronto intervento si applicano, invece, ai casi di inquinamento meno estesi e che possono essere fronteggiati con i mezzi e le strutture a

disposizione senza il coinvolgimento della Protezione Civile. Lo scopo fondamentale del Piano è quello di individuare i compiti e le responsabilità dei soggetti coinvolti, ad iniziare dal responsabile dell'evento di inquinamento, e coinvolgendo gli organismi ministeriali (MiTE), il Comando Generale del Corpo delle Capitanerie di Porto – Guardia Costiera (MARICOGECAP) in modo da coordinare le azioni e agire con tempestività ed efficacia al fine di contenere l'inquinamento dei mari. Con lo stesso scopo, in Francia, il regolamento di riferimento è il POLMAR (POLLutions MARines), un sistema che regola e coordina le azioni di pronto intervento, individuando compiti e responsabilità dei soggetti coinvolti nella gestione, sia nel caso di eventi accidentali che nel caso di atti dolosi.

Le misure contenute nel Piano operativo locale si applicano nel Compartimento marittimo individuato specificatamente nel documento stesso. In tale ipotesi, il Capo del Compartimento assume la direzione di tutte le operazioni sulla base del piano operativo e coordina le azioni di intervento.

In generale, le principali azioni di intervento consistono in:

- **Contenimento con panne e recupero del prodotto:**
attraverso panne trainate da due imbarcazioni si concentra il prodotto petrolifero in una porzione di mare dalla quale viene raccolto attraverso un dispositivo a stramazzo (skimmer), ad adesione o di altro tipo. L'efficienza dell'operazione è tanto maggiore quanto più è tempestivo l'intervento: infatti l'evaporazione, la dispersione verso le coste, l'affondamento del prodotto riduce la percentuale di recupero anche drasticamente. Le panne galleggianti sono di diverso tipo e vengono scelte e adoperate in funzione dell'ambiente marino in cui devono essere

impiegate (porti, bacini, mare aperto o acque basse, Fig. 14). Una trattazione molto dettagliata delle tipologie di panne e di dispositivi di raccolta è stata fatta da ISPRA (2014).

- **Impiego di prodotti ad azione assorbente e disperdente:** il D.M. 25/02/2011 indica i requisiti che devono avere i prodotti disperdenti ed assorbenti da impiegare in mare per la bonifica dalla contaminazione da idrocarburi petroliferi. Possono essere di tre tipologie: assorbenti inerti, assorbenti non inerti e disperdenti. I prodotti assorbenti, sia inerti che non inerti, agiscono selettivamente nei confronti degli idrocarburi e vengono spesso usati in combinazione con le panne di contenimento. Possono essere utilizzati in fogli, in rotoli, in cuscini, sempre in presenza di un involucro esterno costituito da materiale inerte. I prodotti disperdenti sono agenti chimici che favoriscono la dispersione degli idrocarburi nella colonna d'acqua facilitandone la biodegradazione. Vengono utilizzati soprattutto quando si vuole scongiurare la migrazione della chiazza di idrocarburi verso zone sensibili o difficilmente accessibili ai mezzi meccanici di contenimento (ad es.: costa rocciosa). Chiaramente l'utilizzo dei reagenti chimici potrebbe aumentare l'esposizione degli organismi acquatici agli idrocarburi dispersi e quindi l'utilizzo di questa tecnica deve essere attentamente valutato ed espressamente autorizzato dal MiTE.

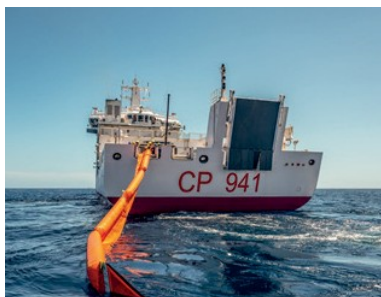


Fig. 14. Periodiche esercitazioni antincendio e antinquinamento organizzate e coordinate dalla Guardia Costiera: utilizzo di panne galleggianti. (Fonte: Guardia Costiera, pagina Facebook)

Non sono rinvenibili, invece, azioni permanenti di messa in sicurezza definibile come “operativa” nei porti: ovvero sistemi assorbenti inerti o non inerti posizionati in zone strategiche (sulle banchine in cui si effettua il bunkeraggio, le operazioni di scarico delle acque di sentina, le zone idrodinamicamente più favorevoli agli accumuli degli idrocarburi) che siano in grado di assorbire i “microversamenti” accidentali che sono rinvenibili nei porti e identificabili con la “classica” iridescenza sulla superficie dell’acqua del mare (Fig. 15). Gli stessi materiali usati in caso di evento emergenziale potrebbero trovare impiego, soprattutto nella stagione turistica, nelle banchine dedicate al diporto o all’attracco dei traghetti passeggeri o navi da crociera (Fig. 16 e 17), nella stagione turistica quando il

traffico marittimo è maggiore, ma anche durante la stagione invernale quando l'attività autodepurativa dell'ecosistema ad opera dei batteri degradatori di idrocarburi è minima.

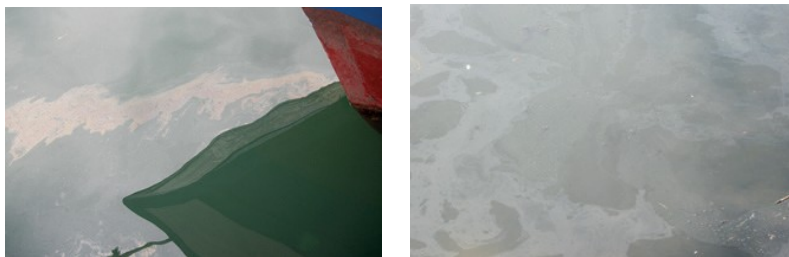


Fig. 15. Sversamento accidentale di idrocarburi da imbarcazioni. A sinistra: Marina di El Kantaoui, Tunisia - monitoraggio nell'ambito del progetto MAPMED Management of Port areas in the MEDiterranean Sea Basin ENPI CBCMED Cross-Border Cooperation in the Mediterranean). A destra: Porto di Cagliari - monitoraggio nell'ambito del progetto GRRinPORT.

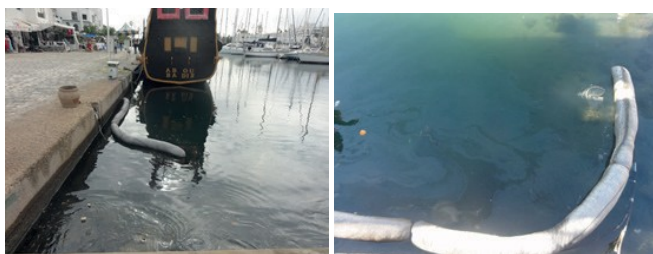


Fig. 16. Booms in sughero termotrattato (i booms CorkSorb® sono stati forniti da Amorim e installati nella Marina di El Kantaoui nell'ambito del progetto MAPMED).



Fig. 17. Pannelli in lana di pecora posizionati su banchina fissa (i pannelli Geolana® sono stati forniti da Industrie Edizero e installati nel Porto di Cagliari nell'ambito del progetto GRRinPORT).

6.1. Il caso studio del Porto di Cagliari: contenimento degli sversamenti nelle acque del porto e gestione sostenibile della risorsa idrica

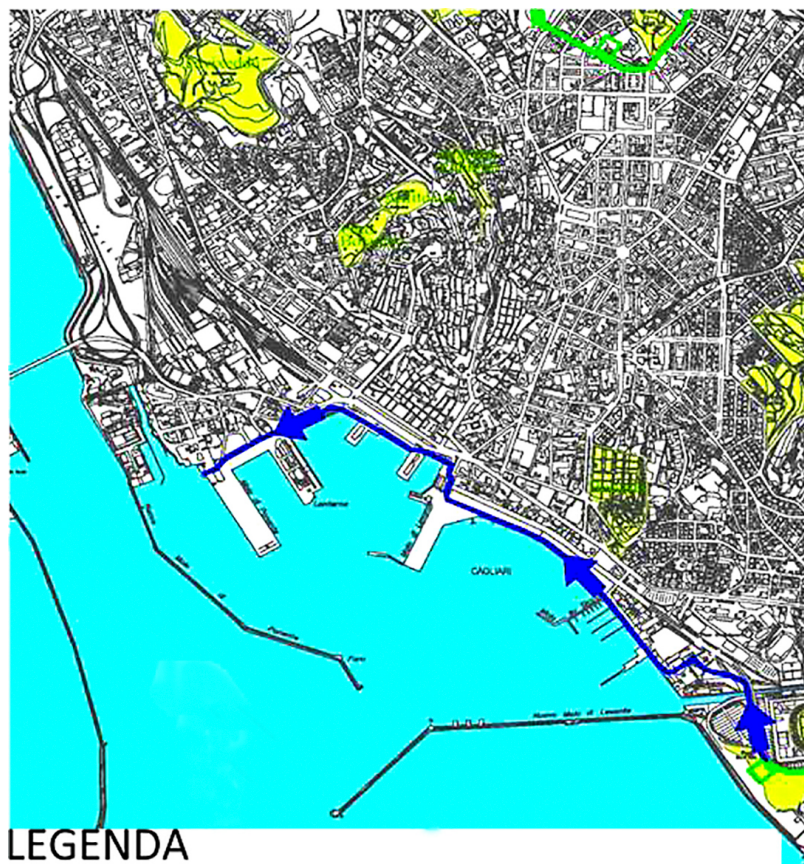
In questi ultimi anni il progressivo aumento delle dimensioni delle imbarcazioni da diporto, il continuo miglioramento delle condizioni di accesso nei porti e il comfort delle attrezzature, hanno favorito la presenza a bordo di equipaggi e la scelta di utilizzare l'imbarcazione spesso come domicilio o anche per soggiorni turistici senza necessariamente dover uscire in mare. Così, mentre si assiste ad un aumento della frequentazione dei porti da parte di visitatori e turisti, alcuni porti si stanno trasformando in parcheggi portuali o addirittura in condomini galleggianti.

Per questi motivi una parte significativa dell'inquinamento delle acque dei bacini portuali dovuta alle imbarcazioni da diporto può essere determinata dallo scarico diretto di acque reflue provenienti sia dagli impianti sanitari di bordo (acque nere), sia dalle acque grigie per stoviglie o lavaggio (acque grigie), anche se vietati dalla normativa. L'inquinamento prodotto è di natura organica (nutrienti), microbiologica, chimica e genera un impatto visivo. L'impatto inquinante di questi afflussi è essenzialmente funzione della popolazione "fluttuante", cioè del numero di persone che stazionano a bordo delle imbarcazioni, e delle condizioni idrodinamiche del porto. Altra causa di inquinamento è determinata dai materiali di risulta e dalle sostanze chimiche pericolose, tossiche per l'ambiente acquatico, derivate soprattutto dalle attività di riparazione e manutenzione delle imbarcazioni (ad opera di professionisti o degli stessi diportisti), dalle operazioni di pulizia e dal funzionamento delle stesse imbarcazioni. Molto spesso l'attività di manutenzione delle

imbarcazioni nei porti viene svolta su un piazzale scoperto, fronte banchina, non dotato di nessuna protezione contro il dilavamento da acque meteoriche. Per evitare sversamenti accidentali in mare causati da tale attività, nelle aree cantieristiche si dovrebbe prevedere l'installazione di impianti che, in adiacenza o all'interno dei pozzetti di scarico esistenti, hanno il compito di intercettare i residui oleosi e di idrocarburi presenti nelle acque di prima pioggia e di dilavamento per ridurre la concentrazione di idrocarburi al di sotto dei limiti tollerati dall'impianto di depurazione. Nel caso di imbarcazioni non troppo grandi e/o non dotate di alberature si dovrebbe prevedere, inoltre, la predisposizione di una tettoia di riparo che protegga l'area dedicata alla loro manutenzione, per evitare che in occasione di eventi meteorici intensi o durante le manutenzioni stesse sia solidi che liquidi siano dilavati in mare. L'area coperta potrebbe essere ulteriormente protetta dal dilavamento a mezzo di un cordolo a terra e dotata di un pozzetto cieco centrale dove eventuali residui liquidi potranno accumularsi in caso di sversamenti accidentali. In caso di sversamento di oli o idrocarburi, sulla superficie coperta potranno essere utilizzati sistemi assorbenti poi smaltiti come rifiuto. In relazione a ciò, si sottolineano anche i rilevanti consumi di acqua (potabile) connessi alle attività cantieristiche e diportistiche. Al fine di limitare tale dispendio, per quanto possibile, devono essere ridotti i prelievi di acqua potabile dalla rete pubblica, incentivando il riutilizzo delle acque. A titolo di esempio e considerando il Porto di Cagliari come caso studio, si propone la realizzazione di una nuova condotta idrica, derivata dalla rete delle acque depurate (attualmente in corso di realizzazione) provenienti dall'impianto di depurazione che serve la Città metropolitana (depuratore di Is Arenas) e già destinate ad usi irrigui dei parchi cittadini,

che andrebbe a creare una rete di sottoservizi nell'area portuale (vedi Fig. 18).

La realizzazione di questa nuova rete di acqua depurata permetterebbe un notevole risparmio dell'acqua per uso civile (potabile) garantendo, nello stesso tempo, la risorsa idrica necessaria per le attività portuali e di cantiere, per l'antincendio ed eventualmente anche per il semplice lavaggio delle stesse imbarcazioni in opportune aree attrezzate, nelle stesse marine che assicurano il servizio alle imbarcazioni da diporto. A tal fine, le marine potrebbero realizzare delle aree apposite finalizzate al lavaggio delle imbarcazioni servite dalla rete di riutilizzo. In tali aree si avrebbe la possibilità di erogare la risorsa idrica a basso costo (o addirittura gratuitamente) con conseguenti risparmi notevoli da parte delle marine, nonché permettere il controllo sullo sversamento di inquinanti di lavaggio (utilizzo esclusivo prodotti ecologici) e lo smaltimento più idoneo delle sostanze derivanti dalle operazioni di lavaggio. Tali aree potrebbero limitare il "fai da te" non controllato (che spesso rischia di essere dannoso per l'ambiente) ed anche evitare gli attuali sprechi di acqua potabile.



LEGENDA

- COLLETTORI ESISTENTI ACQUE NERE
- COLLETTORI ESISTENTI ACQUE DEPURATE
- COLLETTORI IN PROGETTO ACQUE DEPURATE
- PROPOSTA CONDOTTA ACQUE DEPURATE A SERVIZIO DEL PORTO
- ▲ IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO ESISTENTE
- ▲ IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO DI PROGETTO
- ALLACCIO IDRICO ED IDRANTE ACQUA DI RIUTILIZZO
- PRINCIPALI AREE VERDI

Fig. 18 – Planimetria della proposta di rete idrica di adduzione di acque depurate a servizio dell'area portuale (linea blue) per il Porto di Cagliari



7. Identificazione delle principali criticità e degli obiettivi prioritari

Nonostante il solido impianto normativo sia europeo che nazionale e le infrastrutture presenti o potenzialmente implementabili nei porti, a tutt'oggi esistono numerose criticità che rendono il traffico marittimo non pienamente sostenibile in relazione di produzione dei reflui da parte delle imbarcazioni e di gestione degli sversamenti accidentali (vedi box 4).

La sussistenza di tali criticità, attualmente, non consente di contribuire in modo soddisfacente al raggiungimento del SDG 14.

BOX 4	PRINCIPALI CRITICITA'
C1	I piani di raccolta e di gestione dei rifiuti e reflui nei porti non vengono aggiornati con la frequenza dovuta.
C2	Il servizio di ritiro dei reflui prodotti dalle imbarcazioni è "su chiamata" e fa spesso uso di servizi temporanei a terra (autospurgo) o in rada (bettoline).
C3	Qualora siano presenti nei porti servizi di aspirazione dei reflui dalle imbarcazioni (di qualsiasi tipo, ma soprattutto per il diporto), questi non vengono pubblicizzati e quindi utilizzati: spesso i volumi annuali gestiti nei porti sono zero o prossimi allo zero, anche a fronte di un intenso traffico marittimo.
C3 BIS	Qualora siano presenti nei porti i servizi di aspirazione dei reflui, la maggior parte delle imbarcazioni esistenti (di vecchia generazione) non può utilizzare tali servizi in quanto esse non raccolgono i propri reflui mancando al loro interno sistemi di scarico collegati a serbatoi o a impianti di trattamento.
C4	Le tariffe per lo scarico di reflui e rifiuti sono disomogenee, spesso poco chiare e non incentivano chi ha comportamenti corretti a bordo (differenziazione dei flussi delle acque, ad esempio).
C5	I porti non sono quasi mai dotati di sistemi di prevenzione dei microversamenti accidentali contenenti idrocarburi.
C6	L'aumento del traffico diportistico, dei servizi ad esso dedicati e delle attività cantieristiche (inquinamento e dispendio idrico) genera un impatto negativo se non opportunamente controllato e gestito.

C1. I piani di raccolta e di gestione dei rifiuti e reflui nei porti non vengono aggiornati con la frequenza dovuta.

Secondo il D.Lgs 182/2003, i Piani devono essere aggiornati (a partire dal 2010, dopo una lunga diatriba con l'UE e una serie di richiami e procedure di infrazione) ogni 3 anni. Tuttavia, da una prima analisi emerge che solo il 30% dei Piani dei principali porti italiani è aggiornato. Questo implica che non sempre sia noto il quantitativo dei rifiuti e dei reflui movimentati e gestiti nel porto e che, quindi, non sia possibile conoscere se e quali impianti portuali di raccolta siano adeguati o da adeguare.

C2. Il servizio di ritiro dei reflui prodotti dalle imbarcazioni è “su chiamata” e fa spesso uso di servizi temporanei a terra (autospurgo) o in rada (bettoline).

La raccolta dei reflui (quelli relativi agli Annessi sia I che IV della Marpol) è affidata, nella maggior parte dei porti, a servizi su chiamata che necessitano di essere prenotati e con tempi di esecuzione molto lunghi. Le imbarcazioni da diporto, comprendendo in questa categoria anche i grandi yacht, fanno pochissimo uso del servizio su chiamata (tanto che i volumi movimentati e registrati nei porti, sia di acque di sentina che di acque nere sono bassi).

C3. Qualora siano presenti nei porti stazioni fisse di aspirazione dei reflui dalle imbarcazioni (di qualsiasi tipo, ma soprattutto per il diporto), questi non vengono pubblicizzati e quindi utilizzati: spesso i volumi annuali gestiti nei porti sono zero o prossimi allo zero, anche a fronte di un intenso traffico marittimo

Le stazioni fisse di aspirazione delle acque nere e di sentina non sono molto diffuse in Italia, anche se sarebbero tecnicamente

facili da installare anche in porti già esistenti. La difficoltà principale è di tipo economico: il costo di investimento può essere alto anche se compensabile attraverso la tariffa portuale. Quando presenti, le stazioni fisse non sempre vengono utilizzate dai diportisti, anche perché non sempre vengono pubblicizzate come servizio.

C3 BIS. Qualora siano presenti nei porti stazioni fisse di aspirazione dei reflui dalle imbarcazioni, la maggior parte di quelle esistenti non è dotata degli opportuni sistemi di scarico collegati a serbatoi o ad impianti di trattamento.

A differenza delle nuove imbarcazioni che devono essere dotate degli appositi dispositivi di raccolta, nelle imbarcazioni da diporto esistenti rimarrebbe la criticità dell'assenza del serbatoio di accumulo delle acque reflue, e che necessitano pertanto di essere adeguate mediante soluzioni tecnologiche che dovranno essere di largo consumo, in linea con la tipologia dell'unità da diporto e in coerenza con il potere di spesa dei diversi diportisti. I costi stimati per l'adeguamento di un'imbarcazione possono essere compresi tra i 500/1000 € del kit più l'installazione che può variare in funzione delle disposizioni e degli spazi disponibili nella barca.

C4. Le tariffe sono spesso poco chiare e non incentivano chi ha comportamenti corretti a bordo (differenziazione dei flussi delle acque, ad esempio)

Le tariffe sono corrisposte dalle imbarcazioni in funzione di parametri che variano da porto a porto. In generale, sono calcolate sulla base della stazza dell'imbarcazione e sulla base della quantità conferita e raramente esistono dei meccanismi di incentivazione sulla base di comportamenti "virtuosi" da parte delle imbarcazioni (ad esempio, utilizzo delle colonnine di aspirazione quando presenti, presenza di serbatoi

differenziati per lo stoccaggio di acque nere/grigie/di sentina).

C5. I porti non sono quasi mai dotati di sistemi di prevenzione dei microversamenti accidentali da idrocarburi.

Il sistema di azione e di contenimento dell'inquinamento è principalmente basato sull'intervento tempestivo in caso di incidente. Se questo è chiaramente necessario per gli sversamenti accidentali, i "microversamenti" ovvero quelli derivanti dalle normali operazioni di bunkeraggio, scarico delle acque di sentina, piccole dispersioni di idrocarburi non segnalate, non vengono gestiti e contribuiscono a impoverire la qualità delle acque portuali.

C6. L'aumento del traffico diportistico, dei servizi ad esso dedicati e delle attività cantieristiche (inquinamento e dispendio idrico) genera un impatto negativo se non opportunamente controllato e gestito.

Il progressivo aumento del traffico diportistico può causare inquinamento per via degli scarichi di acque reflue delle imbarcazioni nel porto (vietati dalla normativa). Inoltre, le attività di riparazione e manutenzione delle imbarcazioni (ad opera di professionisti o degli stessi diportisti) e le operazioni di pulizia generano acque di dilavamento dei piazzali che hanno un elevato carico inquinante. Infine, altra criticità legata alle attività cantieristiche e della diportistica è la gestione sostenibile della risorsa idrica potabile considerati i rilevanti prelievi della medesima nei porti.

8. Azioni per la gestione sostenibile dei reflui e degli sversamenti accidentali nei porti

L'esame dei dati raccolti e delle criticità ha consentito di identificare alcuni obiettivi strategici (O.S.) che risultano fortemente interrelati e che indirizzano verso gli interventi da attuare:

O.S. 1) incrementare la disponibilità e l'uso delle stazioni fisse di aspirazione delle acque di sentina e nere nei porti;

O.S. 2) comunicare informazioni chiare, facilmente accessibili nella lingua ufficiale dello Stato membro in cui si trova il porto e in una lingua usata internazionalmente;

O.S. 3) identificare e applicare opportuni incentivi economici per migliorare la gestione dei reflui sulle navi e per il conferimento negli impianti portuali;

O.S. 4) adottare sistemi di prevenzione degli impatti ambientali causati dai microversamenti di idrocarburi nelle acque portuali;

O.S. 5) Minimizzare gli impatti dovuti ai servizi dedicati alle attività da diporto (ridurre inquinamento e dispendio idrico).

Il Piano d'Azione proposto segue una logica classica secondo la quale ogni obiettivo strategico viene scomposto in azioni concrete volte a coinvolgere efficacemente gli attori locali.

O.S. 1) Incrementare la disponibilità e l'uso delle stazioni fisse di aspirazione delle acque di sentina e nere nei porti

Il primo obiettivo strategico mira all'aumento del numero di porti che adottano stazioni di conferimento fisse soprattutto per le imbarcazioni da diporto che potrebbero favorire lo smaltimento delle acque di sentina (contaminate da idrocarburi) e nere.

Tabella 1 - Azione 1.1: Promuovere l'installazione a bordo delle imbarcazioni di serbatoi differenziati per la raccolta delle acque nere e di sentina

Scopo/i dell'azione	Installare serbatoi differenziati per la raccolta delle acque nere e di sentina a bordo delle imbarcazioni. Ciò consentirà di utilizzare le stazioni di aspirazione fisse in porto o i sistemi mobili.
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili dell'azione	Gestori delle marine, Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comune, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 36 mesi
Impatti desiderati	- riduzione delle quantità di reflui smaltiti in mare - aumento della quantità di reflui conferiti in porto
Criteri di valutazione	- quantità di reflui conferiti in porto - numero di serbatoi a bordo

Tabella 2 - Azione 1.2: Aumentare il numero di stazioni fisse di aspirazione nelle strutture portuali

Scopo/i dell'azione	Le stazioni fisse per l'aspirazione di reflui (sia acque di sentina che nere) consentono un servizio molto più veloce e quindi incentivano il proprietario dell'imbarcazione all'utilizzo.
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Gestori delle marine, Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	36 mesi
Impatti desiderati	• aumento del numero di stazioni fisse di aspirazione • standardizzazione degli impianti portuali di raccolta • riduzione delle quantità di reflui scaricati in mare • aumento della quantità di reflui recuperati • strutture efficienti per evitare ritardi nelle attività ordinarie delle navi
Criteri di valutazione	• quantità di reflui gestiti • numero di stazioni fisse installate

O.S. 2) Comunicare informazioni chiare, facilmente accessibili nella lingua ufficiale dello Stato membro in cui si trova il porto e in una lingua usata internazionalmente

L'O.S. 2) mira a migliorare la comunicazione tra porto e imbarcazioni e a fornire preventivamente informazioni chiare sulle modalità di gestione in porto dei diversi flussi di rifiuti e reflui prodotti e quindi a incentivarne il corretto smaltimento. Obiettivo ulteriore è quello di arrivare a procedure condivise tra i diversi porti.

Tabella 3 - Azione 2.1 – Promuovere l'utilizzo di app per divulgare le informazioni di servizio relative ai porti

Scopo/i dell'azione	Al fine di migliorare la comunicazione relativa ai servizi presenti nel porto, con particolare riferimento a ubicazione degli impianti portuali, orari di lavoro, elenco dei rifiuti/reflui conferibili, procedure per il conferimento, contatti degli operatori e servizi offerti, strutturazione del sistema di recupero dei costi, prenotazione dei servizi, vanno promossi la progettazione e l'utilizzo di applicazioni per dispositivi portatili (di seguito <i>app</i>)
Coerenza con SDGs	SDG 9 (Costruire un'infrastruttura resiliente, promuovere l'industrializzazione inclusiva e sostenibile e sostenere l'innovazione) SDG 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali, marine
Possibili partner	Regione, Comuni, progettisti di servizi informatici, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, associazioni di diportisti
Tempo di implementazione previsto	Da 6 a 18 mesi
Impatti desiderati	• migliore raccolta e gestione dei reflui (e dei rifiuti) • migliore gestione ambientale dei reflui e dei rifiuti in ambito portuale
Criteri di valutazione	• numero di app realizzate • numero di app scaricate

Tabella 4 - Azione 2.2 - Predisporre e aggiornare i Piani di raccolta e gestione dei rifiuti e dei reflui

Scopo/i dell'azione	Redigere e aggiornare regolarmente Piani di raccolta e gestione dei rifiuti e dei reflui comprensivi di tutti gli elementi richiesti dalla Direttiva (UE) 2019/883. Ciò consentirà un'armonizzazione dei piani redatti per i diversi porti facilitando la gestione dei rifiuti e dei reflui secondo un modello comune. Le procedure di ricezione, raccolta, stoccaggio, trattamento e smaltimento dovrebbero portare a una graduale riduzione dell'impatto di queste attività sull'ambiente marino.
Coerenza con SDGs	SDG 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, enti competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	• migliore gestione degli impianti portuali di raccolta • migliore implementazione delle procedure di ricezione e raccolta dei reflui prodotti a bordo delle navi • corretto monitoraggio del tipo e delle quantità di reflui conferiti dalle navi e gestiti nelle infrastrutture portuali di raccolta
Criteri di valutazione	• quantitativi di reflui gestiti • numero di Piani di raccolta e gestione dei rifiuti aggiornati e coerenti con le indicazioni fornite dalla Direttiva quadro sui rifiuti

Tabella 5 - Azione 2.3 - Istituire tavoli di lavoro periodici al fine di migliorare le procedure di gestione dei reflui a bordo e in porto

Scopo/i dell'azione	Al fine di condividere le procedure di gestione dei rifiuti/reflui tra tutti gli attori coinvolti, definire le migliori soluzioni, uniformare le modalità di gestione dei reflui a bordo di imbarcazioni e nei porti e, quando necessario, migliorarle periodicamente, è opportuno istituire tavoli di lavoro periodici dove ciascun partecipante possa fornire il proprio contributo e condividere la propria esperienza, anche al fine di migliorare e uniformare i Piani di raccolta e gestione dei rifiuti e dei reflui
Coerenza con SDGs	SDG 11 (Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, gestori delle marine, operatori marittimi, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 18 a 24 mesi
Impatti desiderati	• migliore raccolta e gestione dei rifiuti e dei reflui • migliore gestione ambientale dei rifiuti/reflui in ambito portuale • facilità di accesso ed efficienza del servizio • uniformità delle procedure di gestione
Criteri di valutazione	• flussi di reflui gestiti in porto • Piani di raccolta e gestione dei rifiuti e dei reflui aggiornati

O.S. 3) Identificare e applicare opportuni incentivi economici per migliorare la gestione dei reflui sulle navi e per il conferimento nei porti

Lo scopo del O.S. 3 è quello di definire condizioni più chiare per l'esenzione al conferimento e applicare adeguati sistemi di tariffazione differenziata al fine di incoraggiare i gestori portuali, i responsabili delle compagnie di navigazione e tutti gli utenti delle aree portuali a essere virtuosi nella gestione dei reflui. Il termine "incentivo" è da intendersi come sgravio sulla tariffa o applicazione di tariffa incoraggiante.

Tabella 6 - Azione 3.1 - Identificare adeguati incentivi per la raccolta dei reflui a bordo delle imbarcazioni

Scopo/i dell'azione	L'implementazione di incentivi e costi differenziati sulla base delle operazioni svolte a bordo delle imbarcazioni volte a gestire in modo sostenibile i reflui generati, a partire dallo stoccaggio separato degli stessi, rappresenta una soluzione che consentirebbe di sensibilizzare i produttori di reflui.
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del Progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 36 mesi
Impatti desiderati	• diminuzione complessiva dei quantitativi di reflui sversati in mare • trasparenza dei costi per l'utente • contenimento delle spese
Criteri di valutazione	• identificazione della tariffazione agevolata

Tabella 7 - Azione 3.2 - Istituire incentivi per imbarcazioni “certificate”

Scopo / i dell'azione	Per limitare l'impatto delle attività portuali e del traffico marittimo sull'ambiente, può essere attuata una riduzione delle tasse portuali per gli operatori navali nel rispetto delle buone pratiche ambientali o una tariffazione differenziata della raccolta e del trattamento dei rifiuti e dei reflui per imbarcazioni certificate Green Passport, Lloyd's Eco o RINA Green Plus.
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 18 a 24 mesi
Impatti desiderati	• miglioramento della qualità dell'ambiente nei porti • miglioramento delle prestazioni ambientali delle imbarcazioni
Criteri di valutazione	• aumento del numero di imbarcazioni certificate • riduzione tasse per le imbarcazioni certificate

Tabella 8 - Azione 3.3 - Definire le condizioni di esenzione al conferimento

Scopo/i dell'azione	Al fine di ridurre il numero di casi per cui una nave può procedere verso il successivo porto di scalo senza aver conferito i propri rifiuti/reflui, è necessario definire condizioni per l'esenzione al conferimento più stringenti e con criteri chiari. In particolare, è necessario definire: i metodi e i criteri da utilizzare per il calcolo della sufficiente capacità di stoccaggio dedicata; i criteri per distinguere le navi che svolgono servizio di linea con scali frequenti e regolari (es. uno scalo nel porto x con una frequenza non inferiore a y volte per settimana/mese)
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del Progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	• riduzione degli scarichi in mare • migliore gestione ambientalmente compatibile dei reflui
Criteri di valutazione	• numero richieste di esenzione al conferimento • numero rilascio deroghe • accordi sul conferimento dei reflui e sul pagamento delle tariffe in un dato porto

O.S. 4) Adottare sistemi di prevenzione degli impatti ambientali causati dai microversamenti di idrocarburi nelle acque portuali.

L'O.S. 4 del presente Piano d'Azione valuta l'importanza di dotarsi di sistemi di prevenzione degli impatti ambientali causati dai microversamenti di idrocarburi nelle acque portuali.

Tabella 9 - Azione 3.1 – Promuovere studi idrodinamici nelle acque dei porti

Scopo/i dell'azione	L'ottenimento delle informazioni relative alla idrodinamica nei porti consentirebbe di conoscere le zone di "naturale" accumulo dei microversamenti di acque contaminate da idrocarburi dove posizionare i sistemi di assorbimento permanenti per il controllo degli impatti.
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Regione, Comuni, società di ingegneria, gestori delle marine
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 36 mesi
Impatti desiderati	migliorare la conoscenza del porto
Criteri di valutazione	- numero di studi idrodinamici condotti - individuazione delle zone potenziali di accumulo di idrocarburi

Tabella 10 - Azione 3.2 – Controllo degli impatti derivanti dai microversamenti di acque contaminate da idrocarburi

Scopo/i dell'azione	Ridurre l'impatto provocato dalle piccole perdite di idrocarburi legate alle normali operazioni delle nei porti, es. rifornimento
Coerenza con SDGs	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali, Marine
Possibili partner	Regione, Comuni, società di trasporto marittimo, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti, ecc.
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 18 mesi
Impatti desiderati	Controllo degli impatti derivanti dai microversamenti di acque contaminate da idrocarburi
Criteri di valutazione	- numero di installazioni - metri lineari di banchine interessate dall'azione

O.S.5) Minimizzare gli impatti dovuti ai servizi dedicati alle attività da diporto (inquinamento e dispendio idrico)

L'O.S. 5 del presente Piano d'Azione mira a ridurre gli impatti legati ai servizi dedicati alle attività da diporto quali le attività di riparazione e manutenzione delle imbarcazioni (ad opera di professionisti o degli stessi diportisti), le operazioni di pulizia delle carene e il funzionamento delle stesse imbarcazioni.

Tabella 11 - Azione 5.1 – Interventi per la raccolta e la gestione delle acque di dilavamento delle aree cantieristiche

Scopo/i dell'azione	Realizzazione nelle aree cantieristiche di impianti per intercettare i residui oleosi e di idrocarburi presenti nelle acque di prima pioggia, di dilavamento delle superfici impermeabilizzate e delle acque provenienti dal lavaggio delle carene. In aree cantieristiche dedicate ad imbarcazioni di dimensioni ridotte potrebbero essere, inoltre, predisposte delle tettoie a protezione anche dal un cordolo perimetrale a terra di contenimento.
Coerenza con SDG14	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili) SDG 14 (Conservare e utilizzare in modo sostenibile gli oceani, i mari e le risorse marine)
Spazi di applicazione	Porti del progetto
Responsabili del progetto	Autorità portuali
Possibili partner	Gestori dei cantieri e delle marine, organizzazioni competenti per la gestione dei rifiuti.
Tempo di implementazione previsto	12 mesi
Impatti desiderati	• riduzione degli scarichi in mare • migliore gestione ambientale delle acque di dilavamento superficiale, sia quelle di origine meteorica che dovute alle operazioni di manutenzione/pulizia delle aree impermeabilizzate.
Criteri di valutazione	• numeri di installazioni • quantità recuperata di oli e reflui inquinati intercettati dai pozzetti che va a conferimento/smaltimento

Tabella 12 - Azione 5.2 – Realizzazione di una rete duale di adduzione delle acque in porto

Scopo/i dell'azione	Realizzazione di una rete idrica di adduzione di acque depurate a servizio dei cantieri, lavaggio delle imbarcazioni e antincendio al fine di risparmiare l'utilizzo della risorsa idrica potabile e riutilizzo di acqua depurata a bassissimo costo.
Coerenza con SDG 14	SDG 6 (Garantire la disponibilità e la gestione sostenibile di acqua e servizi igienici per tutti) SDG 12 (Garantire modelli di consumo e produzione sostenibili)
Spazi di applicazione	Porto di Cagliari
Responsabili del progetto	Autorità portuale
Possibili partner	Regione, Comune, gestore servizio idrico integrato
Tempo di implementazione previsto	Da 12 a 24 mesi
Impatti desiderati	• Risparmio risorsa idrica potabile • Abbattimento costi approvvigionamento idrico delle marine
Criteri di valutazione	• volumi di risorsa idrica potabile risparmiata • risparmio in euro dei costi di approvvigionamento potabile

Bibliografia

Eurostat (2011). Mediterranean and Black Sea Coastal Region. Available online at [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive: Mediterranean_and_Black_Sea_coastal_region_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive:Mediterranean_and_Black_Sea_coastal_region_statistics) (accessed January 2, 2020).

European Environment Agency (2006). Priority Issues in the Mediterranean Environment. Copenhagen: European Environmental Agency

Piante C., Ody D. (2015). Marine transport and ports. In: Blue Growth in the Mediterranean Sea: the Challenge of Good Environmental Status. MedTrends Project. WWF-France. 192 pages

Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F. B. R., Aguzzi, J., ... Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. PLoS ONE, 5(8), 1–36. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011842>

ISPRA, 2014. <https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/quaderni/ricerca marina/QuadernonISversamentodiidrocarburiinmare.pdf>



Sviluppo di strategie di gestione e trattamento dei sedimenti di dragaggio contaminati

Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei sedimenti di dragaggio contaminati

Premessa

Il presente report contiene la descrizione del Piano d'Azione per la gestione sostenibile dei sedimenti di dragaggio contaminati.

Dopo una revisione normativa circa la gestione dei sedimenti si propone una disamina dello stato dell'arte e delle buone pratiche. Una volta definito il piano di azione si è proceduto all'applicazione della metodologia LCA (*life cycle assessment*) al piano di azione con particolare riferimento alle tipologie di trattamento studiate dal gruppo di lavoro.

Il gruppo di lavoro ha studiato tre tipologie di trattamento: Soil washing, elettrocinesi e landfarming.

Il contesto normativo

Dal punto di vista normativo, la gestione dei sedimenti è in bilico tra sostenibilità e sicurezza ambientale. Le disposizioni generali e quelle internazionali rendono difficile una gestione univoca dei sedimenti dragati e allo stesso tempo la rendono indispensabile.

A livello europeo, la gestione dei sedimenti si trova inserita in varie direttive, tra le quali *EU Water Framework Directive*, *EU Waste Directive* e *EU Directive on protected areas*, senza averne una specifica.

La *Water Framework Directive* (2000/60/EC), regola il monitoraggio dei sedimenti per garantire una buona qualità di tutti i corpi idrici in relazione all'utilizzo di terra e di contaminazione, inoltre i livelli soglia di contaminazione non sono decretati a livello europea ma bensì ogni nazione stabilisce i propri limiti soglia anche all'interno di fiumi e laghi transnazionali.

Il dragaggio, la ricollocazione e lo stoccaggio finale dei sedimenti sono regolati dalla Direttiva *Groundwater Directive* (2006/118/EC) che stabilisce gli standard di qualità dell'acqua di falda in generale (sia per prevenire l'inquinamento ma anche l'allagamento e la siccità delle acque interne).

La Direttiva *Waste Framework Directive* (2008/98/EC), assegna ai sedimenti un codice identificativo del European Waste Catalogue, che li classifica in rifiuti pericolosi o non pericolosi e ne "permette" un successivo riutilizzo al di fuori del corpo idrico di origine.

Inoltre, le *direttive Habitat Directive (92/43/EEC)* e *Birds Directive (2009/147/EC)* che puntano a salvaguardare la biodiversità e i biotopi e specie rare, regolano il dragaggio dei sedimenti per impedire effetti negativi sull'ecosistema. Le operazioni di dragaggio dovrebbero essere finalizzate al creare o migliorare siti naturali e compensare il degrado e perdita di suolo.

In Italia, uno dei primi riferimenti normativi in materia di bonifica delle aree inquinate è la legge n° 441/1987 in cui si imponeva che tutte le regioni sviluppassero un "*Piano Regionale di Bonifica*" per raccogliere conoscenze ed una visione di insieme della situazione attuale italiana delle aree e dei siti inquinati.

Con la legge L. 84/1994 il focus è in particolare alla gestione dei porti con rimandi alle aree da bonificare. Ma è con l'entrata in vigore del D. Lgs. 22/1997 (il cosiddetto 'Decreto Ronchi') che i materiali di dragaggio hanno iniziato ad essere gestiti come rifiuti (con due differenti codici CER:

17.05.05 e 17.05.06). Erano tuttavia ancora previste alcune opzioni di gestione dei materiali di escavo di fondali marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, ai sensi del D.M. 24/01/1996 (e successivamente riprese dall'art. 35 del D. Lgs. 152/99), quali ad esempio l'immersione dei sedimenti in mare e la deposizione in ambiti ad esso contigui, quali spiagge, lagune, stagni salmastri e terrapieni costieri. Nel 24/01/1996 vengono precisate le procedure tecniche necessarie per l'ottenimento dell'autorizzazione allo scarico a mare e si sancisce la necessità di procedere ad un'attività di caratterizzazione dei sedimenti, per la quale sono forniti i criteri di campionamento e i parametri chimico-fisici e microbiologici da analizzare. Mancano tuttavia in tale decreto i criteri di qualità per la valutazione dei sedimenti da sversare,

motivo per cui le valutazioni ai fini del rilascio delle autorizzazioni sono concesse caso per caso, eventualmente anche sulla base dei risultati di analisi ecotossicologiche, predisposte appositamente per la valutazione della pericolosità ambientale delle attività di sversamento.

Di fatto, fino al 1999 la collocazione in mare è stata l'unica opzione di gestione dei fanghi derivanti dalle attività di dragaggio di piccole e medie realtà portuali distribuite sul territorio nazionale. In questi anni, cresce l'attenzione nei confronti dell'ambiente marino, e si osserva una tendenza verso una gestione ecosostenibile delle attività connesse con la realizzazione di interventi in ambito costiero.

Tutto ciò in linea con quanto indicato dalla Convenzione di Londra del 1972 (in particolare nella risoluzione di approvazione del D.M.A.F. - *"Dredged Material Assessment Framework"*), che considera il materiale di dragaggio una "risorsa" da recuperare, piuttosto che un materiale di rifiuto, concetto ripreso dall'art. 35 del D.Lgs. 152/99, poi dall'art. 109 della D.Lgs. 152/2006.

Il DLgs 152/2006, integrato e aggiornato continuamente con diversi e periodici decreti ministeriali, per quanto riguarda i sedimenti di dragaggio regola principalmente:

- **Procedure di riferimento per il campionamento e l'analisi dei campioni di sedimento**
- **Concentrazione delle soglie di contaminazione**, ovvero determina i livelli di contaminazione delle matrici ambientali al di sopra dei quali è necessaria una caratterizzazione del sito e un'analisi del rischio specifico.
- **Concentrazione delle soglie di rischio**, ovvero

determina i livelli di contaminazione delle matrici ambientali da determinare (caso per caso) mediante l'applicazione di una procedura di analisi del rischio specifica del sito. In caso di superamento del livello, sono necessarie misure di sicurezza e di risanamento. I livelli di concentrazione sono definiti come quelli accettabili per il sito.

- **Criteri generali per la sicurezza, la decontaminazione e il risanamento ambientale dei siti inquinati,**

Ad un decennio dal D.Lgs 152/06, nel 2016 si ha l'emanazione del Decreto Direttoriale 351/2016 per l'individuazione di valori di riferimento sito specifici "Criteri per la definizione dei valori di riferimento specifici di concentrazione degli inquinanti per i materiali risultanti dalle attività di dragaggio" -, ma soprattutto vengono emanati due decreti ministeriali del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM):

- DM 172/2016, che disciplina le regole tecniche per le operazioni di dragaggio nei siti di interesse nazionale (aree SIN).
- DM 173/2016, che disciplina l'immersione in mare dei sedimenti di dragaggio, includendo i criteri di caratterizzazione e gestione in ambito costiero.

In Italia, dunque, la regolamentazione delle operazioni di dragaggio è definita in base all'area in cui si trovano i sedimenti da dragare (in aree SIN o in aree non situate in un SIN).

Le aree SIN sono aree portuali o aree marine costiere che necessitano di «bonifica», sia perché sono eccessivamente contaminate e devono essere bonificate, sia perché sono di

particolare interesse ecologico e devono essere preservate.

Le aree non SIN sono aree portuali o aree marine costiere non situate in aree SIN.

1.1 Operazioni di dragaggio effettuate nell'ambito di SIN

Le operazioni di dragaggio effettuate nell'ambito del SIN sono disciplinate dal DM 172/2016 («Regolamento che disciplina le modalità tecniche e le norme per le operazioni di dragaggio nei Siti di Interesse Nazionale»), dall'art. 5-bis della legge L. 84/1994 (e successive modifiche e integrazioni) e, sulla base dei risultati delle analisi fisico-chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, secondo quanto previsto dal DM del 7/11/2008 e successive modifiche e integrazioni.

Le metodologie e i criteri per lo svolgimento delle attività di caratterizzazione dei sedimenti da dragare nell'area SIN sono definiti nel DM 7/11/2008 (modificato dal DM 04/08/2010). Il campionamento atto alla caratterizzazione dei sedimenti da dragare deve permettere di ipotizzare fedelmente la distribuzione dei contaminanti. Se possibile, l'analisi geostatistica dovrebbe essere utilizzata come strumento preferito. In alternativa si utilizzano criteri precauzionali per calcolare e caratterizzare i volumi da gestire.

Per quanto riguarda la gestione dei sedimenti dragati nelle aree SIN, vengono individuate le seguenti possibilità, sulla base di specifici requisiti di qualità definiti in base alle loro caratteristiche chimiche, fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche:

1) Deposizione o riflusso nei corpi idrici da cui provengono

o che utilizzano per il ripascimento e la formazione del suolo costiero, o per migliorare le condizioni del fondo marino

attraverso attività di capping. Direttamente o dopo trattamenti per eliminare i contaminanti questi sedimenti vengono ri-immessi nel corpo idrico dopo opportune analisi chimico-fisiche ed ecotossicologiche che attestino caratteristiche simili al sito di destinazione e che non presentano risultati positivi nei test ecotossicologici;

2) Scarico in vasche di raccolta a tenuta stagna, bacini di raccolta o immobilizzazione in bacini di contenimento

effettuati con le migliori tecniche disponibili (secondo i criteri di progettazione formulati da norme tecniche internazionali accreditate e adottate negli Stati membri dell'Unione Europea). I sedimenti interessati da questi metodi di gestione devono avere caratteristiche tali da garantire l'assenza di rischi per la salute e per l'ambiente, in relazione all'obbligo di non deteriorare la qualità delle matrici ecologiche, del suolo, del sottosuolo, delle acque sotterranee, delle acque superficiali, marine e di transizione. Tale riutilizzo è consentito se il sedimento è considerato non pericoloso all'origine o a seguito di un trattamento esclusivamente per la rimozione degli inquinanti.

3) Uso terrestre dei sedimenti a condizione che, così come sono, o dopo il trattamento di desalinizzazione o la rimozione degli inquinanti (esclusi quindi i processi destinati a immobilizzare gli inquinanti mediante solidificazione o stabilizzazione), non presentino, a seconda dell'uso previsto, livelli di contaminazione superiori a quelli indicati nelle colonne A e B - Tabella 1 - Allegato 5 - Parte IV di D. D. Lgs. 152/2006, e che rimangano conformi ai valori limite per il contenuto di lisciviazione («prove di rilascio» effettuate secondo la norma EN 12457-2) definiti nell'allegato 3 del DM del 05/02/1998 (riportato in Figura 1) per la gestione del territorio, rivisto dall'articolo 252 del D. Lgs. 152/2006 (a sua volta integrato dal

DM 172/2016 che tratta della gestione ambientale delle fasi di smaltimento dei terreni sul territorio).

Nel caso di utilizzo di sedimenti in aree con strati naturalmente salini, è possibile ottenere una deroga al superamento dei livelli di lisciviazione definiti nell'Allegato 3 del DM del 05/02/1998 per solfati e cloruri, a condizione che, con l'accordo della competente autorità territoriale dell'ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente), si eviti qualsiasi variazione delle caratteristiche del suolo ricevente.

Allegato 3

CRITERI PER LA DETERMINAZIONE DEL TEST DI CESSIONE

Per la determinazione del test di cessione si applica l'appendice A alla norma UNI 10802, secondo la metodica prevista dalla norma UNI EN 12457-2. Solo nei casi in cui il campione da analizzare presenti una granulometria molto fine, si deve utilizzare, senza procedere alla fase di sedimentazione naturale, una ultracentrifuga (20000 G) per almeno 10 minuti. Solo dopo tale fase si potrà procedere alla successiva fase di filtrazione secondo quanto riportato al punto 5.2.2 della norma UNI EN 12457-2. I risultati delle determinazioni analitiche devono essere confrontati con i valori limite della seguente tabella:

Parametri	Unità di misura	Concentrazioni limite
Nitrati	Mg/l NO ₃	50
Fluoruri	Mg/l F	1,5
Solfati	Mg/l SO ₄	250
Cloruri	Mg/l Cl	100
Cianuri	microngrammi/l Cn	50
Bario	Mg/l Ba	1
Rame	Mg/l Cu	0,05
Zinco	Mg/l Zn	3
Berillio	microngrammi/l Be	10
Cobalto	microngrammi/l Co	250
Nichel	microngrammi/l Ni	10
Vanadio	microngrammi/l V	250
Arsenico	microngrammi/l As	50
Cadmio	microngrammi/l Cd	5
Cromo totale	microngrammi/l Cr	50
Piombo	microngrammi/l Pb	50
Selenio	microngrammi/l Se	10
Mercurio	microngrammi/l Hg	1
Amianto	Mg/l	30
COD	Mg/l	30
PH		5,5 < > 12,0

In sede di approvazione del progetto di cui all'articolo 5 del presente decreto, vengono stabiliti i parametri significativi e rappresentativi del rifiuto che devono essere determinati in relazione alle particolari caratteristiche del sito o alla natura del rifiuto

Figura 1 Allegato 3 del DM del 05/02/1998 che indica valori limite per il contenuto di lisciviazione

Per questi 3 percorsi principali, il DM 172/2016 fornisce la descrizione, per tutte le fasi della gestione dei sedimenti (dal dragaggio alla deposizione fino al trasporto, secondo gli usi previsti dall'articolo 5 bis, comma 2, della legge L. 84/1994), delle procedure applicabili a tali operazioni, nonché delle misure di mitigazione e dei criteri per la predisposizione e

l'attuazione delle attività di monitoraggio.

Nella gestione dei sedimenti in ambito SIN il Decreto Direttoriale 351/2016 tratta dei valori sito specifici, calcolati con un doppio approccio in cui vengono sfruttati valori reali insieme a valori probabilistici, particolari del sito considerato. Oltre alle analisi chimiche vengono tenute in considerazione anche saggi ecotossicologici (da svolgere in tre livelli trofici) ed analisi della comunità bentonica, per una valutazione degli effetti potenziali e indiretti sulla salute umana.

Si andranno a determinare i valori soglia in base anche al contesto ambientale, come ad esempio la presenza di impianti di acquacultura, biocenosi sensibili, aree protette e all'eventuale necessità di istituire zone tampone tra aree SIN ed esterne.

Tra gli approcci internazionali possibili, quello usato da ISPRA è il PEL (Probable Effect Level) ovvero il livello soglia sopra il quale sono stati registrati effetti tossici, calcolato con la media geometrica tra il 50° percentile di una concentrazione di una determinata sostanza che ha dimostrato tossicità e l'85°esimo percentile di dati che non hanno mostrato effetti tossici. Il PEL viene calcolato con dati sito specifici per metalli ed elementi in tracce, per l'accettazione di un certo livello di contaminazione per ambienti compromessi.

L'approccio che invece sembra più plausibile seguire si basa su dati reali e probabilistici, che individua il livello di Effetto Accettabile (LEA) che deve esser scelta in funzione del contesto ambientale, delle pressioni che insistono sull'area e degli impatti già individuati. Vengono inoltre individuati altri livelli: Livello di Effetto Certo al 95% di probabilità di avere effetti tossici generici. Se tali effetti sono ritenuti lievi o moderati si può mantenere il LEC alla stessa concentrazione

in via cautelativa, se invece gli effetti sono gravi e/o molto gravi e in prossimità di aree sensibili è ragionevole abbassare il LEC. In corso di valutazione del LEC si tiene in considerazione una moltitudine di fattori che risultano essere sito specifici e ciascun valore di riferimento sarà da confrontare con il pool di dati utilizzato e non con range più alti o più bassi.

Per la valutazione degli effetti tossicologici viene introdotto il Modello Adattivo Generalizzato (GAM) che viene usato quando l'interpolazione tra concentrazione del contaminante e l'effetto risultante non è lineare. Infatti, in questo modello si tiene conto di altre variabili. Il giudizio di tossicità è consigliabile attribuirlo in maniera ponderata considerando la significatività statistica del saggio ecotossicologico, della severità dell'effetto, e dalla tipologia di esposizione (cronica od acuta). Il risultato finale è la classe di pericolo data dalla somma dei risultati ottenuti dai vari saggi (su tre livelli trofici) e corretti per i pesi assegnati in base alla rilevanza biologica dell'end point considerato, della rilevanza ecologica della matrice e dell'esposizione cronica o acuta degli organismi.

Infine, vi è l'analisi di bioaccumulo svolta su determinati contaminanti noti per la loro tendenza a bioaccumularsi (Cadmio, Mercurio, Piombo, Benzo(a)pirene, Diossine, Perdiossine e benzo(a)pirene vengono utilizzati uccelli e non pesci nei test di bioaccumulo. Si valutano anche i dati pregressi del SIN, fino a 6 anni precedenti. Tali dati dovranno considerare organismi stanziali e nel caso di applicazione di acquacoltura in zone limitrofe si dovranno svolgere test su specie edibili di un livello trofico 3. Nel caso in cui si noti un aumento del bioaccumulo rispetto ai dati pregressi si deve installare un impianto di mussel watching per osservare gli effetti su specie edibili e stanziali oppure in via straordinaria (morte di mitili da altre cause oltre la contaminazione) si osserveranno altri

organismi ritrovabili nel sito stesso.

Tabella 1 Pesì attribuiti in base all'endpoint biologico, la matrice, il tempo di esposizione, utilizzati per il coefficiente W2

ENDPOINT	(En)	MATRICE	(M)
Crescita	1.2	Sedimento intero (tal quale)	1
Riproduzione	1.5	Acqua interstiziale	0.8
Sviluppo	1.9	Elutriato	0.7
Bioluminescenza	2.4	Sedimento umido (es. centrifugato)	0.5
Sopravvivenza	3	Acqua della colonna	0.3
ESPOSIZIONE	(T)	ORMESI	Ei
Acuta	1	$E \leq 40\%$	0
		$40 < E \leq 100\%$	1.25
Cronica	0,7	$E > 100\%$	1.5

Tabella 2 Classe di pericolo ecotossicologico in base ai HQ (Hazard Quozient) delle batterie di saggi

HQ BATTERIA DI SAGGI	CLASSE DI PERICOLO
< 1	Assente
$\geq 1 - 1.5$	Basso
$\geq 1.5 - 3.0$	Medio
$\geq 3.0 - 6.0$	Alto
$\geq 6.0 - 10.0$	Molto alto

1.2 Operazioni di dragaggio effettuate al di fuori di un ambito SIN

Le operazioni di dragaggio effettuate al di fuori del SIN sono disciplinate dal DM 173/2016 e dal DM 24/01/1996, sulla base dei risultati delle analisi fisico-chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche, così come definite in questi stessi decreti.

Il DM 173/2016 stabilisce le modalità per il rilascio dell'autorizzazione allo smaltimento volontario in mare dei materiali di cui alla lettera a), comma 2, dell'articolo 109 del D.Lgs. 152/2006 (materiali di scavo provenienti dal fondo marino o dal fondo salmastro o dalla superficie costiera) per garantire la protezione dell'ambiente marino. Il decreto si riferisce alla gestione del materiale proveniente dalle attività di dragaggio nei porti costieri e nelle aree marine al di fuori del SIN e determina anche alcuni criteri per la caratterizzazione, la classificazione e il riutilizzo dei materiali al fine di raggiungere o mantenere gli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici marini costieri.

L'Allegato tecnico del DM 173/2016 disciplina l'intero processo di caratterizzazione e gestione dei sedimenti da movimentare, compresa la pianificazione e l'attuazione del campionamento, le analisi di laboratorio (fisiche, chimiche, ecotossicologiche, biologiche e microbiologiche) e la classificazione della qualità dei sedimenti, fino alla formulazione di ipotesi di gestione ecocompatibili e allo sviluppo di piani di monitoraggio delle attività (figura 2).

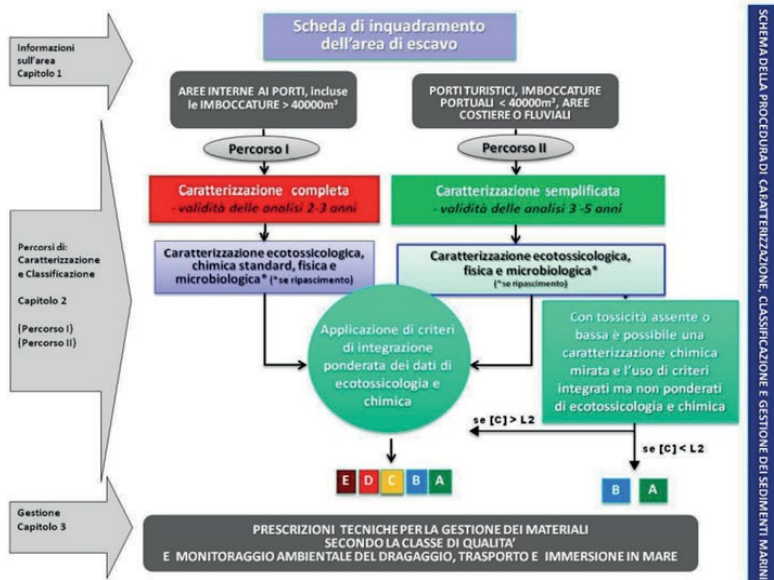


Figura 2 Quadro generale per la caratterizzazione, classificazione e gestione dei materiali

Nel DM 173/2016 sono stati introdotti nuovi criteri di valutazione integrati e ponderati per integrare e supportare la valutazione basata sugli unici criteri di valutazione tabellari utilizzati per la classificazione chimica, sul confronto dei risultati con i livelli chimici di riferimento nazionali L1 e L2 (riportati in Tabella 1) e per la classificazione ecotossicologica in base ai risultati della batteria di biotest utilizzata.

Tabella 3 valori soglia L1 e L2 del DM 173/2016

Parametro	L1	L2
Elementi in tracce	(mg kg⁻¹)p.s.	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,8
Cromo	50	150
Cr VI	2	2
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,8
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150
Contaminanti organici	(µg kg⁻¹)p.s.	
Composti organostannici	5 ⁽¹⁾	72 ⁽²⁾
PCB	8	60
DDD	0,8	7,8
DDE	1,8	3,7
DDT	1	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 ⁽⁷⁾
Dieldrin	0,7	4,3
Eldrin	2,7	10
α -HCH	0,2	10 ⁽⁷⁾
β -HCH	0,2	10 ⁽⁷⁾
γ -HCH (Lindano)	0,2	1
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 ⁽⁷⁾
Idrocarburi C>12	Non disponibile	50000

IPA (16) ⁽⁵⁾	900	4000
Antracene	24	245
Benzo (a)Antracene	75	500
Benzo (a)pirene	30	100
Benzo (b)fluorantene	40	500 ⁽⁷⁾
Benzo(k)fluorantene	20	500 ⁽⁷⁾
Benzo (g,h,i) perilene	55	100 ⁽⁷⁾
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 ⁽⁷⁾
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398
T.E., PCCD, PCDF (Diossine e Furani) e PCB diossina simili	2X10 ⁻³	1X10 ⁻²

⁽¹⁾ riferito al solo TBT

⁽²⁾ riferito alla sommatoria di MBT, DBT, TBT;

⁽³⁾ come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180;

⁽⁴⁾ come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4;

⁽⁵⁾ come sommatoria dei 16 IPA di maggior rilevanza ambientale indicati dall'USEPA (Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene;

⁽⁶⁾ L'Elenco dei congeneri e relativi Fattori di Tossicità Equivalenti (EPA, 1989) e l'elenco congeneri PCB Diossina simili (WHO, 2005) e quello riportato alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs.172/2015.

⁽⁷⁾ Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso;

* relativa alla sommatoria di PCDD e PCDF

Abrogando le norme tecniche relative alle attività disciplinate nel D.M. 24/01/1996, fatte salve le disposizioni connesse alle attività di movimentazione di sedimenti marini per la posa in opera di cavi e condotte sottomarine, il DM 173/2016 oltre ai nuovi criteri di valutazione integrata e ponderata, introduce importanti elementi di novità, quali: la “Scheda di Inquadramento dell’area”, per una raccolta e valorizzazione delle informazioni pregresse, propedeutica alle successive fasi; la possibilità di semplificazione della caratterizzazione in funzione della tipologia di ambiente (porti, imboccature portuali, foci fluviali, ecc.) e dei dati pregressi disponibili; il ruolo prioritario attribuito ai risultati della caratterizzazione ecotossicologica; la rivisitazione delle classi di qualità dei sedimenti in termini di numero delle classi e opzioni gestionali idonee (figura 3).

I criteri di integrazione ponderati applicati alle analisi chimiche tengono conto del tipo di parametro, del numero di contaminanti al di sopra delle soglie stabilite e della rilevanza del superamento delle soglie stabilite, la tossicità prevista degli elementi a seconda che essi figurino nell’elenco delle sostanze «prioritarie» o nell’elenco dei materiali «pericolosi e prioritari» o che siano menzionati nella Convenzione di Stoccolma sui POP (Persistent Organic Pollutants) e si basano sullo sviluppo di un Quoziente di rischio chimico (HQc) che consente di ponderare i sedimenti in base alla loro classificazione da «nessun rischio» a «rischio molto elevato». I criteri di integrazione ponderati applicati alle analisi ecotossicologiche tengono conto delle particolari caratteristiche dei test biologici inclusi nella batteria utilizzata: la significatività statistica della differenza di effetto tra il campione e il controllo, la gravità dell’effetto, il tipo di esposizione (acuta o cronica), la rappresentatività

ambientale della matrice testata. La classificazione ecotossicologica ponderata si basa quindi su un criterio di rischio ecotossicologico che può andare da «assente» a «molto elevato», sviluppato dall'integrazione ponderata dei risultati di tutti i componenti di tutte le batterie di biotest utilizzate.

La categoria di qualità dei sedimenti risulta quindi dall'integrazione della classificazione chimica ed ecotossicologica attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione tabellare e ponderata. Sono state così definite cinque Classi di qualità dei sedimenti (A, B, C, D, E), che vanno da «assente - Classe A» a «ad alto rischio - Classe E».

Classe A
• Ripascimento della spiaggia emersa con pelite $\leq 10\%$ o altro valore stabilito su base regionale. • Ripascimento della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente. • Immersione deliberata in aree marine non costiere (oltre le 3 miglia dalla costa). • Immersione in ambiente conterminato marino – costiero.
<i>N.B. : Per ognuna di queste opzioni deve essere prevista un'attività di monitoraggio ambientale.</i>
Classe B
• Immersione deliberata in aree marine non costiere (oltre le 3 miglia) con monitoraggio ambientale. • Immersione in ambiente conterminato in ambito portuale, incluso capping, con monitoraggio ambientale.
Classe C
• Immersione in ambiente conterminato in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'interno di aree portuali, con idonee misure di monitoraggio ambientale.
Classe D
• Immersione in ambiente conterminato impermeabilizzato, con idonee misure di monitoraggio ambientale.
Classe E
• Eventuale rimozione in sicurezza dall'ambiente marino dopo valutazione di rischio, secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Figura 3 Opzioni gestionali per sedimenti dragati per riutilizzo in mare (allegato tecnico del DM 173/2016)

Dunque, per quanto riguarda la gestione dei sedimenti dragati, in Italia prevale la gestione in ambito marino-costiero, mentre la gestione a terra riguarda solo i sedimenti dragati che sono “vietati” per una ricollocazione marina (ad es. sedimenti

pericolosi) la cui collocazione finale è principalmente una discarica di rifiuti speciali.

Al momento, non vi sono grandi aperture al riutilizzo in ambito terrestre dei sedimenti marini, c'è solo il riferimento a forme meno stringenti per uno stoccaggio temporaneo a terra dei materiali derivanti dalle operazioni di dragaggio e di bonifica e un generico rimando alla “vigente normativa ambientale” nella “eventualità di una diversa destinazione e gestione a terra dei materiali derivanti dalle attività di dragaggio”.

Appare evidente come, in assenza di una normativa specifica in materia di gestione a terra di sedimenti marini di dragaggio, si possono solo formulare ipotesi in merito ad un possibile riutilizzo e valorizzazione a terra di tali materiali, ipotesi che dovranno necessariamente passare attraverso fasi di studio e sperimentazione, in attesa di evoluzioni normative in tal senso.

In Appendice A vengono riportati gli Esempi di buone pratiche in Europa.

2. Piano d'Azione per la gestione sostenibile di sedimenti contaminati

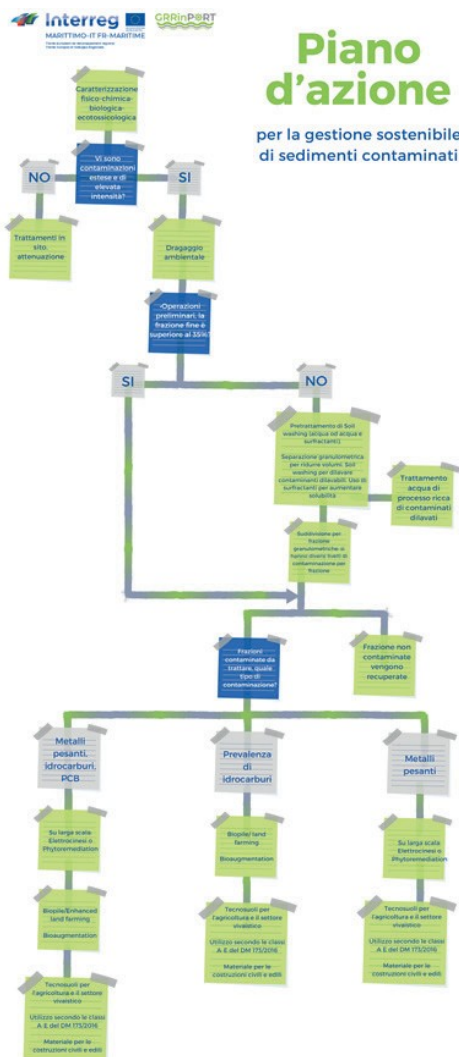


Figura 4 Piano d'Azione per la gestione sostenibile di sedimenti contaminati

In questo paragrafo si propongono, sulla base di casi reali europei e non, i possibili trattamenti adottabili in base al tipo di contaminazione presente nel sedimento di partenza e il successivo riutilizzo. Uno schema di Piano di Azione è riportato di seguito (Figura 4).

Il Piano d'Azione riportato sopra mostra possibili soluzioni di gestione e trattamenti dei sedimenti portuali. I trattamenti riportati sono stati scelti dalla bibliografia in base alla scala di applicazione: come criterio generale sono stati selezionati i trattamenti utilizzati almeno in scala pilota. Dopo una prima analisi chimico-fisica-ecotossicologica il livello e l'estensione della contaminazione dei sedimenti viene valutata ed in base a questi due parametri viene deciso se attuare trattamenti in situ o ex situ. Se la contaminazione è limitata ad una piccola area e i livelli di contaminazione sono relativamente bassi si opta per trattamenti in situ, se possibile attuando la "natural attenuation", in questo modo i sedimenti non vengono movimentati e non vi è rischio di risospensione dei contaminanti nell'ambiente circostante, ma soprattutto si abbassano i costi del trattamento privo di dragaggio e trasporto in aree ex situ. In generale i trattamenti in situ vengono prediletti rispetto a quelli ex situ proprio per i motivi sopracitati, d'altro canto i trattamenti in situ sono difficilmente monitorabili e controllabili, mentre quelli ex situ sono svolti in condizioni controllate che potenzialmente migliorano le performance dei trattamenti stessi. Se invece il sito risulta estesamente contaminato con alti livelli di contaminanti allora si opta per il dragaggio e successivi trattamenti. Prima di passare ai trattamenti si svolge un pretrattamento di soil washing. Questo pretrattamento ha due finalità: prima di tutto separare il sedimento nelle sue frazioni granulometriche, svolgendo poi le relative analisi alcune frazioni risulteranno

pulite e prontamente riutilizzabili (ripascimento fondali marini e/o arenili) mentre altre saranno soggette ad elevata contaminazione e quindi a relativi trattamenti. Questo rende possibile una diminuzione del volume da trattare rispetto a quello iniziale. La seconda finalità invece consiste nel dilavare alcuni contaminanti (magari con l'aiuto di biosurfactanti per gli organici o solo acqua per alcuni metalli) per poi mandare la soluzione ottenuta con i contaminanti dilavati ad un impianto di trattamento delle acque. Una volta definito il volume di sedimenti da trattare e conosciuto il tipo di contaminanti presenti, vi saranno diverse opzioni di trattamenti per i vari contaminanti. Possiamo suddividere i contaminanti in due macro-classi: gli organici e gli inorganici. I primi possono essere più o meno facilmente degradati mentre i secondi no. All'interno degli organici abbiamo contaminanti tipo idrocarburi, polibifenili clorurati (PCB), pesticidi. Dopo il trattamento i sedimenti possono essere riutilizzati in ottica di economia circolare in dipendenza dal trattamento subito.

I sedimenti contaminati da PCB sono generalmente trattati con "capping". È una tecnica utilizzata in gran parte come tecnica in situ, ma nel caso dei porti, l'ingente flusso d'acqua sopra il sito di capping potrebbe rimuovere o spostare lo strato di capping. Così però il capping può essere una tecnologia ex situ con condizioni controllate. In questo campo una tecnologia che ha trovato adito e spago in questi anni è l'utilizzo di capping attivati ed inoculati con ceppi batterici capaci di degradare i PCB. L'applicazione ex situ è preferibile per garantire una maggiore miscelazione e contatto del sedimento con il materiale del capping e i batteri in esso inoculati e quindi conseguentemente una migliore resa del trattamento. Uno studio preliminare del sito ed in particolare un'analisi microbiologica della comunità microbica autoctona potrebbe essere un passaggio chiave per poi isolare batteri o

funghi capace di degradare i contaminanti del sito e già adattati a quel particolare sito. Payne et al. (2019) hanno usato questa tecnica per un trattamento in situ in un impianto pilota di capping ottenendo percentuali più basse di deplezione nell'impianto pilota rispetto alla scala laboratorio. Sono stati usati due ceppi batterici: uno anaerobico *Candidatus D. chlorocoercia* e uno aerobico *Paraburkholderia xenovorans*. La scelta è stata guidata dal tipo di contaminanti presenti, ovvero i PCB, che vengono degradati inizialmente per riduzione della molecola per rimuovere i clori legati ai bifenili e successivamente intervengono reazioni ossidative per ossidare e rompere l'anello aromatico. Un'altra tecnica simile per il capping è il capping attivato con biofilm. Questo tipo di trattamento è stato riportato da Jing et al. (2018) in una review per i trattamenti dei sedimenti contaminate da PCB. Con questo tipo di tecnica sia i processi di adsorbimento che la degradazione avvengono. Dal successo degli esperimenti mostrati in letteratura, USEPA lo ha inserito tra i trattamenti per sedimenti contaminati. Contaminanti come PCB e PAH possono essere non biodisponibili per la loro struttura apolare e i microorganismi sono ostacolati da ciò per la biodegradazione. L'utilizzo di un adsorbente che sequestri tali contaminanti (carbonio attivo o biochar) in combinazione con la bioaugmentation tramite biofilm che ricopra il materiale adsorbente potrebbe garantire un aumento della biodegradazione tramite l'adsorbimento dei contaminanti sul materiale adsorbente insieme alla comunità microbica scelta per degradare i PCB. Kjellerup e Edwards (2013) hanno mostrato un'efficienza maggiore del 60% di deplezione dei PCB utilizzando il capping adsorbente attivato con biofilm. Lo spazio compatto tra biofilm e carbonio attivo favorisce l'utilizzo dei PCB come accettori di elettroni da parte dei microorganismi e così promuove la loro degradazione. Il

biofilm inoltre protegge i microorganismi stessi da sostanze tossiche e può trattenere i composti organici per tempi più prolungati (Köhler et al., 2006; Aktas and Eçen, 2007).

La Phytoremediation è tra le tecniche più usate a scala reale (Gomes et al., 2013, Jing et al., 2018). In questo caso la phytoremediation può essere usata per due scopi: la rimozione dei contaminanti tramite accumulo nelle parti apicali della pianta e/o la degradazione dei contaminanti in combinazione con i microorganismi della rizosfera. La presenza delle piante stimola la crescita dei microorganismi nella rizosfera, tramite secrezione di essudati radicali, che stimolano la crescita di batteri e/o funghi capaci potenzialmente di degradare i contaminanti. In questo modo i contaminanti vengono o rimossi nei tessuti vegetali o degradati da piante e microorganismi della rizosfera. Può essere usata come trattamento secondario a supporto di uno precedente come il capping sopracitato. Infatti, la phytoremediation è utilizzabile per matrici con livelli di contaminazione intermedi o bassi e quindi è utilizzabile come parte di “trattamenti a treno” dopo altri trattamenti per rimuovere contaminazioni residue.

La phytoremediation è un metodo biologico, ciò significa che è economicamente sostenibile ma richiede tempistiche più lunghe, La possibilità di riutilizzare la biomassa per produzione di energia “abbatte” il difetto del time consuming di questo trattamento. Dopo una valutazione della matrice post trattamenti è possibile poi valutare un potenziale riutilizzo, che in questo caso potrebbe essere riutilizzata come suolo agricolo per piante ornamentali, tecnosuoli, o valorizzazione ambientale delle zone industriali.

I metalli pesanti non possono essere biodegradati dai microorganismi, possono essere solubilizzati e immobilizzati

grazie all'azione microbica. Le piante possono bioaccumularli nella parte apicale. I trattamenti elettrocinetici possono essere usati efficientemente per rimuovere metalli pesanti dalla matrice seguiti da phytoremediation. L'elettrocinesi è un trattamento scalabile, che non rilascia prodotti di scarto nella matrice come contaminanti secondarie e aggiuntive può essere applicato per la rimozione di vari metalli. L'aspetto negativo di tale trattamento è la variazione di pH che può provocare: la mobilizzazione dei metalli avviene a pH acidi, ma ai fini di un riutilizzo successivo della matrice si deve considerare questo aspetto, in particolare per la crescita di piante in successione. I pH acidi mobilitano i metalli e impediscono l'adsorbimento di questi alla sostanza organica. Inoltre, tale trattamento è utilizzabile per i sedimenti ricchi nella frazione fine in quanto adsorbono i metalli risultando avere un'alta conduttività elettrica con un forte campo elettrico (Mulligan et al. 2001; Peng et al. 2009). Inoltre, la possibilità di recuperare i metalli potrebbe coprire i costi del trattamento (Mulligan et al. 2001; Akcil et al. 2015).

Come alternativa, anche un trattamento termico come la vitrificazione può essere utilizzato, purché la quantità di sedimento da trattare non sia elevato ma anche con livelli di contaminazione elevati in quanto efficace per varie tipologie di contaminanti. Lo svantaggio di questo trattamento è il prezzo ed è per questo che la quantità di sedimento deve essere ridotta il più possibile. D'altro canto, il riutilizzo del materiale vitro ottenuto può essere riutilizzato come materiale per l'edilizia o pavimentazione stradale mentre il resto del sedimento può essere destinato ad un riutilizzo.

I trattamenti finalizzati a immobilizzare i contaminanti senza rimuoverli dovrebbero essere evitati per evitare eventuali effetti di rilascio nel tempo (con variazioni di pH). D'altro canto,

la solidificazione e la rimozione dei contaminanti solidificati e il riutilizzo di tale materiale può esser presa in considerazione quando i contaminanti persistono. I trattamenti di solidificazione consistono nell'aggiunta di un "binder" che solidifichi la contaminazione. Il "Cemento di Portland" è uno dei più usati. Cambia radicalmente il sedimento e si lascia come ultima opzione prima del conferimento in discarica. L'aspetto positivo è che il prodotto così ottenuto può essere utilizzato come materiale per l'edilizia e i fondali stradali, in un'ottica di economia circolare in cui i sedimenti sono valorizzati a risorsa e non più solo a rifiuto. De Gisi et al (2020) è riuscito a riutilizzare 974 g di sedimenti dal kg iniziale, lasciando solo 26 g da conferire in discarica.

Per quanto riguarda la contaminazione da idrocarburi, i trattamenti biologici dovrebbero essere quelli da incentivare date le note capacità dei microorganismi come batteri e funghi di degradare idrocarburi. I trattamenti ex situ da applicare in scala reale sono principalmente landfarming, biopile e bioreattori. Il landfarming è il più semplice: consiste nell'aratura, rivoltamento, della matrice distesa in un'area all'aperto. Viene aggiunto un bulking agent per migliorare le qualità agronomiche dei sedimenti, fertilizzanti e acqua per stimolare la crescita della popolazione microbica (biostimulation).

In questo modo si ristabiliscono anche i rapporti tra i vari macronutrienti tipici di suoli fertilizzati in buona salute ovvero C:N:P100:10:1. L'apporto di fertilizzanti per ristabilire tali equilibri, di acqua e di ossigeno (tramite rivoltamento), permette la stimolazione dell'attività microbica della popolazione indigena. Questo trattamento ha però due svantaggi: i grandi spazi richiesti e la possibilità di volatilizzazione dei contaminanti durante il rivoltamento e il trattamento in

generale. D'altro canto, risulta economicamente conveniente (Paudyn et al., 2008; Silva-Castro 2015)

Le biopile sono simili al landfarming: consistono nell'impilazione di matrice con bulking agent su più piani divisi da teli e tubi che conducono aria, acqua e fertilizzanti, sono al coperto. Richiede una progettazione più specifica del landfarming ma la volatilizzazione è ridotta e lascia più spazio alla biodegradazione. Richiede meno spazio ma è più costosa. È stata riconosciuta come molto efficiente a larga scala e/o a scala reale (Vaccari et al., 2020). La biopila, ma anche il landfarming, risulta particolarmente efficace se combinata con la bioaugmentation, con la mycoaugmentation in particolare (Gomez and Sartaj, 2014). Possono essere usati m.o. autoctoni o alloctoni. Preferibili sono i primi in quanto già adattati a quelle particolari condizioni generalmente ostili e potenzialmente abili a degradare i contaminati della matrice stessa. L'inoculo di organismi alloctoni, con comprovate capacità degradative, è comunque promettente ma bisogna tenere in considerazioni possibili effetti di competizione. La popolazione indigena è comunque rilevante anche nel caso di inoculo di specie aliene. I funghi che vengono utilizzati nella bioremediation generalmente secretono enzimi extracellulari aspecifici che catalizzano reazioni di ossidazione nei confronti di molecole organiche complesse quali la lignina ma anche i contaminanti idrocarburici. Inoltre, i funghi partecipano a fenomeni di organizzazione della sostanza organica, umificazione, nel suolo, producendo, trasformando e riciclando la sostanza organica. Il risanamento con questi microorganismi non solo rimuoverà i contaminanti dalla matrice ma ne promuoverà il recupero in toto o quasi per un futuro riutilizzo.

Nelle matrici ambientali e complesse non sarà ovviamente

possibile dividere le differenti contaminazioni avendo quindi sedimenti multicontaminati. Quindi una combinazione dei precedenti trattamenti in trattamenti a treno dovrebbe essere incitata per avere un totale recupero della matrice o dei prodotti ottenuti nel post trattamento.

3. Applicazione del life cycle assessment (LCA) al piano di azione dei sedimenti proposto da GRRinPORT

Lo studio ha eseguito una valutazione del ciclo di vita (LCA) relativa al trattamento di 30.000 tonnellate di sedimenti contaminati, seguendo le fasi LCA definite da ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006, vale a dire definizione obiettivo e ambito, analisi dell'inventario, valutazione d'impatto e interpretazione.

3.1 Goal and Scope definition

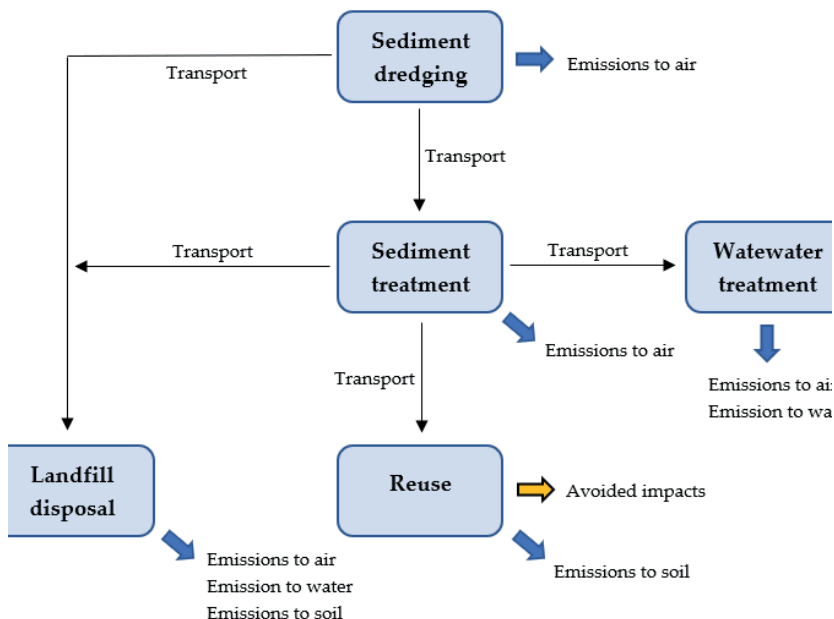
Questo progetto ha valutato gli impatti ambientali dovuti al trattamento di sedimenti marini contaminati in un grande porto mediterraneo situato nel centro Italia. I sedimenti marini sono stati dragati in due diverse banchine di porto, mostrando due diverse dimensioni delle particelle: dimensione delle particelle C (55% sabbia grossolana, 30% sabbia fine, 15% argilla) e dimensione delle particelle F (2% sabbia grossolana, 18% sabbia fine, 80% argilla); quindi, sono possibili varie opzioni per la loro bonifica. Lo scopo di questo studio era quello di studiare scenari per il trattamento di sedimenti marini contaminati con caratteristiche diverse, al fine di trovare la strategia più sana dal punto di vista ambientale.

L'inquinamento dei sedimenti in loco è stato stimato analizzando 32 campioni di sedimenti dragati in porto. Analisi campionare finalizzata al calcolo della concentrazione media dei contaminanti situati ad una profondità di 0,5 metri dal fondo marino. Le concentrazioni in loco hanno dimostrato che metalli pesanti, idrocarburi aromatici policiclici (IPA), policlorobifenili (PCB) e idrocarburi superavano i limiti di

concentrazione normativa rispettivamente di 4, 7, 2 e 14 volte. L'unità funzionale di 30.000 tonnellate è stata scelta perché rappresenta una quantità sufficiente per la quale il recupero dei sedimenti marini può essere conveniente rispetto allo smaltimento in discarica, sia per motivi economici che ambientali.

I confini del sistema comprendevano tutti i materiali e i processi coinvolti nelle fasi di trattamento, dal dragaggio dei sedimenti al riutilizzo e/o allo smaltimento in discarica (figura 5). L'assegnazione finale dei sedimenti dipendeva dalle ipotesi formulate negli scenari e nei trattamenti supposti per la rimozione del contaminante. In particolare, questo studio ha preso in considerazione tre tecnologie di trattamento per la bonifica del suolo: il lavaggio del suolo (SW), l'elettrocinetica (EK) e l'agricoltura di terra migliorata (EL). Queste tecnologie possono essere combinate tra loro, in quanto rimuovono diverse categorie di contaminanti e il loro uso può dipendere dalla dimensione delle particelle dei sedimenti. La figura 4 mostra il Piano d'Azione seguito per questo LCA, che spiega il processo decisionale adottato e le competenze delle tecnologie di trattamento considerate: come accennato, va notato che la rimozione dei contaminanti non è sempre stata consentita a causa delle limitate competenze delle tecnologie di trattamento considerate, e ciò ha portato al recupero o allo smaltimento in discarica delle frazioni di sedimento, sulla base dei contaminanti presenti nelle frazioni di sedimento e nelle tecnologie di trattamento disponibili. Ovviamente, anche le frazioni non trattate nella figura 4 possono essere recuperate attraverso diverse tecnologie non incluse in questo LCA, come la fitoremediazione.

Gli impatti ambientali dovuti alla costruzione di macchinari e attrezzature utilizzati non sono stati inclusi, supponendo che esistano già e continueranno a funzionare.



3.2 Risultati

Per i materiali e metodi oltre che per i risultati dello studio si rimanda all'Appendice B dove è riportata la pubblicazione scientifica in forma di bozza sottomessa a rivista scientifica.

4. Bibliografia

Akcil A, Erust C, Ozdemiroglu S, Fonti V, Beolchini F (2015) A review of approaches and techniques used in aquatic contaminated sediments: metal removal and stabilization by chemical and biotechnological processes. *J Clean Prod* 86:24–36. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.009>

Aktaş, O., and Eçen, F. (2007). Adsorption, desorption and bioregeneration in the treatment of 2-chlorophenol with activated carbon. *J. Hazard. Mater.* 141, 769–777. doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.07.050

De Gisi, S., Todaro, F., Mesto, E., Schingaro, E., & Notarnicola, M. (2020). Recycling contaminated marine sediments as filling materials by pilot scale stabilization/solidification with lime, organoclay and activated carbon. *Journal of Cleaner Production*, 269, 122416.

Gomes, H. I., Dias-Ferreira, C., & Ribeiro, A. B. (2013). Overview of in situ and ex situ remediation technologies for PCB-contaminated soils and sediments and obstacles for full-scale application. *Science of the Total Environment*, 445, 237-260.

Gomez F, Sartaj M (2014) Optimization of field scale biopiles for bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil at low temperature conditions by response surface methodology (RSM). *Int Biodeterior Biodegradation* 89:103–109. doi:10.1016/j.ibiod.2014.01.010

Jing, R., Fusi, S., & Kjellerup, B. V. (2018). Remediation of polychlorinated biphenyls (PCBs) in contaminated soils and sediment: state of knowledge and perspectives. *Frontiers in Environmental Science*, 6, 79.

Khalid, S., Shahid, M., Niazi, N. K., Murtaza, B., Bibi, I., & Dumat, C. (2017). A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 182, 247-268.

Kjellerup, B., & Edwards, S. (2013). Application of Biofilm Covered Activated Carbon Particles as a Microbial Inoculum Delivery System for Enhanced Bioaugmentation of PCBs in Contaminated Sediment. GOUCHER COLL BALTIMORE MD.

Köhler, A., Hellweg, S., Escher, B. I., and Hungerbühler, K. (2006). Organic pollutant removal versus toxicity reduction in industrial wastewater treatment: the example of wastewater from fluorescent whitening agent production. *Environ. Sci. Technol.* 40, 3395–3401. doi: 10.1021/es060555f

Mulligan CN, Yong RN, Gibbs BF (2001) An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments. *J Hazard Mater* 85(1-2):145–163. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00226-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00226-6)

Paudyn K, Rutter A, Rowe RK, Poland JS (2008) Remediation of hydrocarbon contaminated soils in the Canadian Arctic by landfarming. *Cold Reg Sci Technol* 53:102–114. doi:10.1016/j.coldregions.2007.07.006

Payne, R. B., Ghosh, U., May, H. D., Marshall, C. W., & Sowers, K. R. (2019). A pilot-scale field study: in situ treatment of PCB-impacted sediments with bioamended activated carbon. *Environmental science & technology*, 53(5), 2626–2634.

Payne, R. B., Ghosh, U., May, H. D., Marshall, C. W., & Sowers, K. R. (2019). A pilot-scale field study: in situ treatment of PCB-impacted sediments with bioamended activated carbon. *Environmental science & technology*, 53(5), 2626–2634.

Peng JF, Song YH, Yuan P, Cui XY, Qiu GL (2009) The remediation of heavy metals contaminated sediment. *J Hazard Mater* 161(2-3):633– 640. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.04.061>

Peng, W., Li, X., Xiao, S., & Fan, W. (2018). Review of remediation technologies for sediments contaminated by heavy metals. *Journal of soils and sediments*, 18(4), 1701–1719.

Silva-Castro GA, Uad I, Rodríguez-Calvo A, González-Lo´pez J, Calvo C (2015) Response of autochthonous microbiota of diesel polluted soils to land- farming treatments. *Environ Res* 137:49–58. doi:10.1016/j.envres.2014.11.009

4.1 Normativa

Direttiva 2000/60/CE Ottobre 2000

Direttiva 2008/56/CE Giugno 2008

Regolamento (CE) n.1013/2006 14 giugno 2006

Regolamento (CE) n.660/2014 15 maggio 2014

Decreto legislativo n. 152/2006

Decreto ministeriale n.172/2016

Decreto ministeriale n.173/2016

5. Appendice A - Esempi di buone pratiche: uno sguardo in Europa

In Europa i sedimenti dragati annualmente sono circa 200 milioni di mc (Todaro et al., 2019), mentre nel mondo sono circa 600 milioni di mc: tali numeri impongono una riflessione sul loro recupero e riciclo che dovrebbe essere incentivato il più possibile. Con la Convenzione di Londra del 1972 i sedimenti dragati perdono la loro accezione di rifiuti e vengono visti come risorsa, entrando in un percorso di Economia Circolare volta al dare una seconda vita a qualcosa che prima era destinato ad essere definito come rifiuto. Tale seconda vita nel caso di sedimenti marini dragati può includere il loro ri-utilizzo in campo marino, nel ripascimento sommerso e/o degli arenili, a terra sia come materiale per il “filling” nell’edilizia oppure come riutilizzo in campo agricolo nella formulazione di tecnosuoli. Dal quadro normativo italiano (in particolare DM 172/2016 e DM 173/2016, rispettivamente per aree SIN e non SIN) emerge che il recupero dei sedimenti dragati è invece circoscritto al solo ri-uso in ambiente marino, infatti non vi è ad oggi una normativa che permetta e regoli il loro ri-utilizzo in ambiente terrestre, se non come confinamento in discarica.

Anche se a livello europeo non esiste una normativa digestione e riciclo dei sedimenti, molti sono gli esempi progettuali di riciclo dei sedimenti dragati, compresi quelli marini, soprattutto nel campo dell’edilizia e nella costruzione di strade. Il gap normativo europeo è principalmente causato da una mancanza di uniformità della materia stessa in quanto la varietà di tipo di sedimenti, livello di contaminazione e le facilities di stoccaggio e smaltimento degli stessi, è molto ampia e rende difficile un’uniformità a livello gestionale e normativo.

Nonostante il processo che porta al riutilizzo dei sedimenti dragati sia lungo e complicato, i risvolti sono positivi in quanto i materiali recuperati possono essere impiegati nel controllo dell'erosione, nell'acquacoltura, nell'agricoltura, nella stabilizzazione degli arenili, nella manifattura di aggregati e nella sopracitata costruzione stradale.

In Francia i sedimenti dragati vengono riutilizzati principalmente nella costruzione delle strade. I sedimenti marini presentano però due principali problemi: alto contenuto di acqua (200%) e alta salinità. Il contenuto d'acqua non deve essere superiore al 20%, è necessario quindi un processo di "dewatering" utile anche alla desalinizzazione. Per favorire la diminuzione del contenuto d'acqua e della salinità si procede all'aggiunta di limo, asciugatura a 40°C e aggiunta di sabbia. La presenza di alte concentrazioni saline inficia la qualità del materiale, soprattutto se questi deve avere una certa "durezza". Per poter decretare accettabile la qualità della miscela così ottenuta nell'utilizzo nella "road construction" sono necessari diversi test di verifica per la valutazione del contenuto d'acqua, della capacità del materiale di supportare la circolazione delle macchine in azione coinvolte nel processo, della forza tensile massima e dell'elasticità.

Nelle prossime due sezioni saranno rispettivamente presentati una panoramica a livello europeo dei casi di trattamento dei sedimenti dragati in scala reale e la proposta di un Piano d'Azione come "decision tool" per il trattamento degli stessi. Il Piano d'Azione descriverà una serie di trattamenti, già impiegati a scala pilota e/o reale per ottenere il risanamento completo dei sedimenti e/o il loro recupero per un eventuale riciclo, da usare come linee guida per la gestione dei sedimenti dragati secondo un approccio ecosostenibile.

I progetti europei possono essere sommariamente suddivisi in base ai trattamenti ed alla tipologia di riutilizzo dei sedimenti.

Come regola generale, i sedimenti che hanno subito trattamenti biologici quali phytoremediation / landfarming/biopile sono poi stati destinati prioritariamente ad un riutilizzo in campo agricolo. Questa tipologia di trattamenti, come anche quelli in cui è coinvolta l'elettrocinesi, hanno come risultato finale la rimozione effettiva dei contaminanti dalla matrice, attraverso processi biologici ossidativi e non, o tramite migrazione dei contaminanti (elettrocinesi e fitoestrazione). In questo caso la matrice finale dopo il trattamento raggiunge livelli sensibilmente più bassi di contaminanti, se dopo analisi chimico/ecotossicologiche risulti nei limiti di legge consentiti, può essere riutilizzata.

Progetti nei quali sono state impiegate tecniche chimico fisiche, quali stabilizzazione, immobilizzazione e trattamenti termici, hanno avuto come risultato finale il riutilizzo dei sedimenti nel comparto di costruzione edilizia e stradale. Tramite tali trattamenti i contaminanti vengono resi inerti, immobilizzati e solidificati ma non rimossi dal sedimento. La miscela ottenuta dal sedimento con il "binder", usato per immobilizzare i contaminanti, viene aggiunta ad aggregati per la produzione di cemento. Relative prove di stabilità fisica e resistenza a pressioni, ma anche prove di rilascio dei contaminati, "leaching", vengono svolte per assicurare la qualità della miscela nel futuro utilizzo.

Progetti come AGRIPORT, HORTISED, SIBSAC, AGRISED e SUBSED, svolti in scala pilota fino a 150 mc di impianto di trattamenti, e il progetto CLEANSED svolto in scala reale hanno visto l'utilizzo di trattamenti biologici quali phytoremediation

e landfarming. Nel caso di CLEANSED si è raggiunto l'obiettivo di riutilizzare i sedimenti nell'ambiente e a livello paesaggistico (colline paesaggistiche), per la composizione di tecnosuoli o suoli per la coltivazione di piante orticole e/o ornamentali.

Il progetto AGRIPORT (Agricultural Reuse of Polluted Dredged Sediments) ha utilizzato un impianto di trattamento pilota di 80 mc in cui utilizzando piante resistenti alla salinità è stata ottenuta una rimozione del 20% dei metalli pesanti e del 60% di idrocarburi. Il progetto ha svolto una meta-analisi su 20 studi a livello europeo a riguardo e stimato un costo per tale tipo di trattamento di 35€/mc, risultando economicamente e ambientalmente competitivo.

CLEANSED (Innovative integrated methodology for the use of decontaminated river sediments in plant nursing and road building) invece ha avuto un doppio fine di riciclo dei sedimenti sia nel settore vivaistico, come substrato per la crescita di piante ornamentali, e/o materiali idonei per costituzione di fondi stradali e ferroviari dopo previo trattamento con phytoremediation e landfarming in scala pilota e scala reale. Il progetto ha raggiunto l'obiettivo di ri-utilizzare i sedimenti sia nella preparazione di terreni, che hanno permesso la crescita di piante con caratteristiche fisiologiche e morfologiche comparabili a quelle coltivate in suoli tradizionali usati nel vivaismo nel giro di due anni, che nella costruzione di un tratto di strada di 100 m.

Il progetto HORTISED (Demonstration of the suitability of dredged remediated sediments for safe and sustainable horticulture production) invece aveva come obiettivo la valutazione dei terreni ottenuti dai sedimenti dragati già trattati nei progetti AGRIPORT e CLEANSED per la crescita di piante da frutto in Italia e Spagna (melograno e fragola). La

valutazione dell'idoneità di questi terreni è stata stimata grazie al confronto con la coltivazione delle stesse piante su substrati di crescita tradizionali, a base di torba o fibra di cocco. I livelli di PCB misurati hanno mostrato valori inferiori a quelli consentiti dalla legge 152/2006, mentre quelli di IPA>12C sono risultati maggiori dei limiti di legge per le zone residenziali ma minori di quelli consentiti per le zone industriali.

Il progetto SIBSAC (Sistema Integrato per la Bonifica e il Trattamento di Sedimenti e Acque Contaminate ad elevata salinità) ha visto l'utilizzo di vari tipi di trattamenti come soil washing e phytoremediation con l'obiettivo di ottimizzare e definire la tecnologia di trattamento. Il progetto ha dimostrando un'elevata capacità di fitoestrazione e accumolo di metalli nella biomassa dei trattamenti proposti, ciò rende i sedimenti così trattati potenzialmente utilizzabili in altre applicazioni. AGRISED (Use of dredged sediments for creating innovative growing media and techno-soils for plant nursery and soil rehabilitation) e SUBSED (Sustainable substrates for agriculture from dredged remediated marine sediments: from ports to pots) avevano come finalità il riutilizzo di sedimenti dragati e trattati nella coltivazione di piante ornamentali, rispettivamente tramite compostaggio con scarti verdi e phytoremediation.

Con il progetto SEDI.PORT.SIL (Recovery of dredged SEDIments of the PORT of Ravenna and SILicon extraction) i sedimenti sono stati trattati tramite soil washing, land farming e trattamento termico come fusione al plasma che ha permesso l'estrazione di silicio. Infatti, come risultato finale sono state ottenute leghe di ferro-silicio, con percentuale di silicio indicativamente intorno al 50%, che rappresentano un importante elemento per l'industria siderurgica.

È stato ottenuto un recupero pressoché totale del sedimento (efficienza di circa il 98%) e sono state create materie prime secondarie che possono trovare una loro collocazione nel mercato italiano, europeo e internazionale. È stato inoltre progettato un impianto di trattamento a scala industriale nel porto di Ravenna.

Nel progetto GREENSITE (Supercritical fluid technologies for river and sea dredge sediment Remediation) i sedimenti sono stati trattati con fluidi allo stato supercritico per l'estrazione e l'ossidazione degli inquinanti organici. A questo fine è stata realizzata un'attrezzatura compatta, facile da trasportare ed installare nei siti di intervento, che permette di rimuovere ed ossidare un largo spettro di sostanze organiche inquinanti, garantendo oltre il 90% di efficienza nelle due fasi di estrazione e di ossidazione con tempistiche dell'ordine dei 60 minuti. Tale tecnologia riduce radicalmente il consumo di acqua e la produzione di residui di lavorazione. Il sistema può essere utilizzato anche sfruttando una sola delle due fasi, utilizzando quindi la sola sezione di ossidazione per il trattamento di acque inquinate da composti organici. Da una prima valutazione teorica, ipotizzando di integrare termicamente i due cicli e migliorando l'efficienza dello scambio termico, un simile impianto, su scala industriale, dovrebbe avere oneri di gestione in linea con i costi attuali di mercato per la gestione di simili tipologie di sedimento.

I progetti TRASED, SEDIMED, SETARMS, SMOCS e VALSE sono stati finalizzati all'utilizzo di trattamenti quali inertizzazione, solidificazione e immobilizzazione dei contaminanti ed il loro successivo utilizzo nella costruzione di strade e in generale nell'edilizia.

Il progetto TRASED (TRASferimento delle tecnologie e migliori pratiche di gestione dei SEDimenti dragati fra i Porti di Venezia e Koper) aveva come obiettivo la produzione di laterizi e ha evidenziato delle correzioni da apportare nel ciclo di produzione per migliorare l'omogeneizzazione e i risultati di cessione dopo 16 giorni.

Nel progetto SEDIMED (Filières de valorisation des sédiments marins méditerranéens) il trattamento di inertizzazione è stato preceduto da bioremediation naturale o "natural attenuation". I materiali ottenuti sono stati decretati di buona qualità per l'utilizzo in edilizia stradale. Valori di PCB, solfati e cloruri sono risultati sopra i limiti di legge, quindi non utilizzabili a livello ambientale, ad ogni modo i sedimenti trattati hanno mostrato buone caratteristiche come stabilità geotecnica e ripresa della vegetazione. La costituzione di cementi per l'edilizia rimane una soluzione praticabile per il riutilizzo dei sedimenti per l'assenza di rischi ambientali e per le performance meccaniche accettabili per il riutilizzo nella filiera biologica. Grazie a questo progetto, è stato costituito un centro per testare il riutilizzo di sedimenti negli eco-materiali.

SETARMS (Sustainable Environmental Treatment and Reuse of Marine Sediment) ha studiato lo stato di dragaggio del Canale della Manica, la caratterizzazione dei sedimenti dragati e la formulazione di miscele impiegabili nell'edilizia. Durante il progetto la formulazione è stata ottimizzata sostituendo un legante idraulico stradale a quello usato precedentemente in percentuali fino a 15% e 30% di sabbie dragate ed un correttore granulometrico, insieme a calce e cemento, raggiungendo le caratteristiche richieste dopo massimo 28 giorni.

Il fine del progetto SMOCS (Sustainable Management of Contaminated Sediments) è stato il riutilizzo in maniera

sostenibile di sedimenti del Mar Baltico. Il trattamento dei sedimenti è avvenuto tramite immobilizzazione e solidificazione con l'ottenimento finale di materiali con caratteristiche geotecniche e ambientali accettabili per l'edilizia e ri-utilizzati come materiale di riempimento all'interno dello stesso porto e/o in zone portuali nuove, con una dimostrata assenza di perdite di materiali inquinanti nell'ambiente circostante.

La finalità del progetto VALSE (Nouvelles ressources transfrontalières : vers une validation de scénarii de valorisation de sédiments et autres matériaux) è quella di approvare filiere transfrontaliere di recupero dei materiali (sedimenti e materiali di scavo) attraverso la realizzazione di opere su grande scala (colline panoramiche, piste ciclabili). Il progetto mira a privilegiarne l'integrazione nel territorio e un utilizzo sostenibile in ottica di economia circolare.

Tutto ciò è stato svolto con tecniche di stabilizzazione quale tecnologia innovativa sostenibile per la fabbricazione di miscele per calcestruzzo, di cemento per l'ingegneria civile e per la produzione di granulati per l'isolamento in edilizia, partendo da materiali risanati.

Progetti come SEKRET (Sediment ElectroKinetic REmediation Technology for heavy metal pollution removal) e BioResNova (Recupero e valorizzazione di suoli e sedimenti contaminati per mezzo di biotecnologie innovative supportate da processi chimico-fisici) hanno avuto come fine la valutazione del trasferimento in scala reale di trattamenti quali l'elettrocinesi e la mycoaugmentation in biopile, rispettivamente. Tali studi sono di particolare importanza per l'ottimizzazione di trattamenti di sedimenti e l'individuazione di bottlenecks nello scaling-up. Lo scaling up di tali processi, in particolare

questi sopracitati, è auspicabile per poter trattare quantità ingenti di sedimenti dragati nel modo più sostenibile possibile per poter restituire tali sedimenti risanati all'ambiente.

Il progetto T.O.S.C.A. (Trattamento Ottimizzato in situ di Sedimenti per la Compattazione e la decontaminazione tramite CEM ad Alta frequenza) ha avuto come fine l'applicazione del trattamento termico quale Thermal Enhanced Soil Vapor extraction a livello pilota, per trattamenti in situ ed ex site, con strumentazione di dimensioni trascurabili e con costi contenuti per l'industrializzazione e tempi di trattamento compatibili. I sedimenti così trattati mostrano buone caratteristiche a fini costruttivi.

SEIMARD83 (Sédiments Marins Dragués du Var) e PCBAXELERA hanno visto l'applicazione di trattamenti misti. Nel primo caso stati valutati gli effetti sulla matrice dei vari trattamenti applicati (separazione granulometrica, disidratazione mediante pressatura, biorisanamento, fosfatazione, trattamento Novosol®, calcinazione, stabilizzazione e/o solidificazione a base di leganti idraulici come calce, cemento) per poter studiare eventuali pretrattamenti da adottare per favorire l'introduzione di sedimenti inizialmente altamente contaminati in filiere di recupero. Nel secondo caso il focus è stato sui sedimenti contaminati da PCB e gli eventuali interventi di risanamento incentivando i trattamenti biologici e tentando l'immissione di tali sedimenti trattati in filiere di recupero.

Il progetto PRISMA (Promoting Integrated Sediment Management) ha costituito un modello matematico di supporto decisionale per stabilire il tipo di trattamento più adatto in vista di un riutilizzo dei sedimenti come materiali di recupero. Grazie a questo progetto è stata costruita una diga

a partire da sedimenti trattati.

Il panorama europeo ha mostrato l'avanzamento della ricerca nel trattamento dei sedimenti atta ad un recupero per una gestione più sostenibile. Data la natura degli stessi sedimenti, che fanno da sink nel bacino idrico dove si trovano, le fonti di contaminazione sono molteplici, quindi potenzialmente sono molteplici e vari i trattamenti da poter applicare. Ad ogni modo, a grandi linee è possibile osservare che vi sia una possibile filiera di recupero successiva a vari tipi di trattamento.

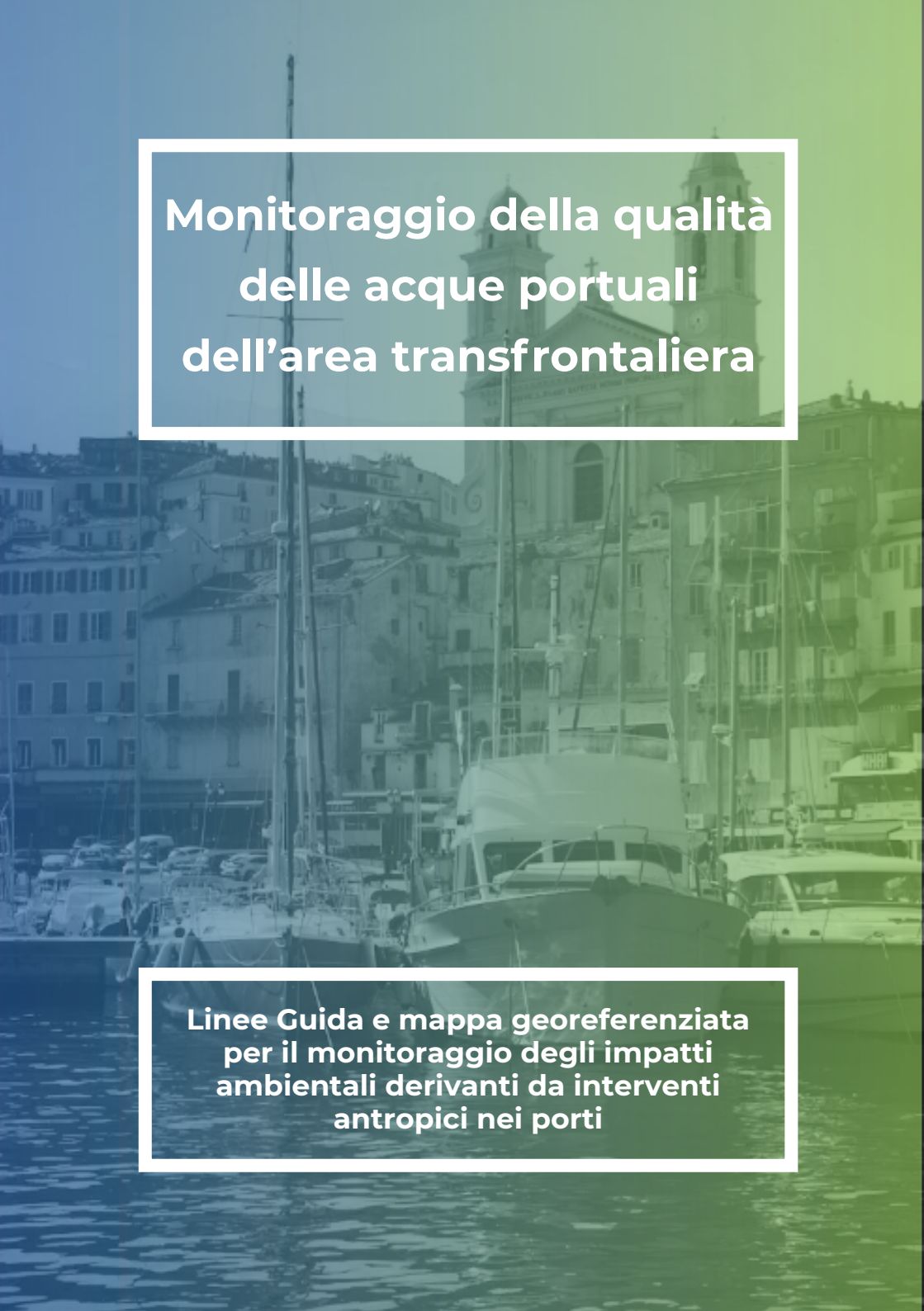
Per quanto riguarda il riutilizzo dei sedimenti in campo dell'edilizia, la conditio sine qua non perché questi vengano utilizzati in questa ottica è che vengano "trattati". Generalmente tale trattamento riguarda la solidificazione/stabilizzazione, durante il quale i contaminanti non vengono rimossi ma inertizzati, per questo le prove di lisciviazione vengono svolte in seguito alla formazione del cemento. Ad ogni modo sarebbe auspicabile una rimozione dei contaminanti dal sedimento in modo da favorire il riutilizzo di un sedimento pulito e che nel futuro, a lungo andare, non rilasci i contaminanti.

L'applicazione di più trattamenti ad un sedimento utilizzato a questo scopo può essere l'obiettivo di prossimi studi, per capire come la formulazione di cementi privi di contaminanti si adatti al riutilizzo in edilizia favorendo maggiormente la tutela ambientale.

6. Appendice B – Pubblicazione su rivista scientifica delle risultanze dell’LCA

Pasciucco, F.; Pecorini, I.; Di Gregorio, S.; Pilato, F.; Iannelli, R.
Recovery Strategies of Contaminated Marine Sediments: A
Life Cycle Assessment. Sustainability 2021, 13, 8520.

<https://doi.org/10.3390/su13158520>

The background image shows a harbor scene with several sailboats docked in the water. In the background, a large church with two prominent bell towers is visible, set against a backdrop of dense, multi-story buildings. The image is overlaid with a semi-transparent green and blue gradient.

Monitoraggio della qualità delle acque portuali dell'area transfrontaliera

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

Premessa

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 scolano 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.

1. Quadro conoscitivo

1.1 Il contesto italiano

1.1.1 Movimentazione di 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/ Remedial Dredging): 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 comparti abiotici (substrato e colonna d'acqua) o sui comparti biotici (popolamenti bentonici, ittici, ecc.).

Da un punto di vista della distribuzione spaziale, gli effetti sui comparti 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 espongano sedimenti con caratteristiche granulometriche e tessiturali differenti, cambiamenti nella composizione e struttura delle comunità bentoniche;
- La diversa distanza dai siti di intervento: riconducibili prevalentemente al trasporto e alla deposizione dei sedimenti fini 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, mobilitazione 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 trascinamento 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 mobilitazione 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;
- mobilitazione 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 trascinamento 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.

Alivellonormativo,iltemadellamovimentazione deisedimenti 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.

1.1.2 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 refluitamento 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 refluentamento 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 stramazzone 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 meteo marine 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.

1.1.3 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 discarica 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 Raphael - 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 adeguante 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).

1.2 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.

1.2.1 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 I), 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 detergenti 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.

1.2.2 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 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.

2. 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).

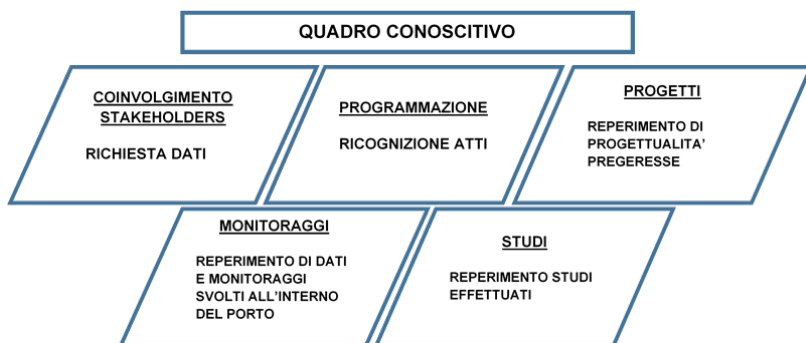


Figura 1 - Schema quadro conoscitivo

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

2.1 Inquadramento geomorfologico

Per l'inquadramento geomorfologico, devono esser 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.

2.2 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.

2.3 Sistema di raccolta e gestione acque piovane e fognarie

Per l'inquadramento dell'area di interesse devono esser 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.

2.4 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.

E' 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.

2.5 Dati meteo-marini

L'analisi meteo-marina è finalizzata alla definizione del clima anemometrico e ondametrico 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 ondametrici 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 possiede una precisa serie storica di dati ondametrici, la conoscenza del regime del vento risulta essere di fondamentale importanza. Si può, infatti, determinare il **regime ondametrico** 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 ondos.

2.6 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.

2.6.1 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.

2.6.2 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.

2.6.3 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 biomarkers 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.

2.6.4 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 contaminati presenti nell'ambiente. Di conseguenza è possibile giungere a un'interpretazione più realistica dell'inquinamento presente nell'ecosistema oggetto di studio.

2.6.5 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 2µm,

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 (MacIsaac & 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 idrocarburea 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'impegno 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).

2.7 Presenza di obiettivi sensibili

2.7.1 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.

2.7.2 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 sovra-sfruttamento 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.

3. 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. microorganismi 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.

3.1 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 trascinamento 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 SEDRIPORT.

3.2 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 deve 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.

4. Appendice 1 – Esempi di carte GIS

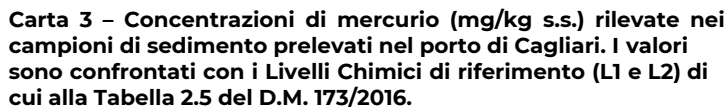
Vengono di seguito riportate alcune rappresentazioni grafiche esemplificative di cartografia georeferenziata creata in ambiente GIS.



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.

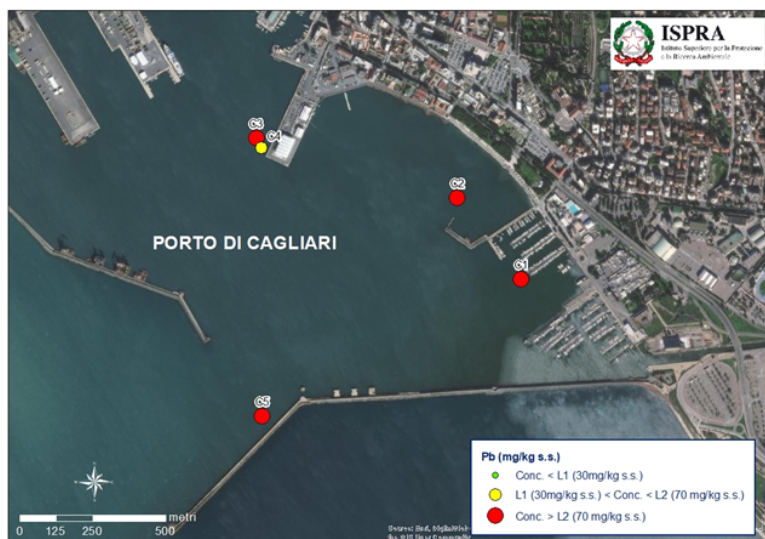


Carta 2- Concentrazioni della clorofilla ($\mu\text{g/l}$) riscontrata nelle fasi pre, durante e post intervento di dragaggio di sedimenti condotto nel porto di Livorno da ottobre 2020 a gennaio 2021. Per ciascuna stazione di monitoraggio sono riportati i valori minimo e massimo rilevati nelle tre fasi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

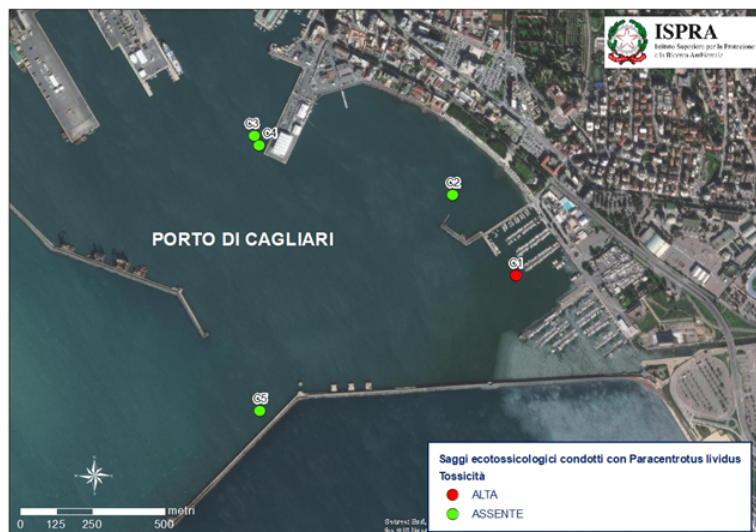




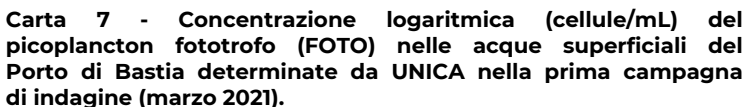
Carta 4– Concentrazioni di zinco (mg/kg s.s.) rilevate nei campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. I valori sono confrontati con i Livelli Chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 del D.M. 173/2016.

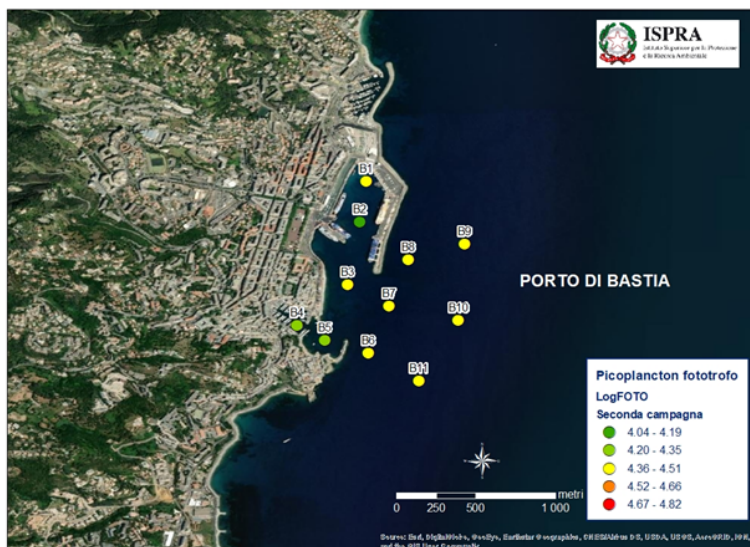


Carta 5 – Concentrazioni di piombo (mg/kg s.s.) rilevate nei campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. I valori sono confrontati con i Livelli Chimici di riferimento (L1 e L2) di cui alla Tabella 2.5 del D.M. 173/2016.

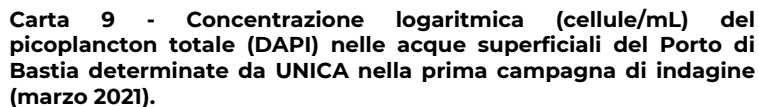


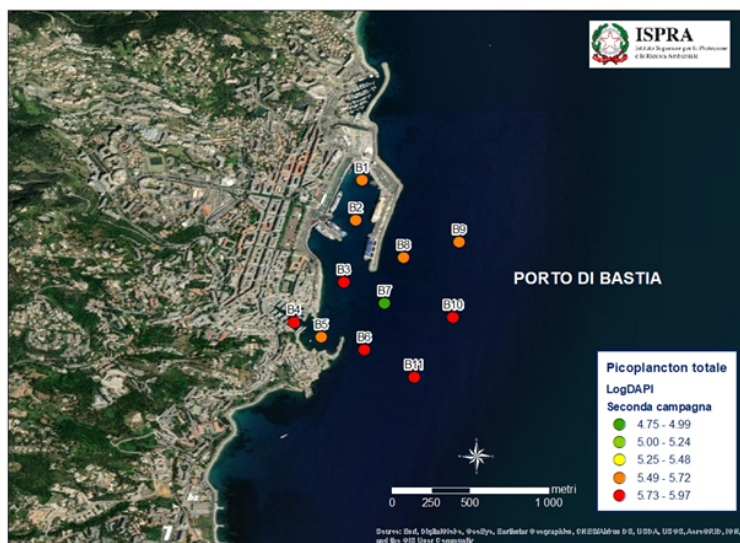
Carta 6 – Embriotossicità rilevata con il saggio biologico eseguito con *Paracentrotus lividus* su elutriato di campioni di sedimento prelevati nel porto di Cagliari. In rosso sono riportate le stazioni di campionamento in cui è stata rilevata un'alta tossicità, in verde le stazioni in cui non risulta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





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





Carta 10 - Concentrazione logaritmica (cellule/mL) del picoplancton totale (DAPI) nelle acque superficiali del Porto di Bastia determinate da UNICA nella seconda campagna di indagine (maggio 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 SEDRIPOORT

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 Sabaud e Rinascita del Porto di Cagliari, da eseguirsi per il progetto "SE.D.R.IPOORT - 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. (I7A00047) 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., Bouqueneau 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.

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.

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^a 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.

MacIsaac, 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.

Piazzì M., “Il trasporto marittimo delle merci pericolose”, Livorno 1997; R.I.NA..

Piazzì 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.

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 10 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.

Ringraziamenti

Nome	Istituzione
Carla Piras	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Daniela Ghiani	Università degli Studi di Cagliari - UNICA
Vania Statzu	Mediterranean MedSea and Coast Foundation-MEDSEA
Ilaria Chicca	ISPRA
Valentina Vitiello	ISPRA
Gianluca Chiaretti	ISPRA
Enrichetta Barbieri	ISPRA
Alice Scuderi	ISPRA
Stefano Ferrari	ISPRA
David Pellegrini	ISPRA
Paolo Botti	RAS-ADIS
Carla Mancosu	RAS-ADIS
Paola Signorile	RAS-ADIS
Roberto Coni	RAS-ADIS
Mariano Tullio Pintus	RAS-ADIS
Bonaria Boi	RAS-ADIS
Isotta Urpi	RAS-ADIS
Anne Casabianca	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP
Julien Ciucci	Université de Corse Pasquale Paoli - UCPP