



SE.D.RI.PORT

SEdimenti, Dragaggi e Rischi PORTuali

Attività T2.5

Capitalizzazione e prospettive:
linee guida e predisposizione strategie
future per l'area di cooperazione

Prodotto T2.5.10

Linee guida sulla gestione dei
sedimenti e i rischi sull'ambiente
costiero durante i dragaggi

La cooperazione al cuore del Mediterraneo



Interreg



UNIONE EUROPEA



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

Attività T2.5

Capitalizzazione e prospettive: linee guida e predisposizione strategie future per l'area di cooperazione

Prodotto T2.5.10

Linee guida sulla gestione dei sedimenti e i rischi sull'ambiente costiero durante i dragaggi



Coordinatori

Nome	Partner	Contatto
Alessandra Zoppeddu	RAS	azoppeddu@regione.sardegna.it
Simona Macchia	ISPRA	simona.macchia@isprambiente.it



SOMMARIO

PREMESSA	7
1. Presentazione del progetto e del partenariato SE.D.RI.PORT	7
2. Obiettivi del progetto	12
3. Presentazione delle Linee guida sulla gestione dei sedimenti e i rischi sull'ambiente costiero durante i dragaggi	13
I PARTE - Sintesi dei risultati	15
CAPITOLO 1 - Normativa di riferimento	17
CAPITOLO 2 - Inquadramento della problematica	19
2.1 Capitalizzazione di precedenti progetti inerenti la tematica	19
2.2 Inventario dei sistemi di monitoraggio delle operazioni di movimentazione dei sedimenti nei paesi transfrontalieri	21
CAPITOLO 3 - Valutazione dei fenomeni di insabbiamento portuale	23
3.1 Analisi delle esigenze e dell'offerta del territorio	23
3.2 Valutazione qualitativa e quantitativa del fenomeno dell'insabbiamento in un porto soggetto all'influsso di un fiume	26
3.3 Criteri per la scelta della strumentazione da utilizzare per indagini batimetriche e morfologiche	29
3.4 Proposta di strumentazione innovativa per indagini batimetriche	32
3.5 Impiego della modellistica numerica a supporto della pianificazione e gestione delle attività di dragaggio nelle diverse fasi di progettazione e monitoraggio	36
CAPITOLO 4 - Valutazione del rischio ambientale delle operazioni di rimobilizzazione/risospensione dei sedimenti portuali	40
4.1 Confronto tra tecniche classiche di biomonitoraggio e tecniche innovative di campionamento passivo	40
4.2 Prove di elutriazione del campione con diversi rapporti acqua sedimento	42
4.3 Mobilità di contaminanti metallici e cambiamenti nelle comunità microbiche planctoniche, derivanti dalla risospensione di sedimenti in aree marine costiere altamente antropizzate	46
II PARTE - Piano d'Azione congiunto	51



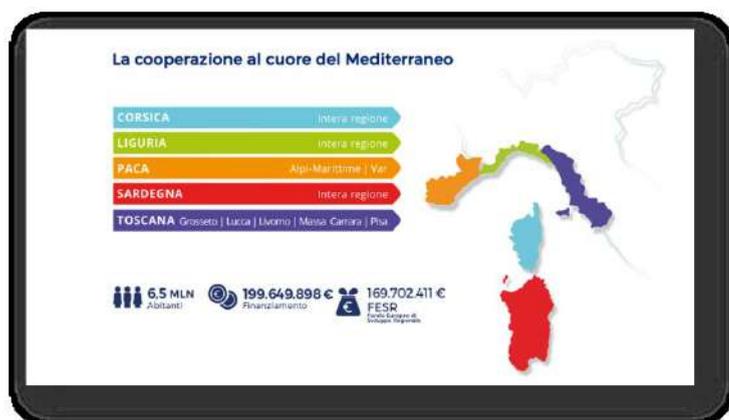
PREMESSA

A cura di RAS

1. Presentazione del progetto e del partenariato SE.D.RI.PORT

SE.D.RI.PORT (SEdimenti, Dragaggi e RIschi PORTuali) è un progetto, della durata di 36 mesi, finanziato dal Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 per un importo complessivo di euro 1.854.602,16 di cui 1.576.411,83 euro finanziati dal Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR).

Il Programma Interreg Italia-Francia Marittimo 2014-2020 è un Programma transfrontaliero cofinanziato dal Fondo Europeo per lo Sviluppo Regionale (FESR) nell'ambito della Cooperazione Territoriale Europea (CTE). Il Programma mira a realizzare gli obiettivi della Strategia UE 2020 nell'area del Mediterraneo centro-settentrionale, promuovendo una crescita intelligente, sostenibile e inclusiva.



Il Programma prende in considerazione le problematiche delle zone marine, costiere e insulari, ma si rivolge anche a quelle interne, con rischi specifici di isolamento.

L'obiettivo principale è quello di contribuire a rafforzare la cooperazione transfrontaliera tra i territori designati per fare di questo spazio una zona competitiva, sostenibile e inclusiva nel panorama europeo e mediterraneo.

Il territorio di Marittimo è costituito dalle seguenti aree costiere transfrontaliere francesi e italiane:

- In Francia: Dipartimenti del Var e delle Alpi Marittime, comunità Corsica
- In Italia: Regioni Liguria e Toscana, Regione Autonoma della Sardegna

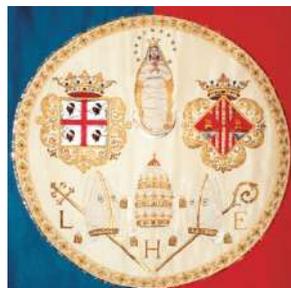
SE.D.RI.PORT è un progetto con capofila l'Assessorato dei trasporti della Regione Sardegna in partnership con il Dipartimento del VAR, l'Università degli studi di Cagliari, l'Università di Tolone, la Provincia di Livorno, L'Agenzia regionale per l'ambiente ligure, l'Istituto superiore per la protezione ambientale e l'Ufficio dei Trasporti della Corsica. Oltre ai partner di progetto sono stati convenzionati per la realizzazione delle attività l'Autorità di sistema portuale del Mare di Sardegna, la Città metropolitana di Cagliari, l'Autorità di sistema portuale del Mar Tirreno settentrionale ed il Comune di Port Grimaud.



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato dei Trasporti

L'Assessorato dei trasporti è competente delle infrastrutture e dei servizi del trasporto pubblico a livello regionale, dei collegamenti marittimi con le isole minori e di quelli aerei con la penisola. Il Servizio per le Infrastrutture, la pianificazione strategica e gli investimenti nei trasporti svolge attività di programmazione, coordinamento, attuazione e vigilanza degli interventi infrastrutturali di natura trasportistici; studi di fattibilità, progettazione interventi infrastrutturali e partecipazione ai Comitati Tecnici Regionali, monitoraggio, rendicontazione ed erogazione risorse di natura comunitaria, nazionale e regionale su interventi infrastrutturali. Elabora progetti sperimentali e innovativi nel territorio, concertando con Enti Locali ed Autorità Portuali, strategie di medio-lungo termine per la valorizzazione e lo sviluppo economico dell'isola; i suoi interventi hanno rilevanti e dirette ripercussioni su ambiti di tipo produttivo, incidendo sul potere competitivo del territorio.



Università degli Studi di Cagliari

Il Dipartimento di Scienze Mediche e Sanità Pubblica (DSMSP) dell'Università di Cagliari, ed in particolare il Laboratorio di Igiene Ambientale (LIA), svolge indagini volte alla caratterizzazione chimica e chimico-fisica di sedimenti marini, al trasferimento dei contaminanti nella colonna d'acqua e nelle catene trofiche, alla biodisponibilità dei contaminanti, all'utilizzo di indicatori. Il DSMSP ha una vasta esperienza nello studio di aree costiere o lagunari inquinate. In Sardegna l'attenzione è stata rivolta alla contaminazione dei sedimenti portuali (porto industriale di Portovesme, Portotorres, Cagliari, Olbia). Dal 2005 il DISP è impegnato a livello internazionale in ricerche che riguardano lo sviluppo e l'utilizzo di campionatori passivi di inquinanti organici e inorganici nell'acqua marina, da utilizzare in sinergia o in sostituzione degli indicatori biologici (es. mitili) attualmente usati per misurare la biodisponibilità dei contaminanti.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale

L'ISPRA è un ente pubblico che svolge attività di ricerca, sperimentazione, monitoraggio, assistenza tecnica e scientifica, nonché di divulgazione in materia ambientale. ISPRA svolge studi ed applicazioni tecnico/scientifiche nel campo dei dragaggi portuali, concernenti la caratterizzazione ambientale e la gestione dei sedimenti portuali a seguito dell'insabbiamento, ivi compresa l'individuazione dei siti per lo sversamento controllato in mare, ed il monitoraggio delle attività di movimentazione dei sedimenti.



Provincia di Livorno

La Provincia ha promosso e implementato numerosi progetti in ambito trasporti, porti e pianificazione territoriale. Ha svolto il ruolo di coordinatore/capofila in progetti di area vasta ed in iniziative nell'intero territorio costiero toscano dell'area del Programma IFM 2014 - 2020. Tali iniziative sono state volte a coniugare le infrastrutture con i settori della vocazione economica, in particolare con le attività marittimo-portuali e il turismo, in un'ottica di crescita armoniosa e sostenibile. La cooperazione transfrontaliera nello spazio dell'Alto Mediterraneo ha favorito la valorizzazione e gli scambi per il miglioramento della mobilità dei passeggeri e delle merci in ambito urbano ed extra-urbano, l'accessibilità per tutti alle coste e ai servizi e la salvaguardia costiera.

9



LE DÉPARTEMENT

Dipartimento del VAR

Il Dipartimento del VAR lavora dall'inizio degli anni 2000 sulla problematica della gestione dei sedimenti marini. In primo luogo nell'ambito delle sue competenze nella gestione portuale, poi nell'ambito delle sue competenze in materia di gestione dei rifiuti e infine oggi nell'ambito delle sue competenze in materia di assistenza ai Comuni, supportando il Comune di Grimaud sul problema dell'insabbiamento. Il Dipartimento del VAR ha condotto, in qualità di Capofila, due grandi progetti relativi alla gestione dei sedimenti. Il primo (2005-2009) denominato «Gestione ambientale dei SEDimenti MARini Dragati SEDIMARD 83»

aveva l'obiettivo di analizzare l'insabbiamento dei porti identificando quantitativamente e qualitativamente il deposito dei sedimenti portuali nel VAR. Numerosi partner francesi e italiani hanno partecipato a questo progetto: Ministero della Difesa, Dipartimento delle Alpi Marittime, Comune di Marsiglia, Dipartimento del Finistère e la Regione Emilia Romagna.



Università di Tolone

L'Università di Tolone, attraverso i suoi ricercatori dell'Istituto Mediterraneo di Oceanografia (MIO) conduce ricerche per comprendere l'influenza delle attività umane sul funzionamento dell'ambiente marino, per identificare indicatori di impatto e sviluppare strumenti di valutazione. I ricercatori dei team CEM (Marine Environment Chemistry) e MEB (Environmental Microbiology and Biotechnology) lavorano in particolare, da più di 10 anni, all'impatto delle attività portuali. In particolare hanno contribuito alla diagnosi della contaminazione chimica dei sedimenti che si accumulano nei porti, allo studio del trasferimento di contaminanti chimici da questi sedimenti alla colonna d'acqua, nonché all'identificazione delle conseguenze della risospensione dei sedimenti per la diversità e la dinamica microbica.

10



Agenzia Regionale per la protezione dell'ambiente ligure

ARPAL svolge attività di monitoraggio e controllo ambientale, supporto tecnico per la Regione Liguria e gli Enti locali, per la protezione dell'ambiente, per la tutela delle risorse idriche, difesa del suolo, protezione civile, prevenzione e promozione della salute collettiva e della sicurezza. Pianifica, organizza e gestisce piani di monitoraggio ambientale per la valutazione della qualità dell'ambiente marino, in ottemperanza alle vigenti normative italiane ed europee. Partecipa alla definizione di linee guida/procedure operative per i relativi recepimenti normativo-legislativi. Svolge attività di controllo delle attività di dragaggio e monitoraggio ambientale ad esse correlato. Effettua campionamenti ed analisi di matrici ambientali, oltre al rilevamento di parametri chimico fisici della colonna d'acqua mediante strumentazione specifica.



Ufficio dei trasporti della Corsica

La Collectivité territoriale de Corse (CTC), con il suo ente strumentale regionale, quale Office des Transports ha delle numerose competenze in materia di trasporti. L'OTC ha come Presidente l'assessore regionale (Conseiller Exécutif) dei trasporti. La Collectivité territoriale de Corse ha ugualmente il compito di sviluppare l'assetto territoriale. Individua gli assi di sviluppo regionale con i piani di sviluppo urbani e rurali (Plan d'Aménagement et de Développement Durable de la Corse PADDUC). In quanto proprietaria delle strade, ferrovie, porti e aeroporti dell'isola, determina e garantisce, tramite l'OTC, la politica dei trasporti stradali, ferroviari, marittimi e aerei. Individua le modalità della continuità territoriale tra la Corsica e il continente francese. Individua gli obblighi di servizio pubblico per i collegamenti aerei e marittimi da e verso la Corsica e in particolare tra la Corsica e la Sardegna e il continente italiano.



2. Obiettivi del progetto

SE.D.RI.PORT. (Sedimenti, Dragaggi e Rischi Portuali) è un progetto che nasce per migliorare la prevenzione dell'insabbiamento dei porti e la gestione dei rischi legati ad operazioni di movimentazione dei sedimenti attraverso un piano di azione congiunto e la condivisione di linee guida orientate a supportare le azioni di governance e a proporre una normativa uniforme applicabile a tutta l'area transfrontaliera. L'obiettivo perseguito è quello di identificare una soluzione congiunta al problema dell'insabbiamento e di conseguenza le operazioni utili al ripristino dei fondali.

La movimentazione dei sedimenti marini in ambito portuale è un tema di rilevante importanza per i porti dell'area di cooperazione dove, accanto alla necessità di costruzione di nuove infrastrutture, si pone sia l'esigenza di approfondire i fondali per permettere l'accesso a navi sempre più grandi, sia di operare una manutenzione dei fondali che sono soggetti a veloci insabbiamenti resi sempre più drammatici a causa dei cambiamenti climatici e dei conseguenti fenomeni meteorologici estremi.

L'escavazione dei fondali e l'eventuale scarico in mare dei sedimenti dragati costituisce un'attività di notevole rischio a causa dei contaminanti ad essi legati derivanti dalle attività industriali e commerciali presenti nelle aree portuali. Tuttavia l'esperienza passata insegna che in taluni porti questi sedimenti non presentano inquinanti e si prestano ad una re-immissione in mare (dumping), che risulta meno impattante del conferimento degli stessi a terra come rifiuti.

In ambito europeo non esiste una specifica direttiva sull'argomento, ma indicazioni generali inserite in alcune convenzioni: Convenzione di Londra del 1972 (D.M.A.F. - "Dredged Material Assessment Framework") ed il relativo protocollo del 1996, Convenzione di Barcellona (protocollo Dumping del 1995) per l'area mediterranea, Convenzione di Oslo e Parigi del 1992 (OSPARCON) per l'area del Nord-Est Atlantico e Convenzione di Helsinki del 1972, ratificata dai paesi che si affacciano sul Mar Baltico.

SE.D.Ri.PORT. ha usufruito del contributo di diversi altri progetti che hanno consentito di raccogliere importanti informazioni sullo stato dei porti, sperimentando sistemi di monitoraggio dell'ambiente marino. Dalle analisi condotte in questa esperienza e in quelle precedenti, è emerso che i cambiamenti climatici hanno un ruolo determinante nel favorire gli insabbiamenti strutturali dei porti e velocizzare le dinamiche di insabbiamento, aumentando sia i rischi per l'ambiente sia il rischio per le attività economiche legate al trasporto marittimo. È evidente che una azione non rapida di ripristino dei tiranti idraulici, mette in crisi il tessuto economico e sociale di intere comunità, specialmente nelle isole. Pertanto l'individuazione congiunta di procedure operative e strategie comuni di intervento tendono a minimizzare gli effetti negativi dell'insabbiamento ottenendo una migliore affidabilità delle risorse portuali a disposizione per l'economia locale con tutto quello che ne consegue in termini di garanzia di efficienza dell'intera area transfrontaliera.



3. Presentazione delle Linee guida sulla gestione dei sedimenti e i rischi sull'ambiente costiero durante i dragaggi

Il presente documento si articola in due parti:

- **Sintesi dei risultati:** in questa sezione vengono presentate le principali attività portate avanti dai partner del progetto e i risultati raggiunti,
- **Piano d'Azione congiunto:** SE.D.Ri.PORT è il precursore dei progetti finanziati nel cluster tematico della "Lotta all'insabbiamento dei porti", SEDITERRA e GRAMAS, e ha il compito di coordinare la stesura di un Piano d'Azione congiunto comune ai tre progetti. Nella seconda sezione del documento saranno illustrate le azioni prioritarie sviluppate da SE.D.Ri.PORT, SEDITERRA e GRAMAS a supporto gli enti locali nella pianificazione delle attività di prevenzione dell'insabbiamento dei porti e della gestione dei sedimenti dragati sia nella filiera acquatica che terrestre.





1^a PARTE
Sintesi dei risultati





CAPITOLO 1 - Normativa di riferimento

A cura di ISPRA

Uno dei primi obiettivi del progetto SE.D.RI.PORT è stato quello di mettere a confronto le normative ordinarie e i criteri attualmente adottati in Italia e in Francia per individuare le migliori pratiche in materia di dragaggio e gestione dei sedimenti e definire delle linee guida da utilizzare come riferimento unico dell'area transfrontaliera (*Prodotto T1.2.2 - Studio comparato normativa*).

In via preliminare sono state prese in esame le indicazioni delle normative internazionali in materia di protezione ambientale in particolare il Protocollo 96 della *London Convention* e la Convenzione di Barcellona per la Protezione dell'Ambiente Marino e della Regione Costiera del Mediterraneo. Successivamente sono state analizzate le singole normative nazionali.

In linea generale nel caso dell'Italia le attività di movimentazione dei sedimenti devono essere condotte in modo tale da garantire non solo il "non peggioramento" dello stato riscontrato, ma anche la compatibilità con il raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti. Gli interventi di dragaggio in ambito portuale e marino costiero (ad esclusione delle aree ricadenti all'interno dei Siti di bonifica di Interesse Nazionale -SIN) sono disciplinati dall'art 109 del D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e in particolare dal D.M. 15 luglio 2016, n. 173, nel quale viene introdotto il concetto di "risorsa" per il materiale prodotto dell'escavo che deve essere recuperato e riutilizzato, a valle di un procedimento di caratterizzazione fisica, chimica ed ecotossicologica, a seguito del quale dovrà essere predisposto un apposito progetto di gestione. La grossa novità rispetto al passato è che l'individuazione della qualità dei sedimenti passa da un approccio di tipo tabellare a criteri di "integrazione ponderata" in cui vengono considerati il numero dei contaminanti che superano il livello chimico di riferimento, l'entità di tali sforamenti e la tipologia dei contaminanti.

Altra novità introdotta riguarda le analisi ecotossicologiche che vengono valutate nel loro insieme a livello di batteria e non di singolo saggio, pesando la rilevanza biologica degli effetti misurati, la significatività statistica del risultato, la rilevanza ecologica della matrice testata, nonché la tipologia di esposizione. Vengono altresì introdotti per la prima volta saggi di tipo cronico. Questa rappresenta una grande differenza rispetto alla Francia che ad oggi applica ancora un approccio di tipo "tabellare", in cui la classificazione chimica viene determinata dal superamento, anche lieve e per una sola sostanza, di un livello chimico di riferimento e la classificazione ecotossicologica viene basata sul risultato peggiore ottenuto da una batteria di almeno tre saggi biologici.

Analogamente alla situazione francese, la normativa in materia di Valutazione di Impatto ambientale è stata recentemente aggiornata in seguito al recepimento della direttiva 2014/52/UE con il D.lgs.104 del 2017. In tal caso nel provvedimento unico in materia ambientale per progetti di competenza statale rientrerebbe l'autorizzazione riguardante la disciplina dell'immersione in mare.

Allo scopo di disporre di un quadro immediato di confronto tra le normative dei due paesi e le differenti applicazioni in materia di dragaggio e riutilizzo del materiale dragato, è stato predisposto uno specifico questionario, compilato successivamente dai partner del progetto. Dalla diretta comparazione tra la normativa italiana (all'esterno dei SIN) e quella francese, risultante dal confronto dei questionari, emergono alcune analogie. Ad esempio per quel che riguarda la procedura di caratterizzazione le due normative sono paragonabili per la scelta della strategia di campionamento in funzione del quantitativo da dragare e



nella possibilità di creare anche campioni compositi, per i parametri chimici da analizzare, per l'utilizzo di due livelli chimici di riferimento e per l'utilizzo di una batteria di saggi biologici.

Esistono sostanziali differenze invece per quanto riguarda la gestione in mare dei materiali di dragaggio: mentre la normativa francese offre la possibilità o meno di effettuare immersione in mare, basandosi in primo luogo sull'esito delle risultanze chimiche e in secondo luogo sulle verifiche ecotossicologiche, che tuttavia non sono regolamentate come in Italia; al contrario la recente normativa italiana, con il DM 173/2016 si basa su un approccio dettagliato per la caratterizzazione, antepoendo la verifica ecotossicologica rispetto alle indagini chimiche e utilizzando un criterio di integrazione ponderata per la classificazione e le opzioni di gestione in ambito marino, incluso il ripascimento, l'immersione deliberata in mare e la deposizione in ambiente conterminato.

Altra differenza importante riguarda le indicazioni fornite in merito al monitoraggio, che nel caso della Francia non hanno valenza obbligatoria.

Per quanto riguarda l'utilizzo a terra e i trattamenti, la normativa francese è molto dettagliata nell'ambito della filiera terrestre, prevedendo una valorizzazione diretta o indiretta (dopo il trattamento) o lo stoccaggio definitivo. Tra i trattamenti sono inclusi: lagunaggio, disidratazione, vagliatura/setacciatura. Tuttavia, la valutazione della pericolosità non è stata concepita per l'utilizzo in ambiente marino e ad oggi non risulta regolamentato in una specifica normativa. A ciò si aggiunge che i livelli chimici di riferimento e valutazione sono stati derivati su base statistica e non su base ecotossicologica, ovvero testando il sedimento attraverso una batteria di saggi biologici. Questo rappresenta a tutti gli effetti un vero e proprio gap normativo che viene solo in parte compensato dalle linee guida sulle buone pratiche, che comunque sono applicabili su base volontaria.

La normativa italiana all'esterno dei SIN, invece, non riporta indicazioni specifiche per il trattamento e il riutilizzo a terra dei sedimenti marini.



CAPITOLO 2 - Inquadramento della problematica

2.1 Capitalizzazione di precedenti progetti inerenti la tematica

A cura di AdSP Mare di Sardegna - Olbia

Per meglio comprendere il contesto in cui è calato il progetto SE.D.RI.PORT, è stata intrapresa preliminarmente una raccolta d'informazioni utili per la comprensione del delicato tema riguardante l'insabbiamento dei porti (*Prodotto T.1.1.1 "Bibliografia dei progetti esistenti"*). Nello studio si sono raccolte informazioni in merito al processo d'approccio al tema, che passa attraverso le fasi di caratterizzazione, dragaggio e gestione del sedimento dalle origini fino alle più recenti innovazioni nel campo tecnologico ed ambientale.

Dall'analisi delle tecniche e tipologie di sistemi che possono essere adottati per eseguire il dragaggio, si può dedurre che ogni intervento è unico nel suo insieme, in quanto la sua unicità è dettata da una complessa realtà che ruota attorno ad un sistema, dove i fattori sono molteplici e tutti devono incardinarsi all'interno di un'ottica che con valutazioni appropriate e mezzi specifici, raggiunga quelle strategie e tecniche di pianificazione e gestione del territorio, che non devono più considerarsi come semplici operazioni di escavo, ma devono tenere in debita considerazione tutti gli aspetti relativi alla salvaguardia dell'ambiente acquatico e terrestre.

Le attuali tendenze normative nel settore, considerano il sedimento come una risorsa, e non più come un rifiuto del quale ci si deve disfare. Già in fase progettuale, viene previsto un piano di caratterizzazione dell'area oggetto di dragaggio atto a determinare la corretta gestione del sedimento che dovrà essere dragato.

Nel documento "Bibliografia dei progetti esistenti" sono stati riportati esempi significativi di progetti e casi studio, alcuni relativi al riutilizzo dei sedimenti dragati, che mostrano l'efficienza delle tecnologie di trattamento, ormai consolidate, ed un approccio integrato per la gestione sostenibile, abbinando tutte quelle tecniche innovative volte al riciclaggio e alla valorizzazione del materiale dragato, come nel progetto Coast-BEST, ad esempio. Nel progetto LIFE15 ENV/IT/000391 MARINA PLAN PLUS, invece, si evidenzia un approccio del tutto innovativo, il dragaggio senza dragaggio, attraverso l'uso degli Eiettori. Tali dispositivi, opportunamente flussati con acqua in pressione, sono capaci di aspirare la miscela solido/liquido presente nell'intorno e allontanarla, tramite tubazione, in un'area dove non sia d'ostacolo per la navigazione, mantenendo quindi sempre costante la quota del fondale. Con tale tecnologia i processi di insabbiamento sarebbero del tutto eliminati, come in conseguenti dragaggi. Un approccio, quest'ultimo, di interesse per le Autorità portuali (ridurre gli interventi di dragaggio) che hanno manifestato, durante la durata del progetto, le perduranti difficoltà, nei tempi e nei modi, per le autorizzazioni ai dragaggi ed all'uso dei sedimenti dragati. Difficoltà che, come risulta dalle relazioni annuali delle AdSP Italiane, sta limitando fortemente l'operatività dei porti.

Tutti gli effetti derivanti dal dragaggio, siano essi positivi o negativi, devono essere attentamente identificati già in fase progettuale, con attenzione alle valutazioni e impatti che gli stessi potrebbero avere per l'ambiente, proponendo le misure di mitigazione più idonee ed economiche, caso per caso, considerando inoltre le più appropriate soluzioni per gestire il materiale dragato, secondo le possibilità di riutilizzo in mare, ripascimento di zone costiere, confinamento, trattamento o combinazioni di queste.



Nel quadro generale Europeo, potremmo affermare che la sensibilità sviluppata dai vari paesi facenti parte la Comunità Economica Europea (CEE), verte sempre più verso un approccio di tipo ambientale, affrontando il tema con la giusta importanza per la corretta movimentazione e gestione dei sedimenti.

In Italia questo tipo di approccio è stato di recente affrontato in maniera più attenta, secondo le logiche sopraccitate, si sta infatti cercando di intervenire a livello nazionale, secondo una pianificazione e programmazione degli interventi in conformità alle disposizioni delle convenzioni internazionali vigenti, per un utilizzo del materiale dragato, considerandolo non più solo come rifiuto da smaltire ma anche come risorsa riutilizzabile, secondo il principio di un economia di tipo circolare, utile al miglioramento delle condizioni di vita e dell'Ambiente.

Di seguito si riporta un elenco di link utili per approfondire il tema dell'insabbiamento dei porti:

<http://www.lifemarinaplanplus.eu/it/life-15>

http://www.jandenui.com/sites/default/files/activity-category/brochures/dragaggi_ed_opere_marittime_it.pdf

<http://www.cap-sediments.fr/pdf/gt/guide-analyse-multicritere-cap-sediments-28129.pdf>

<http://www.green-site.net/>

<http://www.lifemarinaplanplus.eu/it/progetto>

<http://www.pdc.minambiente.it/progetti/coast-best-trattamento-e-riutilizzo-dei-sedimenti-di-dragaggio-una-rete-di-piccoli-porti>

<http://www.pdc.minambiente.it/progetti/coast-best-trattamento-e-riutilizzo-dei-sedimenti-di-dragaggio-una-rete-di-piccoli-porti>

http://www.coast-best.eu/?page_id=512

<http://www.primadanoi.it/news/cronaca/573544/la-macchina-del-fango-scaricherà-i-sedimenti-del-porto-di-ortona-al-largo-di-pescara.html>

<http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00004200/4233-c2738-m6-u2.pdf>

<http://www.labelab.it/site/wp-content/uploads/sites/9/atti/WL-5-Saccani.pdf>

http://www.scienze-costiere.unipr.it/PDF/Present%20Prova%20fin%2010-11%20pdf/Michela_Adorni_29.08.11.pdf

<https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/481519DA1B0207CDC12574B0002A8451?OpenDocument>

https://www.arpae.it/cms3/documenti/cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_3/servizi/mare_es_2017_03.pdf

<https://www.keep.eu/keep/project-ext/42999/GRAMAS>

<https://sednet.org/>

<https://www.cerema.fr/fr/system/files/documents/2017/10/3-%20Nathalie%20DUMAY-COTITA%20-%20r%C3%A9glementation%20-%20novembre%202016.pdf>

http://www.side.developpementdurable.gouv.fr/EXPLOITATION/DEFAULT/doc/IFD/IFD_REFDOC_0512344/dragage-en-milieu-marin-immersion-et-code-de-l-environnement-le-guide-des-procedures-prealables#

<http://www.comunecervia.it/citta/notizie/notizia/progetto-innovativo-contro-linsabbiamento-dei->



[porti.html](#)

2.2 Inventario dei sistemi di monitoraggio delle operazioni di movimentazione dei sedimenti nei paesi transfrontalieri

A cura di ISPRA

Le direttive comunitarie in materia di dragaggio si basano sul principio fondamentale del mantenimento o raggiungimento degli obiettivi di “buono stato chimico ed ecologico” (Direttiva 2000/60/CE). Le attività di movimentazione dei sedimenti devono essere pertanto condotte in modo tale da garantire il “non peggioramento” dello stato ambientale riscontrato e la compatibilità con il raggiungimento degli obiettivi di qualità previsti.

In Italia, gli interventi di dragaggio in ambito portuale e marino costiero sono disciplinati dai D.M. 172 e 173 del 2016, che hanno come oggetto rispettivamente il “Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei SIN” ed il “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l’autorizzazione all’immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”.

In tale contesto normativo si inserisce la progettazione dei piani di monitoraggio per le diverse attività di movimentazione dei sedimenti, siano esse dragaggio, trasporto, deposizione e/o refluentamento.

Un sistema di monitoraggio articolato e progettato per una determinata area portuale costituisce uno strumento efficace per il controllo dell’evoluzione nel tempo della qualità dell’ambiente marino sia in presenza che in assenza di movimentazione di sedimenti. Qualunque sia l’intervento di movimentazione da effettuare all’interno di un porto, non si può prescindere dall’attuazione di un adeguato piano di monitoraggio, che costituisce un elemento fondamentale nella progettazione ed esecuzione dell’intera attività di movimentazione.

Il principale obiettivo di un piano di monitoraggio deve essere la verifica dell’ipotesi di impatto, ovvero la valutazione dell’entità degli effetti della movimentazione dei sedimenti sul comparto abiotico e biotico e della tendenza al ripristino delle condizioni precedenti la stessa. In particolare, nell’esecuzione del monitoraggio è fondamentale porre attenzione alla variazione della biodisponibilità di sostanze potenzialmente tossiche, alla comparsa di modificazioni “precoci” negli indicatori biologici (biomarker) 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.

Il piano di monitoraggio deve essere funzione delle caratteristiche ambientali dell’area interessata dalla movimentazione e della presenza di eventuali recettori sensibili, che potrebbero risentire degli effetti della risospensione dei sedimenti; deve inoltre rispondere al principio di gradualità: il numero delle stazioni, l’ubicazione, la frequenza delle indagini, i parametri da monitorare nella colonna d’acqua, nel sedimento superficiale e nel biota devono essere commisurati alla quantità e alla qualità dei materiali da sottoporre a movimentazione, alla durata e alle modalità operative relative alla localizzazione degli specifici interventi.

Le metodologie adottate devono fondarsi su criteri comuni imprescindibili, primo fra tutti la suddivisione delle attività di monitoraggio in diverse fasi temporali, precedenti, contestuali e successive al dragaggio: fase *ante operam*, in corso d’opera e *post operam*.

L’obiettivo dell’Attività T1.5 è stato quello di acquisire informazioni sui sistemi di monitoraggio adottati da diverse realtà portuali nell’area transfrontaliera, sia in presenza che in assenza di attività di dragaggio (Genova, La Spezia, Livorno, Castiglione della



Pescaia, Scarlino, Olbia, Cagliari e Port Grimaud). La ricognizione è stata condotta attraverso la distribuzione di un questionario, redatto da ISPRA con il supporto di ARPAL, strutturato in due diverse sezioni, contenenti specifici quesiti, formulati con l'intento di raccogliere tutte le informazioni utili ad inquadrare sia la tipologia di monitoraggio, sia le diverse matrici interessate dalle attività di controllo ed analisi.

In particolare, nella prima sezione sono state richieste informazioni relative ai sistemi di monitoraggio adottati in assenza di movimentazione, e per ciascuna matrice indagata è stato chiesto di indicarne i parametri monitorati, gli strumenti utilizzati, le frequenze di controllo e il numero di stazioni. Nella seconda sezione invece sono state richieste informazioni relative a tutte le attività di movimentazione realizzate all'interno dei porti, con riferimenti precisi a volumetrie interessate e macchinari impiegati, e ai piani di monitoraggio attuati durante tali attività.

Dalle risposte ricevute è stato possibile evidenziare una situazione piuttosto eterogenea: mentre nel porto di La Spezia, ed in parte nel porto di Genova, è stato attuato un monitoraggio dell'intera area portuale e delle aree limitrofe, esteso a diverse matrici ambientali, in presenza ed in assenza di attività di movimentazione, in altre realtà, come nel porto di Livorno, il monitoraggio è stato puntuale e limitato alla durata e alla modalità dell'intervento programmato. In altri casi invece non è stato realizzato alcun sistema di monitoraggio.

La rete di monitoraggio proposta, sia nel caso del porto di Genova che nella rada della Spezia, è risultata efficace, sia ai fini della tutela dell'ambiente e dei diversi usi legittimi del mare, sia ai fini della verifica dell'efficacia degli accorgimenti tecnici e operativi adottati.

Alcune differenze risultano anche per quel che riguarda la calibrazione del piano di monitoraggio. Nella rada della Spezia il sistema è stato calibrato in funzione del controllo degli impianti di itticoltura e mitilicoltura presenti internamente ed esternamente alla rada, nonché delle biocenosi sensibili presenti nelle aree limitrofe. A Genova, invece, è stata dedicata particolare attenzione al monitoraggio della torbidità anche contestuale al passaggio delle navi traghetto, ed al rispetto dei parametri per la balneazione.

Le realtà in cui si sono realizzate attività di monitoraggio, anche se con differenti approcci, hanno evidenziato l'importanza di predisporre adeguati piani di monitoraggio del dragaggio dei sedimenti portuali, calibrati sulle specificità dei siti coinvolti ed in relazione alle tecniche di movimentazione impiegate, sia ai fini della tutela dell'ambiente e dei diversi usi legittimi del mare, sia ai fini della verifica dell'efficacia degli accorgimenti tecnici e operativi adottati.



CAPITOLO 3 - Valutazione dei fenomeni di insabbiamento portuale

3.1 Analisi delle esigenze e dell'offerta del territorio

A cura di RAS e Città metropolitana di Cagliari

Dall'analisi delle esigenze e dell'offerta del territorio è stato possibile ottenere diversi tipi di informazioni riguardanti i porti. Le informazioni raccolte sono divisibili in due macrocategorie: di natura prettamente descrittiva e di natura tecnica.

Le prime riguardano denominazione, localizzazione, tipologia e autorità competente e sono state di facile reperimento grazie alla nutrita letteratura.

Le seconde, quelle di natura tecnica, riguardano periodicità dell'attività di dragaggio, compreso ultimo e futuro escavo, tipologia di sedimenti dragati e loro reimpiego, modalità di dragaggio e infine il monitoraggio, inteso come insieme di attività necessarie a registrare la progressione di accumulo dei sedimenti oppure a garantire la conservazione della qualità delle acque. Queste ultime informazioni sono state di più complesso reperimento e hanno visto la partecipazione dei maggiori enti coinvolti ovvero le autorità portuali, l'ISPRA, le Regioni, etc. Accanto a questi si pone l'intensa attività di ricerca documentale che ha permesso di rintracciare informazioni anche molto recenti come ad esempio l'escavo del Porto di Savona attualmente in essere.

Nei porti italiani presenti nel territorio del Marittimo si draga mediamente di più rispetto a quelli francesi (unico porto tra quelli oggetto di questo lavoro dove si registra attività di dragaggio è Port-Grimaud, nel quale si è scavato quattro volte dal 2014 al 2017) e lo si fa quasi sempre per garantire tiranti idraulici adeguati. Ci sono porti come quelli toscani che rispetto ai porti sardi e a quelli liguri, sono caratterizzati da una intensissima attività di dragaggio, riconducibile in primis alla loro ubicazione, sono infatti spesso localizzati in prossimità delle foci di fiumi e canali e della necessità di garantire un ripascimento costante alle spiagge presenti nelle zone contermini. Il porto di Viareggio, ad esempio, viene dragato ogni anno dal 2002 con possibilità di previsione della medesima frequenza anche per il futuro; lo stesso dicasi per il Porto di Livorno, per il quale sebbene non sia stato possibile rintracciare una cadenza certa nel lungo periodo, nell'ultimo quinquennio è stato oggetto di interventi annuali. Diversi porti della Sardegna invece non vengono dragati da oltre un ventennio come ad esempio il porto di Santa Teresa di Gallura, oppure non sono mai stati dragati (se non al momento della loro costruzione) come Porto Corallo.

Poche indicazioni è stato invece possibile raccogliere sulle attività di monitoraggio, seppure questo sia quasi sempre attuato da enti pubblici o da organismi riconosciuti ai sensi della norma UNI CEI EN 17011/05. Nonostante la legge renda obbligatoria la predisposizione del Piano di Monitoraggio, a diverse campagne di escavo non è risultato associato alcun monitoraggio o in altri casi non è stato possibile sapere se questo sia stato effettuato. L'attenzione maggiore nei confronti di questo aspetto è rintracciabile nelle campagne di escavo più recenti, grazie alla entrata in vigore del Decreto Ministeriale del 15 luglio 2016, n. 173 "Autorizzazione ad immersione in mare di materiali di escavo fondali marini - dragaggio - Attuazione articolo 109, D.Lgs. 152/2006".

Analogamente, nel caso della caratterizzazione dei sedimenti, necessaria per la determinazione della destinazione di questi ultimi, il dato è pressoché irreperibile soprattutto nei porti di dimensione più limitata, ma applicando un processo di reverse engineering data la loro destinazione è possibile comunque comprendere la natura dell'aggregato. È il caso ad esempio del Porto di Chiavari e di quello di Loano dove i



sedimenti dragati sono stati impiegati per ripascere e/o per creare nuove spiagge.

I porti italiani perdono molto del loro traffico a causa dell'insabbiamento dei fondali (ad esempio il Porto di Piombino, sebbene candidato come polo per la rottamazione della Nave Concordia, si è a suo tempo rivelato privo sia di infrastrutture che di fondali adatti ad accogliere il relitto, perdendo di fatto l'opportunità) così come molte spiagge perdono turisti per il motivo opposto ovvero a causa dell'erosione costiera. A monte le dighe sui fiumi hanno accelerato questo processo, riempiendosi di sedimenti. La realizzazione infatti di uno sbarramento su un corso d'acqua fa sì che il carico solido normalmente trasportato dal sistema fluviale si deposita nello sbarramento senza poter quindi raggiungere la valle dove contestualmente si assiste ad una diminuzione della sedimentazione con conseguente erosione. Questo disequilibrio deve essere corretto ogni anno con opere costose che danno la sensazione di impotenza per il rapido riproporsi del problema.

I dragaggi rappresentano un costo enorme e se ne fanno molto meno del necessario sia per la carenza di finanziamenti sia per il problema ambientale che rappresentano. Basti pensare al Porto di Massa Carrara il cui caso è esemplare. Il porto è un sito SIN ovvero un Sito di Interesse Nazionale di 3.560 ettari di cui 1.895 a mare. Tra il 2002 e il 2013 sono stati spesi 8.6 milioni di euro per dragare soltanto 120.000 mc di materiale ad un prezzo medio di 72 €/mc. Le analisi del 2006 calcolavano ben 203 €/mc per 10.000 mc totali mentre nel 2011 erano 58.000 mc a 25 €/mc.

La rimozione del sedimento dovrebbe avvenire con l'obiettivo di minimizzare l'aumento della torbidità legata alla risospensione dei sedimenti, purtroppo non tutte le benne con cui si effettuano i dragaggi hanno la capacità di ridurre al minimo il rilascio in acqua della componente fine, determinando quindi un potenziale aumento di torbidità e diffusione di inquinanti nell'area circostante. Tali effetti si hanno sia sul comparto abiotico che sul comparto biotico. Il termine abiotico indica la componente non vivente di un ambiente naturale, mentre per contrasto il termine biotico indica la componente vivente. Quando i sedimenti sono contaminati, a tali effetti di tipo prevalentemente fisico si aggiungono quelli causati dalla dispersione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti.

È indicativo il caso del Porto di La Spezia, i cui lavori di dragaggi sono stati a lungo sospesi perché le panne galleggianti adottate per contenere la dispersione degli inquinanti, non sarebbero state ancorate al fondale durante il dragaggio con conseguente fuoriuscita del fango e significativo deterioramento dell'ambiente di tutto il Golfo.

Se a queste considerazioni si somma la normativa di tutela delle coste, il problema dell'insabbiamento dei porti assume sfaccettature di complessa risoluzione. Le differenti condizioni ambientali favoriscono il deposito di sedimenti marini diversi per composizione, struttura e origine. I sedimenti marini sono costituiti da una miscela di materiale detritico più o meno grossolano, derivato da preesistenti sedimenti continentali, e di materiale proveniente dalla precipitazione chimica o biochimica dei sali contenuti nell'acqua del mare e residui dell'attività organica presente. Le acque superficiali ricevono inoltre apporti, puntuali e diffusi, rappresentati da reflui liquidi e rifiuti solidi di diversa natura, prodotti da attività di natura urbana ed industriale, dal dilavamento di suoli, da sversamenti accidentali e da infiltrazioni. Questi apporti contengono elementi contaminanti, anche pericolosi, che accumulati nei sedimenti, possono persistere nell'ambiente per lunghi periodi, in particolar modo nei corpi idrici a debole ricambio.

L'analisi ha messo inoltre in evidenza che in taluni porti (Porto Corallo, Santa Teresa di Gallura) l'attività di dragaggio è pressoché inesistente e le motivazioni possono rintracciarsi, ancora una volta, sia nelle considerazioni sopra elencate, ovvero costo



dell'investimento molto alto e quindi carenza di finanziamenti, sia nella sostanziale non necessità di dragare a causa delle specifiche caratteristiche dei porti.

Tenendo conto del costo di un intervento di dragaggio e di tutto il corollario delle operazioni che comporta, si può affermare che raramente ad esserne oggetto sono porti di piccole dimensioni; questi ultimi con funzione quasi prevalentemente diportistica, sebbene costituiscano importanti possibilità economiche per i territori che li ospitano, difficilmente possono giustificare simili esborsi. Se da una parte abbiamo porti in cui si draga principalmente per garantire la conservazione dei tiranti idraulici, come ad esempio il porto di Savona, dall'altra parte abbiamo porti in cui si draga per poter garantire nuove funzioni come ad esempio Portovesme o il Porto di Piombino.

Importanza strategica assumono le mutate condizioni meteorologiche, spesso avverse, estreme ed imprevedute che condizionano le portate d'acqua e le quantità e tipologie dei sedimenti normalmente trasportati dai fiumi. È il caso questo del fiume Magra sul quale si trova il porto di Ameglia.

Si è registrata una comune scarsità di dati, condizionata da diversi fattori, in primis l'emanazione del D. Lgs. 169 del 4 agosto 2016 *“Riorganizzazione, razionalizzazione e semplificazione della disciplina concernente le Autorità portuali di cui alla legge 28 gennaio 1994, n. 84, in attuazione dell'articolo 8, comma 1, lettera f), della legge 7 agosto 2015, n. 124”*; quest'ultimo ha avuto come conseguenza un importante passaggio di consegne che ancora non si è concluso. A questo si aggiunge la contemporanea presenza di diversi attori che a vario titolo possiedono o hanno posseduto sovranità nella gestione dei dragaggi: Regioni, Province, Assessorati, Consorzi Industriali, etc.

A rendere ancora più complesso il quadro si aggiunge l'assenza di documentazione in formato digitale dei lavori di escavo realizzati prima degli anni 2000. Di tutti i lavori eseguiti prima di quella data e rientranti nelle competenze del Ministero dei Lavori Pubblici (ex Servizio Escavazione Porti - SEP) esiste solo documentazione cartacea custodita in Archivi a cui è difficile accedere in tempi ragionevoli. La documentazione relativa invece agli interventi più recenti è stata di facile reperimento presso le sedi sia delle costituenti autorità portuali che presso gli Assessorati Regionali ai Lavori Pubblici (si veda il caso del porto sardo di Portovesme). Nel caso dei porti francesi, il materiale fornito (consistente in alcune schede piuttosto scarse di dati) si è rivelato insufficiente a poter trarre considerazioni più approfondite.

3.2 Valutazione qualitativa e quantitativa del fenomeno dell'insabbiamento in un porto soggetto all'influsso di un fiume

A cura di VAR-PG e OTC

Nell'ambito dell'attività T1.4 «Analisi dell'insabbiamento dei porti di Grimaud, Porto Vecchio e Olbia; proposte e soluzioni» redatte congiuntamente dall'Ufficio dei Trasporti della Corsica e dal Dipartimento del VAR, il Comune di Grimaud ha realizzato un'analisi qualitativa e quantitativa del deposito sedimentario nell'avamposto di Grimaud. Pertanto sono stati prelevati 5 campioni nell'avamposto, nel canale Giscle (fiume costiero) e a destra della spiaggia di Port-Grimaud al fine di determinare l'origine fluviale e/o marina del deposito sedimentario presente nell'avamposto (FIG. 1).

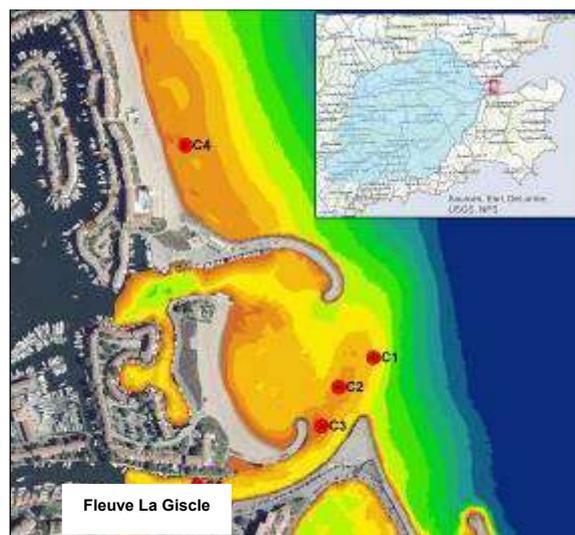


Figura 1 - Canale di accesso a Port-Grimaud e imboccatura della Giscle

Ogni campione è stato analizzato per granulometria, contenuto d'acqua, sostanza organica e carbonati, diffrazione dei raggi X, microscopio elettronico a scansione, analisi termica e termogravimetrica differenziale.

I risultati delle analisi qualitative (contenuto d'acqua, sostanza organica, analisi granulometriche, analisi MEB) indicano che il deposito sedimentario situato nell'interfaccia della zona fluvio-marina, è una zona di accumulo di elementi fini e organici, trasportati dal fiume "La Giscle" e provenienti principalmente dalla zona fluviale.

Per quanto concerne l'analisi quantitativa, la società CORINTHE Ingegneria ha applicato la modellistica numerica ai processi idro-sedimentari nell'avamposto di Grimaud per spiegare la dinamica dell'insabbiamento che colpisce questa zona.

La modellizzazione ha riguardato il moto ondoso, il vento e il livello dell'acqua (si presume che la sedimentazione avvenga in condizioni di meteo buone), lo scarico di liquidi dal fiume Giscle (lo studio cerca di rappresentare un episodio di pioggia intensa), la batimetria e il sedimento (le simulazioni vengono eseguite sulla base del progetto batimetrico per il dragaggio nell'inverno 2018/2019).

Sono stati studiati quattro casi meteorologici:

1. Il caso moto ondoso: sono considerate il moto ondoso e le condizioni del vento; non c'è corrente dal fiume Giscle.
2. Il caso Giscle: il flusso proveniente dal Giscle è modellizzato, non c'è moto ondoso o vento.
3. Il caso moto ondoso e Giscle: sono modellizzate le condizioni di onda e vento, nonché il flusso proveniente dal Giscle.
4. Caso Giscle e poi moto ondoso. Il flusso proveniente dal Giscle è modellizzato senza moto ondoso o vento, successivamente le condizioni di moto ondoso e vento sono modellizzate senza la corrente proveniente dal fiume Giscle.

Questi diversi casi rappresentano tutti i fenomeni meteorologici riscontrati nell'area di studio. In questo studio è stato realizzato il modello digitale Delft3D.

Secondo la società CORINTHE Engineering, le dinamiche idro-sedimentarie nell'avamposto di Grimaud nelle diverse condizioni possono essere schematizzate come segue (Fig. 2):

- l'apporto principale di sedimenti nell'area si realizza attraverso il fiume Giscle che deposita i sedimenti all'imboccatura, formando così una struttura sedimentaria, la "gobba di sabbia";
- durante le tempeste marine, le correnti di moto ondoso creano un movimento che sposta i sedimenti dalla bocca del fiume Giscle verso il passaggio d'ingresso dell'avamposto di Port-Grimaud.



Figura 2 - Dinamiche idro-sedimentarie nell'avamposto di Grimaud

Lo studio ha proposto due soluzioni per ridurre l'insabbiamento dell'area, rappresentate nelle immagini seguenti (Fig. 3):



Soluzione 1

Soluzione 2

Figura 3 - Soluzioni individuate per ridurre l'insabbiamento dell'area

1. per la prima soluzione, la sabbia continua a depositarsi alla foce, ma un po' più al largo. Il passaggio di accesso a Port Grimaud si insabbia sempre in seguito alle mareggiate, inoltre si crea un tappo di sabbia davanti alla diga, rischiando di intasare il passaggio di ingresso al porto di Marines de Cogolin. **Questa soluzione non è quindi consigliata.**

2. la soluzione 2 permette di ridurre considerevolmente l'insabbiamento nel passaggio di accesso e pacifica l'avamposto. Questa soluzione permette di non avere l'entrata al porto davanti alla foce del fiume Giscle. D'altra parte, l'ingresso del porto è di fronte al transito costiero. Tuttavia, il modello digitale non tiene conto del transito costiero. Al fine di limitare il rischio di generare un leggero insabbiamento nell'ingresso, la creazione di una porzione di diga posizionata perpendicolarmente alla diga a nord consente di bloccare questo transito e quindi di ridurre notevolmente l'insabbiamento del punto di ingresso. Tuttavia, i movimenti della sabbia alla foce del fiume Giscle rimangono gli stessi con una tendenza alla levigatura della foce.

In conclusione, nessuna di queste due soluzioni risolve quindi tutti i problemi di levigatura dell'area. Una soluzione sarebbe quella di creare delle trappole di sedimenti e sfruttarle a monte del fiume Giscle per intrappolare i sedimenti prima che arrivino sulla costa.



3.3 Criteri per la scelta della strumentazione da utilizzare per indagini batimetriche e morfologiche

A cura di AdSP Mar Tirreno Settentrionale - Livorno

Nell'ambito del progetto Interreg SE.D.RI.PORT sono state effettuate delle sperimentazioni batimetriche nei porti di Livorno e Piombino.

La prima sperimentazione effettuata è stata quella di Livorno nella settimana del 23 aprile 2018, mentre in data 6 dicembre 2018 è stato portato a Piombino lo stesso sistema di rilevamento batimetrico che era stato utilizzato per l'esperimento di Livorno.

Il porto di Piombino rappresentava un testbed estremamente interessante per quanto riguarda la raccolta di dati, dal momento che recentemente ha subito una importante serie di interventi atti a modificarne la conformazione e dunque il fondale risulta essere ancora in fase di assestamento. In questo senso si è deciso di indagare proprio il bacino d'entrata al porto, recentemente modificato e ancora in evoluzione.

Il primo intervento effettuato sulle opzioni di acquisizione è stato quello di inserire dei *filtri per la considerazione dello stato della colonna d'acqua*.

All'inizio dell'indagine, infatti, è stato utilizzato un dispositivo in grado di rilevare due parametri fondamentali che influiscono sul percorso del segnale ultrasonico verso il fondale e sulla via del ritorno verso il batimetro:

- la resistenza dell'acqua alla propagazione del segnale, legata a proprietà fisico/chimiche dello specifico bacino;
- il profilo della velocità del suono in acqua, dipendente dalla direzione e velocità delle correnti al momento delle misurazioni ed anch'essa responsabile di variazioni nella propagazione del segnale.

Tali parametri sono stati misurati tramite uno strumento ausiliario fornito assieme al sistema e sono stati inseriti nel software di acquisizione tramite i comandi appositi.

Naturalmente anche nel primo esperimento di Livorno questi parametri erano stati tenuti in considerazione, ma utilizzando la modalità "automatica" presente nel software che deriva le informazioni utilizzando i sensori integrati, anziché fare uso di strumenti appositi, garantendo quindi una stima meno accurata.

Un'altra funzionalità testata e sfruttata durante l'indagine è stata la *pianificazione delle survey lines*, ovvero sia della rotta che il natante avrebbe dovuto percorrere per garantire la copertura della zona d'interesse.

L'interfaccia per la pianificazione si presenta molto semplice, anche se richiede ovviamente che a priori vengano individuate le coordinate dei vertici del perimetro da scandagliare. A questo punto, è possibile lasciare che sia il sistema a preparare le linee da seguire per scandagliare la zona o preparare delle linee personalizzate.

Il sistema, tramite l'ausilio del GPS si renderà conto qual è la linea sulla quale si sta lavorando in quel momento, e sarà in grado sia di avvisare in caso la rotta dovesse discostarsi da essa e sia di rendersi conto quando si raggiunge la fine di una linea in modo da poter salvare i dati parziali in un file di linea creato ad hoc.

Questo meccanismo permette di eseguire delle ispezioni separate nel tempo ma collegate tra di loro, in modo da poter gestire in modo semplice anche indagini di bacini estesi che non è possibile coprire interamente in una sola sessione.

Una volta terminata la campagna di acquisizione dei dati, questi sono stati sottoposti ad una *fase di post processing*, la stessa che è stata utilizzata durante l'esperimento di Livorno, per una normalizzazione rispetto alle informazioni acquisite dai sensori ausiliari.



Gli esperimenti effettuati sono stati propedeutici a verificare l'attuabilità di indagini batimetriche utilizzando strumenti che possono essere acquisiti, installati ed utilizzati da un ente come l'Autorità Portuale; per usufruire dei dati ottenuti durante tali indagini, tuttavia, è necessario disporre di un sistema informativo che agevoli il salvataggio, l'indicizzazione e la fruizione dei dati.

L'architettura del sistema proposto deve essere in grado di abilitare la gestione dei file provenienti dalle varie campagne di raccolta dati come raccolta d'insieme, invece che come entità indipendenti l'una dall'altra. Questo paradigma è atto a semplificare notevolmente le operazioni di studio, di osservazione e di previsione dello stato del fondale nel tempo.

Il sistema è composto fondamentalmente da tre componenti, che costituiscono la "piattaforma" di gestione dati, e due attori che sono intesi essere l'utente che utilizza la piattaforma per caricare i dati appena raccolti e, dall'altra parte, l'utente che invece ne fa uso per ottenere i dati disponibili ed utilizzarli per le proprie finalità. Le tre componenti costituenti la piattaforma sono invece il sistema di indicizzazione, il sistema di storicizzazione dei dati e il software lato utente che tramite una user interface esporrà le funzionalità della piattaforma ai due attori principali.

Lo standard OneM2M è risultato ideale per mantenere le informazioni riguardanti i dati batimetrici. Ad ogni modo le garanzie sulla sicurezza ed il paradigma "Store&Share" su cui si basa lo standard garantiscono che i dati vengano tenuti in sicurezza e gli utenti vengano autorizzati non solo tramite un generico meccanismo "allow/don't allow", ma che ogni set di dati abbia un insieme specifico di permessi.

Per la storicizzazione dei dati grezzi il sistema utilizzerà le API REST per la storicizzazione su MongoDB.

30

I dati grezzi frutto delle campagne di rilevazione dei dati batimetrici verranno memorizzati nel database NoSQL MongoDB. MongoDB conserva i dati e ne consente l'accesso con modalità differenti rispetto a quanto generalmente previsto nei database relazionali. I dati non sono strutturati in termini di record e di tabelle, ma di documenti e collection. Ogni documento contiene le informazioni correlate ad una entità ed è costituito da un oggetto JSON valido. Tutti i documenti che rappresentano entità dello stesso tipo vengono tipicamente raggruppati in un'apposita collection.

Al fine di permettere agli utenti di interfacciarsi con tale architettura, è stato sviluppato un software basato su java che, tramite un'interfaccia utente estremamente intuitiva, consente di ricercare all'interno del sistema lo storico delle rilevazioni effettuate e di scaricarle.

L'altra funzionalità offerta del software è quella di accedere alla piattaforma OneM2M/mongoDB per inserire i dati recuperati da una campagna di rilevazione in maniera trasparente (senza quindi che sia necessaria alcuna competenza specifica).

Il software si compone principalmente di quattro elementi:

1. HTTPTransfer module: questo modulo si occupa del trasferimento dei file da e verso il server, ovverosia quando viene richiesto il salvataggio di nuove misurazioni oppure quando viene richiesto di prelevare dei dati da misurazioni già storicizzate, attraverso il protocollo di rete http;
2. FTPTransfer module: questo modulo consente di effettuare le stesse operazioni del precedente, con la differenza che il trasferimento avviene tramite protocollo FTP. Il motivo per cui si è scelto di gestire il trasferimento attraverso due protocollo diversi è legato alla differenza di prestazioni (in favore dell'HTTP) e di affidabilità (propria invece dell'HTTP). Il sistema decide di volta in volta quale sia il protocollo migliore da utilizzare in base alle condizioni della rete;



3. OneM2MHandler module: questo modulo si occupa invece dell'organizzazione dell'indice all'interno della piattaforma OneM2M, e viene richiamato in due situazioni:
 - quando dei nuovi dati vengono salvati all'interno del database
 - quando viene effettuata una ricerca sui dati presenti
4. SedriportGUI module: questo è il modulo che realizza e visualizza l'interfaccia utente (GUI) con la quale si dovrà interagire per usufruire delle funzionalità della piattaforma. Si tratta dell'unico modulo che viene presentato all'utente e si compone di due sezioni separate: una per la ricerca e il download delle batimetrie ed una per il caricamento dei nuovi rilievi.



3.4 Proposta di strumentazione innovativa per indagini batimetriche

A cura del Dipartimento del VAR e del Comune di Grimaud

Nell'ambito del progetto europeo SE.D.RI.PORT il Dipartimento del VAR con il Comune di Grimaud hanno fatto sviluppare uno strumento innovativo per misurare la batimetria nei porti, con l'intento di farlo utilizzare in maniera semplice da un agente portuale. Si tratta di uno strumento che permette di poter valutare regolarmente l'insabbiamento del porto per realizzare una buona gestione dei dragaggi. Questi lavori si inseriscono nello sviluppo della **valigia strumentale del progetto SE.D.RI.PORT**, sia come materiali sia come metodi di trattamento.

La sperimentazione iniziale è stata eseguita a Port Grimaud e ha consentito di confrontare le acquisizioni effettuate con:

1. un equipaggiamento standard: acquisizione geofisica standard con la catena operativa di SEMANTIC TS;
2. il prototipo SE.D.RI.PORT: acquisizione geofisica con lo strumento SE.D.RI.PORT.

I dati sono stati trattati dagli algoritmi classici ed è stato effettuato un confronto dei due risultati per validare il principio della catena di acquisizione del trattamento dello strumento SE.D.RI.PORT.

Al fine di ottenere un posizionamento perfetto per i dati di posizione della barca, SEMANTIC TS ha installato nel cantiere una base GPS RTK di riferimento su un punto conosciuto della zona.

Per l'ispezione della zona di Port Grimaud, le linee di rilievo eseguite con l'acquisizione geofisica classica sono illustrate in Figura 4 e consentono una copertura esaustiva dell'area. La batimetria è integrata dall'acquisizione di dati sulla natura del fondo e integrata da campioni di sedimenti.



Figura 4 - Piano di missione

Il sistema di acquisizione geofisica con lo strumento SE.D.RI.PORT è composto da tre valigie ed è stato installato sulla poppa della barca utilizzata per effettuare i rilievi. L'applicazione è compatibile con Android, iOS, Windows e Linux e il sistema consente la misurazione della batimetria e la classificazione dei fondi. I campioni di sedimento



prelevati hanno reso possibile il confronto con la natura dei fondi dati dalla valigia SE.D.RI.PORT.



Valigia accessori

Valigia mobile

Set completo con il tablet

Figura 4 - Valigetta SE.D.RI.PORT

In Figura 5 sono riportati i risultati dell'acquisizione geofisica effettuata con la valigia SE.D.RI.PORT.

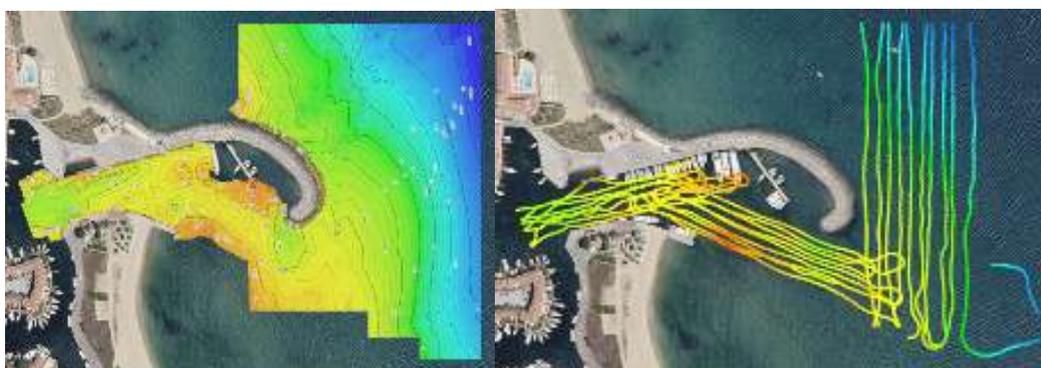


Figura 5 - Confronto delle profondità registrate con il rilevamento geofisico classico (a sinistra) e il caso SE.D.RI.PORT (a destra)

La somiglianza dei sondaggi è visivamente chiara, i dati batimetrici prodotti con il prototipo SE.D.RI.PORT rientrano quindi nelle specifiche previste con una deviazione media di - 3 cm quando la specifica richiede ± 10 cm.

La valigia SE.D.RI.PORT è stata utilizzata successivamente durante una sperimentazione effettuata ad Olbia il 18 giugno 2019.

I risultati ottenuti (Fig. 6) indicano che il sistema consente di sollevare la posizione del portante con una precisione Z di 2 cm a una distanza di 2,3 km. Le aree in cui non è stato possibile ottenere questa precisione sono le aree di mascheramento della ricezione satellitare (troppo vicine a navi di grandi dimensioni o banchine di grandi dimensioni).



Profondità



Ruvidità dei fondali

Figura 6 - Risultati della sperimentazione della valigia SE.D.RI.PORT ad Olbia

Una terza sperimentazione è stata eseguita a Port Grimaud. In termini di risultati, tra le batimetrie del 2018 (Fig. 7) e del 2019 (Fig. 8) è chiaramente visibile che si è verificato un ingresso nel canale del passaggio a ovest e a sud della testa della diga.

In conclusione la valigia strumentale SEDRIPORT fornisce dei risultati molto precisi confrontabili con quelli rilasciati da strumenti più voluminosi e più difficili da realizzare. Si tratta infatti di uno strumento compatto e utilizzabile da un operatore portuale che potrà realizzare un monitoraggio regolare della batimetria del porto nell'ottica di valutare le necessità di dragaggio, fornendo in aggiunta un'informazione sulla natura dei fondali.



Figura 7 - Profondità rilevate durante la campagna iniziale

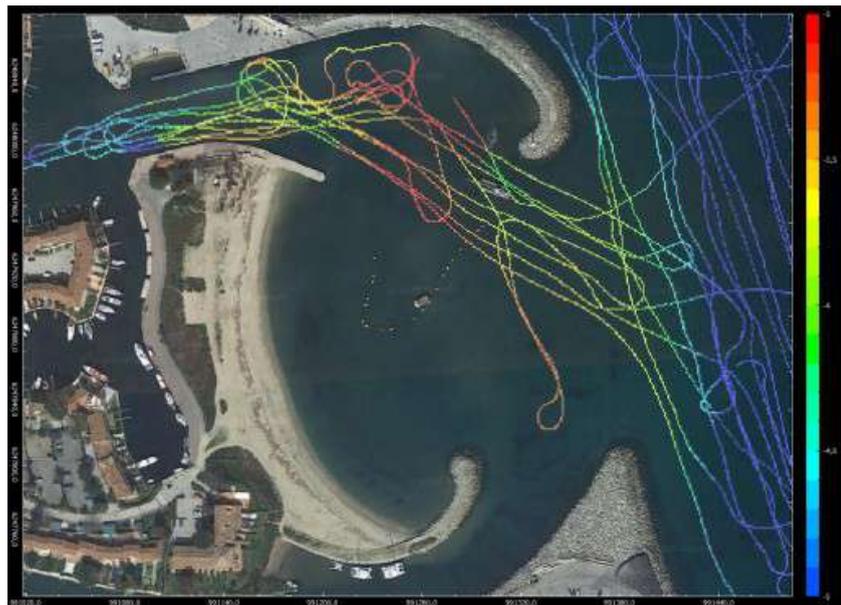


Figura 8 - Profondità rilevate durante la seconda campagna



3.5 Impiego della modellistica numerica a supporto della pianificazione e gestione delle attività di dragaggio nelle diverse fasi di progettazione e monitoraggio

A cura di ARPAL e di ISPRA

Le attività di movimentazione di sedimenti che spesso si rendono necessarie per il mantenimento e il ripristino dei fondali portuali, possono determinare effetti ambientali negativi (sia sul comparto abiotico che biotico dell'ecosistema marino) nelle aree portuali e ad esse limitrofe a causa della eventuale risospensione e successiva deposizione della frazione più fine dei sedimenti movimentati, e dei contaminanti di natura organica ed inorganica che spesso sono presenti nei sedimenti portuali. Studi modellistici possono fornire supporto per l'analisi dei potenziali effetti ambientali generati dai sedimenti risospesi (e ri-deposti) durante operazioni di dragaggio. Tali studi possono essere funzionali sia alla progettazione delle operazioni di dragaggio dei fondali portuali sia alla pianificazione dei sistemi di monitoraggio delle possibili alterazioni della qualità dell'ecosistema marino durante lo svolgimento delle attività.

Nella prassi l'intero ciclo della movimentazione dei sedimenti è generalmente articolato in tre principali fasi operative: l'escavo (o dragaggio), il trasporto e lo sversamento (o collocazione finale).

Sia che esso venga eseguito in ambiti costieri o al largo, gli effetti ambientali chimico-fisici e biologici sugli ecosistemi marini possono essere molteplici. In particolare, gli effetti sui comparti abiotici (substrato e colonna d'acqua) e biotici (popolamenti bentonici, ittici, ecc.) possono essere localizzati:

- all'interno dei siti di intervento,
- in prossimità del mezzo dragante, principalmente riconducibili all'azione diretta del prelievo e dello sversamento dei sedimenti;
- a diversa distanza dai siti di intervento, prevalentemente riconducibili 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, mobilizzazione e solubilizzazione dei contaminanti eventualmente associati ai sedimenti sospesi, ecc.) e del fondo (es. per la deposizione di sedimento fine su substrati di diversa tipologia).

Sul comparto biotico, invece, gli effetti diretti sono essenzialmente legati ai possibili fenomeni di seppellimento e soffocamento (intrappolamento e trascinarsi sul fondo, inefficienza dell'attività di filtrazione e intasamento dell'apparato branchiale, ricopertura, abrasione dei tessuti, ecc.).

Agli effetti già citati si vanno a sommare a 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 sedimento¹, possono determinare situazioni di anossia, e soprattutto in

¹La significatività dei volumi da movimentare deve sempre essere valutata in relazione allo specifico contesto ambientale in cui è eseguito l'intervento (Lisi et al., 2017). Per il caso specifico di interventi di ripascimento, inoltre, si riporta nel D.M. 173/2016 la distinzione per gli interventi di ripascimento in: piccoli interventi annuali che comportano un apporto complessivo di sabbia inferiore a 5000 m³, interventi annuali di media entità complessiva superiore a 5000 m³ e fino a 40000 m³ di materiale dragato ed infine interventi di notevole entità con volumi complessivi superiori ai 40000 m³ annui.



presenza di habitat sensibili come le praterie di *Posidonia oceanica* o biocenosi del Coralligeno in prossimità delle aree di intervento alterazioni della capacità fotosintetica (es. Manzanera et al., 1998). 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.).

Le attività di movimentazione dei sedimenti devono essere condotte in modo tale da garantire il “non peggioramento” dello stato riscontrato e la compatibilità rispetto agli obiettivi di qualità previsti.

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 (EPA, 1993; OMOE, 1994; IADC, 1998; USACE, 2003; Anchor Environmental, 2003; Eisma, 2006, CEDA/IADC, 2018), le diverse fasi di progettazione e gestione degli interventi devono essere precedute da studi specialistici finalizzati ad individuare le possibili criticità ambientali² (Lisi et al, 2017) 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.

Nella fattispecie, 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 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.

37

Nell'ambito del quadro normativo italiano vigente inerente la movimentazione dei sedimenti in ambito marino costiero e la loro gestione, nell'allegato A al D.M. 172/2016, seppur riferito ad interventi di dragaggio in aree SIN, si fa in esplicita menzione all'utilizzo di modelli matematici. In particolare:

nella gestione ambientale del processo di movimentazione dei sedimenti (art. 2), “le scelte progettuali, effettuate in conformità di quanto previsto dall'articolo 3 del presente decreto, possono essere adottate [...] anche sulla base di modelli matematici adeguatamente implementati in grado di prevedere, per i diversi scenari ipotizzati, il comportamento del sedimento movimentato in ambiente acquatico e i processi di dispersione e/o diffusione della contaminazione eventualmente presente. I risultati di tali modelli, ove applicati, devono costituire parte integrante del progetto di dragaggio [...]”;

nell'ambito delle attività di collocazione del materiale dragato (art. 5), “Tutte le tipologie di intervento devono essere realizzate secondo modalità tali da escludere impatti misurabili e significativi [...], prevenendo e limitando eventuali dispersioni e rilasci accidentali di

²Qualsiasi alterazione dei parametri ambientali d'interesse che può aversi in seguito alle operazioni di movimentazione, su diverse scale spaziali/temporali, e in grado di produrre effetti (o stress) significativi (reversibili o irreversibili) sui recettori e gli obiettivi sensibili individuati. Ai fini del presente Manuale, rientrano in questa definizione anche i vincoli ambientali (si veda relativa definizione) e quei fattori ambientali (tipologia dei sedimenti e dei contaminanti eventualmente associati, volumi complessivi da movimentare, ecc.), a cui potrebbero essere correlate alterazioni significative dei parametri di interesse, che condizionano e limitano la scelta delle modalità operative (Lisi et al, 2017).



materiale, salvaguardando altresì obiettivi sensibili o aree a vario titolo protette, e nel rispetto della pertinente normativa regionale. In funzione della complessità dell'intervento e del contesto ambientale in cui si opera, la valutazione degli effetti deve interessare l'intera area potenzialmente influenzata dalle attività, tenendo conto di diversi fattori tra i quali, [...] i risultati dell'applicazione di eventuali modelli matematici, adeguatamente implementati, in grado di prevedere, per i diversi scenari ipotizzati, il comportamento del sedimento movimentato e i processi di dispersione e/o diffusione della contaminazione eventualmente presente;

in merito alle misure di mitigazione (art. 6) e alle attività di monitoraggio (art. 7) sono citati nel decreto studi delle caratteristiche idrodinamiche, valutazioni sulla presenza di obiettivi sensibili, sulle modalità di dragaggio/trasporto e collocazione, nonché la valutazione delle opzioni di gestione, che potrebbero sicuramente trarre beneficio dall'applicazione dei modelli per le valutazioni dell'evoluzione spazio/temporali degli effetti indotti dalle movimentazioni.

Un prerequisito di base per la valutazione degli effetti ambientali consiste nell'identificare i potenziali effetti delle attività di movimentazione (Becker et al., 2015):

- nel breve periodo, durante la realizzazione degli interventi;
- nel medio periodo, dovuti al susseguirsi di operazioni ripetute nel tempo;
- nel lungo periodo, legati alla configurazione finale di progetto.

La corretta impostazione degli studi ambientali richiede, pertanto, di prevedere e quantificare la variabilità degli incrementi della concentrazione dei sedimenti sospesi e dei tassi di sedimentazione, nel tempo e nello spazio, tramite un opportuno approccio modellistico (CEDA/IADC, 2018; Lisi et al., 2019).

Le recenti LL.GG. ISPRA (Lisi et al., 2017), a tal proposito, forniscono indicazioni operative per l'utilizzo dei modelli matematici come strumento di supporto per le diverse fasi di progettazione delle operazioni di movimentazione, la valutazione di alternative di progetto (ad esempio nella scelta della tecnologia di dragaggio, nell'individuazione delle migliori finestre temporali, etc.), nonché per la pianificazione delle attività di monitoraggio, consentendo l'ottimizzazione delle risorse necessarie a garantire un accurato controllo dei potenziali effetti sull'ambiente.

Facendo tesoro di approfondimenti scientifici condotti negli anni da ISPRA in collaborazione con diverse professionalità (Lisi et al., 2012; 2016; Feola et al., 2015; 2016; Di Risio et al., 2017), sono state messe a sistema le informazioni di letteratura e sono stati definiti approcci standardizzati per l'impostazione e l'implementazione degli studi modellistici (es. definizione del termine sorgente, scelta e durata degli scenari di modellazione, interazioni con il monitoraggio) mediante l'AMI (Lisi et al. 2017; 2019), in funzione delle fasi operative del ciclo della movimentazione (escavo/trasporto/sversamento), delle peculiarità degli ambiti di intervento (aree costiere, comprensive delle aree litoranee e di transizione, bacini semi-chiusi e aree al largo) e della tipologia di effetti ambientali attesi nel breve e nel lungo periodo.

Nel documento vengono definite tecniche di analisi e sintesi dei risultati per agevolare l'individuazione delle aree maggiormente interessate dalle variazioni, nello spazio e nel tempo, di concentrazione di solidi sospesi (SSC) e deposizione al fondo (DEP), riprendendo i principi metodologici delle tecniche di analisi proposte in Feola et al. (2016).

Nell'ambito del progetto Se.D.Ri.Port, la sinergia tra ISPRA e ARPAL è stata volta a testare la replicabilità dei criteri delineati nelle LL.GG. ISPRA per la corretta impostazione degli studi modellistici in diversi ambiti di portuali e contesti transfrontalieri e per



l'interazione con il monitoraggio ambientale nelle diverse fasi di pianificazione gestione degli interventi. In particolare, sono state condotte specifiche applicazioni per modellare la dispersione della frazione fine in seguito al dragaggio ed alla ricollocazione dei sedimenti mediante la tecnica del livellamento dei fondali in ambito portuale.

Il documento *“Manuale per l'applicazione delle linee guida sull'utilizzo della modellistica a supporto della gestione delle attività di dragaggio in ambito portuale”*, realizzato dal progetto SEDRIPOR, riporta gli aspetti da considerare per la corretta impostazione delle applicazioni modellistiche in ambito portuale, al fine di renderli facilmente applicabili nelle diverse tipologie portuali presenti nell'area transfrontaliera.

Nello specifico, sono messi in evidenza i criteri a supporto dell'identificazione delle forzanti e delle condizioni al contorno (batimetriche, sedimentologiche, climatiche, idrodinamiche) e della caratterizzazione delle sorgenti di rilascio da dragaggio (es. modalità con cui i sedimenti risospesi e/o rilasciati in colonna d'acqua rispetto al volume e alla distribuzione granulometrica iniziale; profondità di rilascio, intensità del rilascio per ciclo di dragaggio).

In particolare, sono dettagliati:

- i fattori ambientali e operativi da considerare per l'implementazione dell'approccio modellistico integrato (AMI);
- le principali interazioni con il monitoraggio ambientale, la cui pianificazione deve consentire sia il controllo degli effetti sull'ambiente sia verifica dei risultati modellistici, in linea con le indicazioni fornite nel D.M. 172/2016 *“[...] il piano di monitoraggio deve contenere la descrizione del contesto ambientale in cui si svolgono gli interventi (caratteristiche morfologiche ed idrodinamiche, presenza di obiettivi sensibili e/o aree a vario titolo protette) [...]”*;
- le modalità di analisi e sintesi dei risultati per la definizione di “potenziali impatti” sulla base della conoscenza dell'area di intervento (es. presenza e tipologia di obiettivi sensibili da tutelare coerentemente con le indicazioni europee ed internazionali, quali, *P. oceanica*, formazioni coralligene, ecc.);
- l'utilizzo di Schede Informative di Progetto (SIP), contenenti le principali informazioni (ambientali e operative) che dovrebbero essere acquisite per una migliore applicazione e verifica degli studi modellistici e per arricchire la disponibilità di dati di campo in vista di progetti futuri.



CAPITOLO 4 - Valutazione del rischio ambientale delle operazioni di rimobilizzazione/risospensione dei sedimenti portuali

4.1 Confronto tra tecniche classiche di biomonitoraggio e tecniche innovative di campionamento passivo

A cura dell'Università di Cagliari e di ISPRA

Tra i diversi approcci per valutare il potenziale rischio ambientale associato alla rimobilizzazione/risospensione dei sedimenti portuali, quello più comune è l'utilizzo di bioindicatori e in particolare di mitili. Il bioaccumulo di contaminanti organici e inorganici (e nella fattispecie metalli, idrocarburi policiclici aromatici e policlorobifenili) da parte di questi organismi fornisce informazioni biologicamente rilevanti. Tuttavia, l'interpretazione dei risultati rivela difficoltà legate ai numerosi fattori biotici (ad esempio lo stato riproduttivo) e abiotici (come i livelli di ossigeno disciolto o la salinità) che possono influenzare il bioaccumulo.

I principali requisiti per una corretta applicazione della metodologia del bioaccumulo tramite il trapianto di mitili sono l'utilizzo di organismi che provengano da aree relativamente incontaminate, la definizione di un adeguato tempo di esposizione degli organismi nel mezzo acquoso, l'esposizione degli organismi in periodi di non elevata attività riproduttiva, in modo da raggiungere concentrazioni più elevate dei contaminanti nei tessuti e ridurre l'effetto dei parametri biologici sulle concentrazioni misurate (evitare la diluizione dei contaminanti per aumento dei lipidi nel tessuto gonadico).

Diversamente dai mitili, che accumulano contaminanti dall'acqua e dal particolato, i campionatori passivi sono in grado di pre-concentrare *in situ* solo sostanze presenti in forma disciolta. L'accumulo non è influenzato da parametri biotici o abiotici e gli estratti contengono meno interferenze della matrice rispetto a quelli del biota. Inoltre, vengono misurati facilmente inquinanti normalmente presenti nell'acqua di mare in concentrazioni spesso sotto i limiti di rivelabilità delle metodiche analitiche, si riducono la frequenza di campionamento e i costi delle analisi. Il campionamento passivo può essere applicato in quasi tutti gli ambienti acquosi, anche quando le condizioni ambientali non sono ideali (ad es. livelli bassi di ossigeno), come spesso accade nelle aree portuali. Dall'analisi della massa dell'inquinante accumulata è possibile ricavare la concentrazione media nel tempo di esposizione.

In Italia, l'utilizzo del campionamento passivo, associato a misure di bioaccumulo in organismi indicatori rappresentativi del comparto sedimenti e/o della colonna d'acqua, è stato introdotto a livello normativo con l'Allegato Tecnico al DM 173/2016 nel monitoraggio delle attività di movimentazione del sedimento, dal dragaggio alle diverse gestioni in ambito marino costiero, quali le attività di ripascimento.

Nel progetto SEDRIPORT si è deciso di integrare le informazioni ottenute dai mitili trapiantati nei siti pilota con quelle del campionamento passivo, per ottenere una valutazione integrata del rischio ambientale associato alle operazioni di rimobilizzazione/risospensione dei sedimenti all'interno dei porti studiati. A questo fine in due dei siti pilota, La Spezia e Olbia, i campionatori passivi e i mitili sono stati collocati in parallelo in 3 stazioni soggette a pressioni diverse. Le campagne di campionamento sono state effettuate in due periodi dell'anno, per confrontare periodi di alto e basso traffico marittimo.

Il campionamento passivo ha espresso una misura della concentrazione meno legata a



interferenze biotiche o abiotiche che potrebbe essere usata operativamente per definire livelli di contaminazione, confrontare siti a differente esposizione e valutare nel tempo l'andamento dell'inquinamento. Il biomonitoraggio ha fornito invece informazioni più esaustive sulla presenza di contaminanti nell'acqua (in soluzione e nel particolato), seppur condizionate dalle strategie di campionamento. In aggiunta, gli estratti dei campionatori passivi sono stati sottoposti a saggi di tossicità, dando informazioni sugli effetti biologici dovuti ai livelli di inquinanti ambientali che forniscono risposte ecotossicologiche significative, contribuendo ad un approfondimento sulla valutazione del rischio.

Il campionamento passivo e l'utilizzo dei mitili hanno prodotto, come prevedibile, risultati diversi ma complementari, permettendo di ottenere un quadro completo della distribuzione dei contaminanti in ciascuna delle aree di studio e della loro biodisponibilità. È stato dunque dimostrato che le informazioni ottenute con entrambe le tecniche possono essere integrate, consentendo di ottenere informazioni diverse e complementari sull'effetto della rimobilizzazione/risospensione dei sedimenti nella qualità dell'acqua nelle aree portuali.



4.2 Prove di elutriazione del campione con diversi rapporti acqua sedimento

A cura di ISPRA

I sedimenti marini sono il deposito finale di una vasta gamma di inquinanti (idrocarburi, pesticidi, POP, contaminanti emergenti ecc.) rilasciati nelle acque marine dalle attività antropiche presenti sul territorio (Zhou et al., 2001; Breivik et al., 2002; Litskas et al., 2012) e possono rimanere intrappolati in questa matrice per lunghi periodi (Ruiz-Fernández et al., 2012) e/o essere trasferiti lungo la catena alimentare, influenzando il biota marino e, in ultima analisi, la salute umana (Borgå et al., 2001).

Nella valutazione della qualità ambientale di aree portuali, l'integrazione di analisi chimiche ed ecotossicologiche, condotte sui sedimenti, è una attività eseguita routinariamente (Chapman 2000). Le analisi chimiche permettono di identificare e quantificare il tipo e la sorgente del contaminante, senza però rilevarne la biodisponibilità, le conseguenze sugli organismi viventi e gli eventuali effetti sinergici e/o antagonisti di miscele d'inquinanti. Nella valutazione della tossicità di un sedimento e dei contaminanti ad esso legati, sono generalmente prese in considerazione le seguenti matrici: sedimento tal quale, acqua interstiziale ed elutriato. Se da un lato il sedimento tal quale, rappresenta lo scenario più reale di esposizione, dall'altro, l'esecuzione di saggi biologici su sedimento tal quale, può richiedere un investimento considerevole di risorse umane, materiale e tempo. L'acqua interstiziale, costituisce una via di esposizione diretta per molte specie, tuttavia, per alcune tipologie di sedimento (campioni prevalentemente sabbiosi), non è possibile estrarne un quantitativo sufficiente per l'allestimento dei saggi biologici. Inoltre, la metodologia di estrazione, può portare ad alterazioni chimico fisiche (pH e potenziale redox in primis) della matrice stessa, che possono influire sulla reale biodisponibilità dei contaminanti eventualmente presenti. L'elutriato, a differenza del sedimento tal quale e dell'acqua interstiziale, è la matrice più facilmente utilizzabile e trova una larga applicazione in numerosi saggi biologici che impiegano specie appartenenti a livelli trofici differenti. I test con elutriati simulano gli effetti dell'esposizione degli organismi bioindicatori al sedimento risospeso, e hanno come scopo, quello di fornire indicazioni riguardo il rilascio di contaminanti nella colonna d'acqua, a seguito dello sversamento in mare di sedimenti, refluiti degli stessi in ambienti conterminati (vasche di colmata (CDF)) e la risospensione di sedimenti in aree sottoposte a dragaggio.

Nella preparazione degli elutriati la metodica comunemente utilizzata fa riferimento al protocollo ASTM E1391 (1990), il quale prevede la miscelazione di una parte di sedimento e quattro volumi di acqua. Tuttavia, sotto la spinta di una serie di programmi di ricerca inerenti le attività di dragaggio e la gestione dei materiali dragati, nel rispetto delle indicazioni fornite dalla Marine Protection Research and Sanctuaries Act (Ocean Dumping Act) e la Clean Water Act del 1972 (CWA), l'U.S. Army Corp of Engineers (USACE) ha sviluppato numerosi protocolli di preparazione degli elutriati, che prevedono l'impiego di differenti rapporti tra acqua e sedimento, al fine di simulare al meglio le condizioni ambientali che si verificano durante le differenti attività di movimentazione dei sedimenti.

A livello internazionale non esiste una metodica universalmente riconosciuta ed accettata nella preparazione degli elutriati. A riguardo, la letteratura scientifica, ha prodotto in questi anni numerosi articoli (Novelli *et al.*, 2006; Haring *et al.*, 2010; Vicinie *et al.*, 2011; Haring *et al.*, 2012) e persino in Italia, il DM 173/2016, recante le modalità e i criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini, non fornisce alcuna indicazione in merito alla metodica da utilizzare nella preparazione degli elutriati, indicando un generico rapporto acqua/sedimento per la preparazione degli stessi



di 1:4 (p/v).

Le diverse metodiche di preparazione degli elutriati possono condurre a risultati e ad opzioni di gestione differenti dei sedimenti analizzati; per questo, all'interno del progetto Interreg SEDRI PORT, e nell'ambito della valutazione degli effetti ecotossicologici legati alla risospensione dei sedimenti, sono stati testati, mediante il saggio di sviluppo embrionale con il riccio di mare *P. lividus*, gli elutriati dei sedimenti prelevati all'interno dei porti di Olbia, Cagliari, La Spezia e Tolone, preparati sia in accordo con il protocollo ASTM, sia sulla base di quanto riportato nel protocollo per il *dredging elutriate test*, sviluppato da USACE (Di Giano et al., 1995), per valutare in grado dei contaminanti rilasciati dal sedimento nella colonna d'acqua nell'area di dragaggio.

Oltre all'indagine ecotossicologica, per ogni campione di sedimento è stata determinata la concentrazione di metalli pesanti, il contenuto di sostanza organica ed effettuata l'analisi granulometrica.

L'obiettivo del presente studio è stato quello di valutare sia se la tossicità riscontrata in elutriati preparati secondo la metodica ASTM è paragonabile a quella ottenuta sulla base del protocollo USACE, sia gli effetti di 3 diversi tempi di agitazione della miscela acqua/sedimento (1h, 3h e 24h).

I sedimenti di Tolone e Cagliari sono caratterizzati da una granulometria fine fortemente correlata con la presenza di elevate concentrazioni di Cu, Pb, e Zn. La contaminazione dei sedimenti dei porti di Olbia e Spezia è risultata estremamente bassa.

I risultati del saggio di embriotossicità hanno evidenziato criticità differenti a seconda del protocollo di preparazione degli elutriati impiegato (ASTM o USACE). Per i porti di Tolone e La Spezia, i risultati ottenuti, seppur comparabili tra loro, hanno evidenziato alcune differenze. La stazione *Suffren* (Tolone), ha rivelato una maggiore tossicità negli elutriati preparati secondo il protocollo USACE, mentre la stazione *MF4* (La Spezia), ha mostrato una maggiore criticità per gli elutriati preparati con il protocollo ASTM. Per il porto di Olbia, in linea generale, gli elutriati preparati secondo la metodica USACE, hanno mostrato una tossicità più elevata rispetto ai saggi condotti sugli elutriati ASTM, al contrario, per il porto di Cagliari, la tossicità è risultata maggiore per i test condotti sugli elutriati preparati con il protocollo ASTM.

Considerate la differente tossicità riscontrata in elutriati preparati con i protocolli ASTM o USACE, è stato preso in esame una ulteriore variabile: il tempo di agitazione della miscela acqua/sedimento. Sulla base di quanto già riportato, dal gruppo di lavoro del MIO dell'università di Tolone, sulla diversa cinetica dei contaminanti metallici in sospensione, gli elutriati dei sedimenti prelevati nei porti indagati, sono stati preparati elutriati aumentando il tempo di agitazione della miscela acqua/ sedimento a 3 e 24h.

In linea generale, i risultati del saggio di sviluppo embrionale con *P. lividus*, hanno evidenziato un aumento della tossicità correlata con l'aumento del tempo di miscelazione tra acqua e sedimento nella preparazione degli elutriati, sia per il protocollo ASTM, sia per quello USACE. È lecito ipotizzare a riguardo, una maggiore capacità di estrazione di composti idrofili, nella fase acquosa, all'aumentare del tempo di contatto tra acqua e sedimento. Il variare della tossicità in funzione del tempo può essere legata alla differente cinetica dei metalli in traccia che migrano dal sedimento alla fase acquosa (Dang et al., 2020), o con i sinergismi che si possono instaurare tra alcuni metalli pesanti (quali Hg, Pb e Cu), i cui effetti si manifestano sullo sviluppo larvale di *P. lividus* come riportato da Fernandez and Beiras (2001).

La discordanza dei risultati ottenuti con i due protocolli di preparazione degli elutriati può



essere legata alle differenti condizioni chimico fisiche che si possono instaurare durante la preparazione degli elutriati. L'areazione della miscela acqua sedimento, prevista dalla metodica USACE, e volta a creare un ambiente ossidante nel surnatante durante la fase sedimentazione degli elutriati, può influenzare la mobilità dei metalli, specie se presenti nel sedimento sotto forma di solfuri che, diventano altamente instabili e quindi solubili in ambienti ossidanti (Moore et al., 1990). Inoltre sulla base dei risultati ottenuti nel seguente studio, sedimenti con una percentuale di limo superiore all'80%, hanno evidenziato una maggiore tossicità con elutriati preparati sulla base del protocollo ASTM, mentre, nei campioni prevalentemente sabbiosi, il protocollo che ha evidenziato le maggiori criticità è stato il protocollo USACE.

La variazione della tossicità in funzione del tempo può essere correlata alla diversa cinetica dei metalli in tracce che migrano dai sedimenti alla fase acquosa durante la preparazione di elutriati (Dang *et al.*, 2020), o con sinergismi che si possono instaurare tra metalli pesanti (come Hg, Pb e Cu), i cui effetti si manifestano sullo sviluppo larvale di *P. lividus* come riportato da Fernandez e Beiras (2001). Un'errata classificazione ecotossicologica dei sedimenti a causa di procedure metodologiche inappropriate può rappresentare un potenziale pericolo per l'ambiente marino pertanto, per evitare differenti interpretazioni dei risultati ottenuti nella valutazione della qualità ecotossicologica di sedimenti marini sottoposti a movimentazione, è necessario in futuro arrivare ad una uniformazione e standardizzazione delle metodiche di preparazione delle matrici da analizzare, non solo per rendere confrontabili tra di loro i risultati ottenuti da aree diverse e in tempi diversi, ma soprattutto per una migliore gestione dei sedimenti che non vada a pregiudicare la qualità dell'ambiente marino, laddove siano presenti ecosistemi di particolare pregio e valore naturalistico e attività produttive, quali gli impianti di acquacultura, il cui danneggiamento può rappresentare un rischio per la salute umana.

Bibliografia

- ASTM, American Society for Testing and Material, 1990. Standard guide for collection, storage, characterisation and manipulation of sediments for toxicological testing. E1390-E1391.
- Borgå, K., Gabrielsen, G.W., Skaare, J.U., 2001. Biomagnification of organochlorines along a Barents Sea food chain. *Environ. Pollut.* 113, 187-198.
- Breivik, K., Sweetman, A., Pacyna, J.M., Jones, K.C., 2002. Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners — a mass balance approach: 2. Emissions. *Sci. Total Environ.* 290, 296-307.
- Carr, R.S., Chapman, D.C., 1995. Comparison of methods for conducting marine and estuarine sediment porewater toxicity test - extraction, storage, and handling techniques. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 28, 69-77.
- Chapman, P.M., 2000. The Sediment Quality Triad (SQT) - then, now and tomorrow. *Int. J. Environ. Pollut.* 13, 351-356.
- Dang, D.H., Layglon, N., Ferretto, N., Mullot, J.-U., Lenoble, V., Mounier, S., Garnier, C., 2020. Kinetic processes of copper and lead remobilization during sediment resuspension of marine polluted sediments. *Sci. Total Environ.* 698, 134120. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134120>
- Di Giano, F. A., Miller, C. T., Yoon, J., 1995. Dredging elutriate test (DRET) development. Contract Report D-95-1, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.



Fernández, N., Beiras, R., 2001. Combined toxicity of dissolved mercury with copper, lead and cadmium on embryogenesis and early larval growth of the *Paracentrotus lividus* sea-urchin. *Ecotoxicology* 10, 263-271.

Haring H.J., Smith, M.E., Lazorchak, J.M., Crocker, P.A., Euresti, A., Blocksom, K., Wratschko, M.C., Schaub, M.C., 2012. An interlaboratory comparison of sediment elutriate preparation and toxicity test methods. *Environ. Monit. Assess.* 184, 7343-7351. DOI 10.1007/s10661-011-2503-y

Haring, H.J., Smith, M.E., Lazorchak, J.M., Crocker, P.A., Euresti, A., Wratschko, M.C., Schaub, M.C., 2010. Comparison of bulk sediment and sediment elutriate toxicity testing methods. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58, 676-683.

Huerta Díaz, M.A., 2006. Geochemistry of sediments. In: Iron Sulphides. <http://www.ens.uabc.mx/iio/persogeo.htm> (online course): Chapter 06.

Italian Ministerial Decree 173/2016, Regulation containing technical procedures and criteria for the authorization of seabed excavation material and sea (in Italian), Italian Office Journal No. 208/2016.

Litskas, V.D., Dosis, I.G., Karamanlis, X.N., Kamarianos, A.P., 2012. Occurrence of priority organic pollutants in Strymon river catchment, Greece: inland, transitional, and coastal waters. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 19, 3556-3567.

Monnin, L., Ciffroy, P., Garnier, J.M., Ambrosi, J.P., Radakovitch, O., 2018. Remobilization of trace metals during laboratory resuspension of contaminated sediments from a dam reservoir. *J. Soils Sediments* 18, 2596-2613. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1931-5>.

Moore, T.J., Hartwig, R.C., Loeppert, R.H., 1990. Steady-state procedure for determining the effective particle-size distribution of soil carbonates. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54, 55-59.

Novelli, A.A., Losso, C., Libralato, G., Tagliapietra, D., Pantani, C., Ghirardini, A.V., 2006. Is the 1:4 elutriation ratio reliable? Ecotoxicological comparison of four different sediment: water proportions. *Ecotox. Environ. Safe.* 65(3), 306-313.

Ruiz-Fernández, A.C., Sprovieri, M., Piazza, R., Frignani, M., Sanchez-Cabeza, J.-A., Feo, M.L., Bellucci, L.G., Vecchiato, M., Pérez-Bernal, L.H., Páez-Osuna, F., 2012. 210Pb-derived history of PAH and PCB accumulation in sediments of a tropical inner lagoon (Las Matas, Gulf of Mexico) near a major oil refinery. *Geochim. Cosmochim. Acta* 82, 136-153.

Sahu, S.K., Ajmal, P.Y., Pandit, G.G., Puranik, V.D., 2009. Vertical distribution of polychlorinated biphenyl congeners in sediment core from Thane Creek area of Mumbai, India. *J. Hazard. Mater.* 164, 1573-1579.

Vicinie, A., Palermo, M., Matko, L., 2011. A review of the various elutriate tests and refinements of these methodologies. Proceedings of the Western Dredging Association (WEDA XXXI) Technical Conference and Texas A&M University (TAMU 41) Dredging Seminar, Nashville, Tennessee, June 5-8, 2011.

Zhou, J.L., Maskaoui, K., Qiu, Y.W., Hong, H.S., Wang, Z.D., 2001. Polychlorinated biphenyl congeners and organochlorine insecticides in the water column and sediments of Daya Bay, China. *Environ. Pollut.* 113, 373-384.



4.3 Mobilità di contaminanti metallici e cambiamenti nelle comunità microbiche planctoniche, derivanti dalla risospensione di sedimenti in aree marine costiere altamente antropizzate

A cura dell'Università di Tolone

Microrganismi marini: importanza ecologica e indicatori di disturbo

Sebbene invisibili ad occhio nudo, i microrganismi rappresentano la "maggioranza invisibile" degli esseri viventi. A titolo di esempio, in un ambiente marino dove sono presenti tra 10^5 e 10^6 batteri per millilitro d'acqua, la biomassa di questi batteri rappresenterebbe più del 95% della biomassa totale. I microrganismi svolgono una serie di funzioni specifiche. Pertanto, il funzionamento naturale degli ecosistemi è in gran parte basato su questo mondo invisibile. Inoltre, dato il loro breve tempo di generazione (da diversi minuti a diversi giorni a seconda della specie), le comunità microbiche reagiscono molto rapidamente ad un minimo cambiamento nel loro ambiente, che questo sia naturale o causato dall'uomo. Infine, le caratteristiche metaboliche di alcune specie specifiche consentono loro di svilupparsi in condizioni molto particolari, dotandoli grazie a ciò di un potenziale come indicatori dello stato ecologico dell'ambiente.

Così, lo studio delle dinamiche di abbondanza e diversità microbica svolta con strumenti di analisi ad alta frequenza e/o ad alta risoluzione, accoppiato con una descrizione dettagliata delle perturbazioni dell'ambiente indotte dalle attività umane, rappresenta una linea di ricerca pertinente. Questa permetterà di valutare meglio e, in definitiva, gestire meglio l'impatto ecologico dello sviluppo dei porti sull'ambiente marino.

46

Osservazioni realizzate durante un'operazione di dragaggio nel porto di Tolone

Nell'ambito della sistemazione della base navale di Tolone, è stata eseguita un'operazione di dragaggio. In considerazione di un alto rischio pirotecnico, l'operazione si è basata su un'aspirazione di sedimenti assistita da sub. I sedimenti, presentando un alto livello di contaminazione, sono stati depositati provvisoriamente in mare, all'interno di un geotessile semipermeabile in grado di trattenere le particelle dei sedimenti, prima di essere smaltiti poi a terra.

Da un punto di vista chimico, le misure effettuate hanno mostrato una contaminazione dell'acqua da particelle contenenti rame (Cu) e piombo (Pb) limitata al sito di deposito dei sedimenti (Figura 1), all'interno del geotessile. Ciò dimostra l'efficacia combinata del metodo di aspirazione dei sedimenti (poche risospensioni nel sito di dragaggio) e dell'utilizzo del geotessile semipermeabile (trattiene bene le particelle nel sito di deposito dei sedimenti). Tuttavia, nonostante queste precauzioni, un aumento significativo della contaminazione da piombo disciolto e labile è stato rilevato fino a diversi chilometri dalla zona dragata durante il periodo dragaggio (Figura 1). Questa osservazione mostra un nuovo rischio potenziale associato a questo tipo di attività di gestione dei sedimenti portuali contro il quale le misure di protezione dell'ambiente comunemente usate si dimostrano inefficaci.

Durante questa operazione di dragaggio, sono state rilevate due risposte microbiche. È stato rilevato un aumento dell'abbondanza dei procarioti eterotrofi (batteri) planctonici fino a diversi chilometri dalla zona dragata durante il periodo di dragaggio (Figura 1). Ciò suggerisce una contaminazione della colonna d'acqua da parte di materiale organico disciolto utilizzato dai batteri per la loro crescita e la sua distribuzione a lunga distanza.

Inoltre è stata osservata una struttura singolare della comunità fitoplanctonica nella zona di deposito dei sedimenti, ma non all'esterno (Figura 9). Questa differenza dimostra una certa efficacia del geotessile semipermeabile nel limitare l'impatto della risospensione di sedimenti sul fitoplancton. Rispetto alle variazioni spaziali di struttura che solitamente si trovano nel porto di Tolone, questa differenza ha anche permesso di formulare l'ipotesi di un'influenza a lungo termine della risospensione dei sedimenti da attività portuali più tradizionali in tutta la parte settentrionale dal piccolo porto di Tolone.

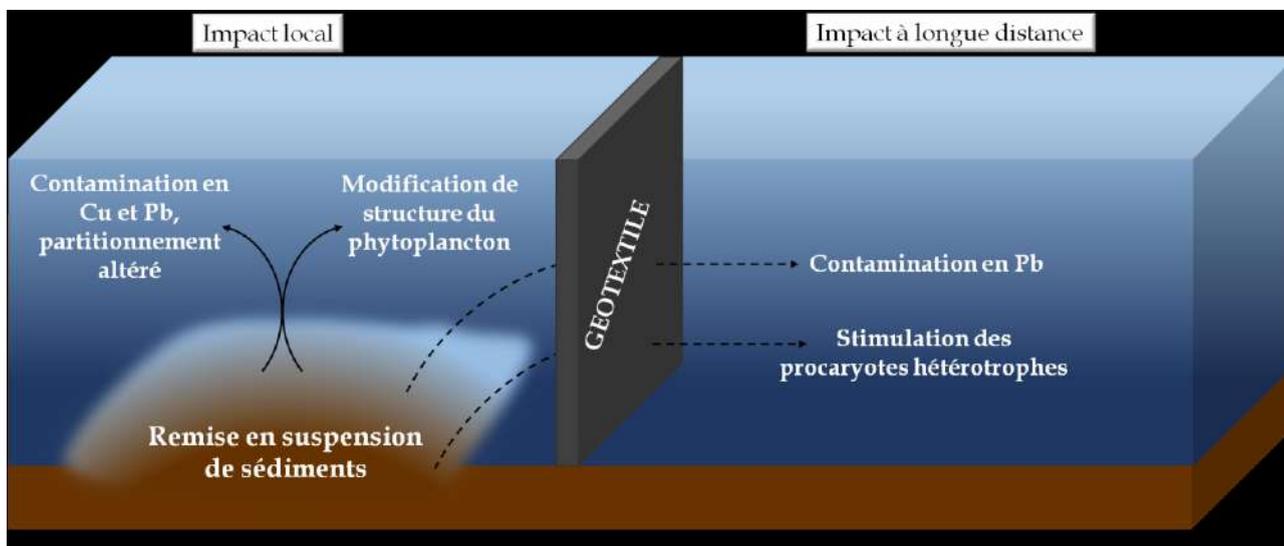


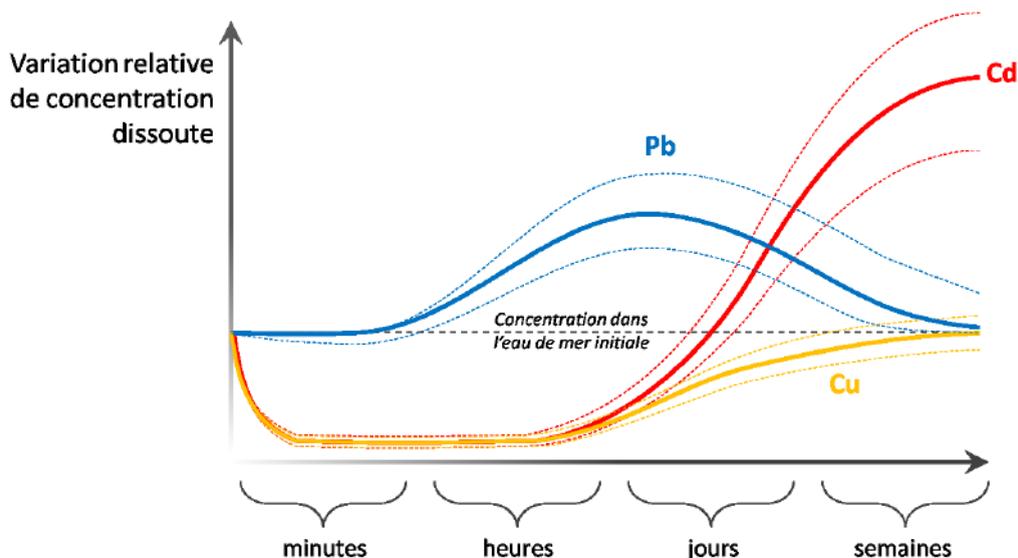
Figura 9 - Rappresentazione schematica degli impatti ecologici osservati durante il dragaggio (modificato da fonte Layglon et al., Marine Pollution Bulletin, 2020)

Studi sperimentali dell'impatto ecologico della risospensione di sedimenti portuali

Per poter esaminare più specificamente i fattori di controllo dei trasferimenti di contaminanti metallici e delle dinamiche microbiche durante la risospensione dei sedimenti portuali, sono state eseguite in laboratorio alcune simulazioni sperimentali. Il vincolo principale consisteva nel lavorare in condizioni di "campionamento" non cambiando le concentrazioni di metalli, pur mantenendo i sedimenti in condizioni di anossia per ogni esperimento.

La ripetizione di questi esperimenti con campioni dei porti pilota di La Spezia, Olbia e Tolone ha permesso di identificare dei trasferimenti di contaminanti metallici standard ma anche di evidenziare delle variazioni ancora poco chiare. Pertanto, qualunque sia il porto e le caratteristiche dell'acqua e dei sedimenti (compreso il loro livello di contaminazione da metalli), Cadmio (Cd), Cu e Pb mostrano un comportamento costituito principalmente da due fasi principali. Cd e Cu sono trasferiti dall'acqua alle particelle nei primi minuti di risospensione. Questi due elementi si liberano poi gradualmente dalle particelle e ritornano alla fase disciolta dopo poche ore e fino ad alcuni giorni dopo. Se Cu tende a recuperare una concentrazione disciolta vicina o leggermente superiore a quella dell'acqua di mare iniziale dopo due settimane, Cd raggiunge concentrazioni disciolte notevolmente superiori a quella dell'acqua di mare iniziale (Figura 10). Per quanto riguarda il Pb, il suo comportamento è invertito rispetto ai due metalli precedenti: subisce un trasferimento significativo di particelle verso la fase disciolta nelle prime ore di

miscelazione, quindi viene nuovamente trasferito dal disciolto alle particelle dopo diverse giorni. Il ritorno della concentrazione di Pb disciolto al livello iniziale è tanto più tardivo quanto i sedimenti di partenza risultavano contaminati (Figura 2). Al di là di queste tendenze generali, sono state osservate variazioni secondarie (ampiezza, velocità di trasferimento) a seconda dei campioni che devono ancora essere spiegate. Questi risultati dimostrano la necessità di considerare contemporaneamente le caratteristiche iniziali dell'acqua e dei sedimenti, il contesto locale (elementi metallici presenti in concentrazioni elevate) ed i parametri della risospensione (durata, rapporto acqua/sedimenti) per valutare appieno il suo rischio chimico.



48

Figura 10 - Rappresentazione schematica dei trasferimenti di contaminanti metallici che si verificano durante la risospensione dei sedimenti in funzione del tempo. Le linee continue rappresentano i modelli generali di concentrazione disciolta per Cd (rosso), Cu (giallo) e Pb (blu). Le linee tratteggiate mostrano la variabilità osservata tra i siti.

Sebbene l'analisi delle risposte microbiche secondo lo stesso protocollo sperimentale non si sia potuta ottenere che per i campioni di Olbia, essa ha evidenziato delle dinamiche a priori indipendenti da quelle studiate per i tre metalli. Tali dinamiche sono costituite da un minor numero di gruppi anaerobici provenienti dal sedimento durante i primi giorni a favore del significativo sviluppo di gruppi opportunistici aerobici, favoriti dall'abbondanza di materia organica apportata dai sedimenti. Diversi gruppi dominanti si susseguono fino a un graduale ritorno ad una struttura comunitaria simile a quella di partenza. L'importanza e la durata dello sviluppo di microrganismi opportunistici aumenta con la quantità di sedimenti in risospensione e ritarda di conseguenza la resilienza (Figura 11). Lo sviluppo di organismi opportunistici causa delle potenziali patologie agli animali marini, evidenziando il rischio legato alla forte risospensione di sedimenti portuali per l'acquacoltura e la salute dell'ecosistema. Infine, batteri parassiti predatori di eucarioti si sviluppano ugualmente, tanto più aumenta la quantità di sedimenti, dimostrando il trasferimento di carbonio rimobilizzato trofico planctonico e il contributo della risospensione all'eutrofizzazione in zona portuale.

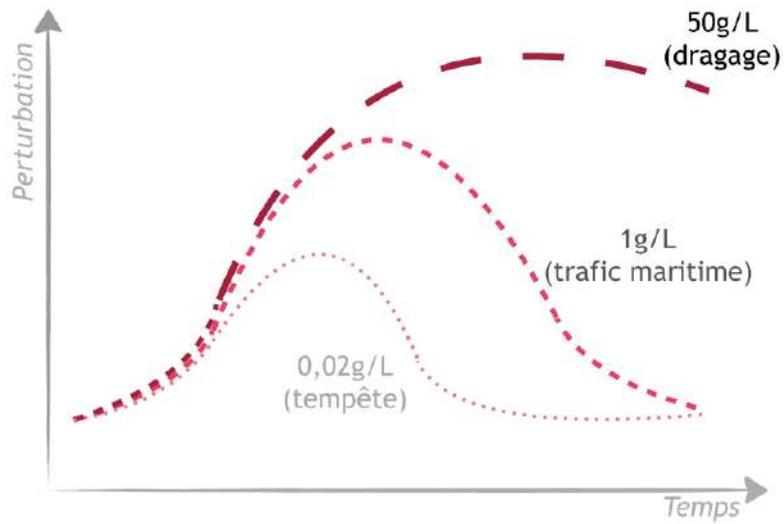


Figura 11 - Modello di risposta delle comunità microbiche alla risospensione di sedimenti in funzione di diversi rapporti, che rappresentano diversi scenari.





II^a PARTE **Piano d'Azione congiunto**





PROGETTO	SE.D.RI.PORT
ATTIVITÀ	<p>Predisposizione di un Manuale a supporto dell'applicazione dei criteri esistenti in letteratura ed adottabili nei diversi contesti portuali transfrontalieri per la corretta impostazione degli studi modellistici per l'analisi dei potenziali effetti ambientali generati dai sedimenti risospesi (e ri-deposti) durante operazioni di dragaggio, come raccomandato da diversi studi internazionali.</p>
SINTESI DELL'ATTIVITÀ	<p>Nel Manuale vengono fornite indicazioni operative sulle modalità di implementazione dei modelli matematici e sulle necessarie interazioni con i dati di monitoraggio ambientale, a supporto della gestione di interventi di dragaggio in bacini semichiusi e ambiti portuali. Si dettaglia l'applicazione dell'Approccio Modellistico Integrato (AMI) già proposto nelle LL.GG. ISPRA "La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere" (Lisi et al., 2017). Nel Manuale sono definite tecniche di analisi e sintesi dei risultati per agevolare l'individuazione delle aree maggiormente interessate dalle variazioni, nello spazio e nel tempo, di concentrazione di solidi sospesi (SSC) e deposizione al fondo (DEP).</p> <p>Si propone l'utilizzo di Schede Informative di Progetto (SIP), contenenti le principali informazioni (ambientali e operative) che dovrebbero essere acquisite per una migliore applicazione e verifica degli studi modellistici e per arricchire la disponibilità di dati di campo per progetti futuri.</p>
ASPETTI INNOVATIVI	<p>Il Manuale si propone di fornire indicazioni operative per l'utilizzo dei modelli matematici come strumento di supporto per le diverse fasi di progettazione delle operazioni di movimentazione, la valutazione di alternative di progetto (ad esempio nella scelta della tecnologia di dragaggio, nell'individuazione delle migliori finestre temporali, etc.), nonché per la pianificazione delle attività di monitoraggio, consentendo l'ottimizzazione delle risorse necessarie a garantire un accurato controllo dei potenziali effetti sull'ambiente. Il documento deriva dall'esigenza di colmare la mancanza di metodologie condivise, in ambito nazionale e internazionale, per l'analisi e il confronto dei potenziali effetti ambientali generati da operazioni di movimentazione di sedimenti in diversi ambiti marino-costieri e la definizione di approcci standardizzati per l'impostazione e l'implementazione degli studi modellistici (es. definizione del termine sorgente, scelta e durata degli scenari di modellazione, interazioni con il monitoraggio).</p>



Uno degli aspetti innovativi è la proposta di strumenti concreti volti alla standardizzazione delle misure e del flusso delle informazioni attraverso l'utilizzo di protocolli/approcci standardizzati per l'esecuzione delle misure e la compilazione dei database. In particolare, al fine di omogeneizzare e massimizzare l'utilità dei dati acquisiti, viene proposta la compilazione di una scheda informativa (SIP).

Il Manuale può essere funzionale alle Autorità Portuali, ai progettisti ed agli enti preposti al controllo nelle diverse fasi di progettazione di interventi che richiedono operazioni di dragaggio dei fondali portuali. Esso definisce i criteri di implementazione dei modelli matematici, mediante approcci standardizzati, per l'analisi preventiva dei possibili effetti ambientali indotti dai dragaggi portuali in diversi ambiti transfrontalieri. In particolare, esso si propone come Manuale applicativo delle Linee Guida ISPRA "La modellistica matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere" (Lisi et al., 2017), agevolandone l'utilizzo anche in ambito transfrontaliero. Nello specifico, la metodologia proposta può essere di supporto alla scelta delle più idonee modalità operative (es. tipologia e velocità del ciclo di dragaggio e finestre temporali) ed alla pianificazione di sistemi di monitoraggio mirati (in termini di posizionamento, numerosità e frequenza dei campionamenti) in funzione degli effetti ambientali attesi, Per tale motivo il Manuale, coerentemente con gli obiettivi di protezione ambientale contenuti nelle recenti buone pratiche nazionali ed internazionali, può essere considerato uno strumento applicativo di ausilio, sia alla verifica della compatibilità ambientale degli interventi, sia alla massimizzazione dell'efficacia e all'ottimizzare dei costi delle misure di controllo nelle diverse fasi di progettazione (*ante operam*, in corso d'opera e *post operam*).

AMBITI DI APPLICAZIONE



PROGETTO ATTIVITÀ

SE.D.RI.PORT

Valigia strumentale SE.D.RI.PORT

Lo strumento innovativo per il monitoraggio regolare della batimetria di un porto (e soprattutto da personale portuale non specializzato).

In questo modo è possibile raccogliere dati sulla cartografia e l'evoluzione dei fondali marini e consentire il monitoraggio dell'ecosistema marino, dell'erosione costiera e della biodiversità.

SINTESI DELL'ATTIVITÀ

Possibili sviluppi futuri:

- Integrazione su un drone di superficie
- Calibrazione su diverse zone con diverse nature di fondale
- Miglioramento del trattamento in automatico e della piattaforma
- Componente aggiuntivo RTK SIM radio.
- Estremamente facile da usare
- L'apparecchiatura (gps/ecoscandaglio) performante e miniaturizzata, consente di ottenere misure centimetriche.
- I parametri complessi relativi all'acquisizione sono semplificati per offrire un sistema plug-and-play ma garantendo comunque dati affidabili e precisi.
- Rapidamente utilizzabile
- Piccolo ingombro
- Basso consumo energetico
- Può essere utilizzato su qualsiasi corpo idrico (mare, acqua dolce costiera, fiumi, ecc.)
- L'applicazione di navigazione disponibile su Android/iOS è divertente e visualizza la profondità in tempo reale su una griglia permettendo di attraversare i luoghi da misurare.
- È sufficiente passare attraverso tutte le caselle colorate in base alla profondità per eseguire il rilievo previsto.
- La mappa è costruita in tempo reale e permette di assicurarsi della qualità del lavoro.
- Soluzione adattabile a diversi tipi di imbarcazioni grazie al sistema di fissaggio in dotazione
- Recupero ed elaborazione dati da remoto
- - Indice della classe di fondale (firma acustica diversa a seconda del tipo di fondale).

ASPETTI INNOVATIVI

Esempi di utilizzo:

AREE DI APPLICAZIONE

- Monitoraggio dell'insabbiamento dei porti
- Monitoraggio dell'evoluzione delle praterie di Posidonia
- Sicurezza della navigazione



Evolutioni proposte e possibili applicazioni future:
cartografia, evoluzione dei fondali marini, delle risorse ittiche,
temperatura degli oceani.



PROGETTO

SE.D.RI.PORT

ATTIVITÀ

Utilizzo di **campionatori passivi** (“passive samplers”, PS) nel monitoraggio dei contaminanti chimici rilasciati nella colonna d’acqua durante le attività di dragaggio o per risospensione (ad esempio con la movimentazione navale) dei sedimenti.

SINTESI DELL’ATTIVITÀ

Gli inquinanti possono essere trasportati dalle correnti anche a notevoli distanze e rappresentare un rischio per gli ecosistemi acquatici e la salute pubblica a causa del loro trasferimento nelle catene alimentari. I PS accumulano gli inquinanti in situ, permettendo di misurare in laboratorio dopo la loro estrazione concentrazioni bassissime e riducendo notevolmente i costi del campionamento. Il loro utilizzo migliora sensibilmente i processi di valutazione del rischio. Per le loro peculiarità i PS potrebbero essere utilizzati in alternativa (o come complemento) ai molluschi bivalvi nella valutazione del grado di contaminazione dell’area di dragaggio, prima e dopo le operazioni di rimozione dei sedimenti.

ASPETTI INNOVATIVI

A tutt’oggi la valutazione della contaminazione dell’acqua nei porti è legata alla raccolta di campioni puntuali (“spot sampling”) e all’utilizzo di molluschi bivalvi. Entrambe queste procedure non sono prive di criticità. Nel primo caso, se i contaminanti sono in tracce, lo “spot sampling” può richiedere il prelievo di grandi volumi di acqua, mentre l’analisi fornisce solo un’istantanea dei livelli di contaminanti al momento della raccolta. Per quanto riguarda i molluschi, essi forniscono un valore “integrato” nel tempo e una misura della “biodisponibilità”, ma i risultati sono fortemente condizionati dai fattori biotici e abiotici che influenzano l’accumulo dei contaminanti, mentre la loro analisi chimica è complessa e soggetta ad errori significativi.

Al contrario i DGT permettono 1) di raggiungere bassi limiti di rilevazione grazie all’estrazione in situ degli analiti 2) come i mitili forniscono un valore “integrato” nel tempo e danno una misura della biodisponibilità, ma l’accumulo dei contaminanti non è condizionato da fattori biotici. SEDRI PORT ha dimostrato che il campionamento passivo è in grado di superare i limiti delle attuali procedure di monitoraggio. Sono stati utilizzati i DGT (Diffusive Gradients in Thin Films) per i metalli, il silicon rubber (SR per i composti organici non-polari (es. PCB; IPA) e i POCIS (Polar organic chemical integrative sampler) per quelli polari (es. pesticidi, residui di farmaci). Questo ha permesso di ottenere un’elevata risoluzione spaziale e temporale della distribuzione dei contaminanti nei diversi porti in studio (Tolone, La Spezia, Olbia e Cagliari) e



l'identificazione delle principali fonti di contaminazione per ogni porto, comprese quelle legate alla rimobilizzazione dei contaminanti dai sedimenti. Si propone quindi di promuovere l'utilizzo dei campionatori passivi per la valutazione del rischio ambientale associato alle attività dei porti e la loro integrazione nel processo decisionale per una gestione portuale sostenibile.

I campionatori passivi sono già inseriti nelle linee guida a livello nazionale in Italia (Allegato Tecnico al D.M. 173/2016) per il monitoraggio delle attività di escavo (i.e., la valutazione della rimobilizzazione dei contaminanti alla colonna d'acqua).

A livello europeo, diversi paesi stanno utilizzando i PS per soddisfare i requisiti delle legislazioni nazionali, in termini di gestione dei sedimenti e delle attività portuali, o stanno lavorando in questa direzione. Per esempio, le linee guida norvegesi riconoscono i PS come una tecnica valida per misurare i contaminanti "liberi" nel sedimento e che potrebbero potenzialmente essere rilasciati alla colonna d'acqua. Nel Regno Unito, i PS vengono utilizzati per valutare la rimobilizzazione dei contaminanti a seguito dello smaltimento dei materiali dragati nel mare. In Spagna, diversi gruppi stanno lavorando per l'inclusione di campionatori passivi per la gestione portuale (ad es. Progetti MODELTOX, PORTONOVO). Tuttavia, questa è la prima volta che i PS sono stati ripetutamente impiegati in diversi porti per monitorare le attività che influiscono sulla distribuzione dei contaminanti nella colonna d'acqua. SEDRI PORT fornisce dunque ulteriori informazioni per l'inclusione dei campionatori passivi nelle linee guida per la valutazione dei rischi associati alla risospensione dei sedimenti e al conseguente rilascio dei contaminanti nelle acque portuali.

AMBITI DI APPLICAZIONE



PROGETTO

SE.D.RI.PORT

ATTIVITÀ

Migliorare la valutazione dell'impatto sullo stato ecologico delle acque portuali dato dalla risospensione di sedimenti contaminati (**inquinamento da metalli, diversità microbica e processi associati**).

SINTESI DELL'ATTIVITÀ

Sebbene la gestione dei sedimenti portuali in mare sia soggetta a determinate restrizioni, queste si basano spesso su alcune caratteristiche dei sedimenti, senza una visione integrata dell'impatto ecologico della risospensione dei sedimenti. Allo stesso modo, se vengono proposte misure protettive per quanto riguarda le particelle risospese, è disponibile una conoscenza insufficiente del rischio associato al cambiamento di stato di queste particelle durante la risospensione.

Per valutare gli impatti della contaminazione dovuta ai metalli sulla colonna d'acqua e la diversità batterica, sono stati proposti sia il monitoraggio di un'operazione di dragaggio a lungo termine che degli esperimenti di laboratorio condotti utilizzando acqua e sedimenti provenienti da porti con pressioni antropiche importanti.

Diversi scenari di risospensione hanno consentito di coprire eventi di risospensione sia naturali che antropici. Il monitoraggio cinetico ad alta frequenza durante gli esperimenti ha consentito una migliore comprensione dei cambiamenti osservati sul campo.

Questi lavori potranno servire come base per l'adeguamento degli indicatori di disturbo ambientale da monitorare durante un'operazione di dragaggio, o anche per migliorare la normativa riguardante lo studio a priori delle caratteristiche del sito.

ASPETTI INNOVATIVI

Effettuare il monitoraggio sul campo sia nel periodo di pre che di post dragaggio, valutando l'impatto a diverse scale di distanza, da pochi metri a diversi chilometri.

È importante effettuare questo monitoraggio molto prima dell'inizio del periodo di dragaggio al fine di misurare adeguatamente l'impronta delle normali attività portuali sul sito.

Le principali innovazioni di questo monitoraggio consistono nel confronto delle concentrazioni totali e disciolte di rame e piombo, nonché delle concentrazioni "biodisponibili" di Pb mediante l'utilizzo di DGT, al fine di valutare i trasferimenti e la potenziale tossicità di questi contaminanti. Allo stesso tempo, garantire una valutazione della distribuzione dei gruppi microbici planctonici che possono fungere da indicatore di disturbo tossico e/o trofico.

Per quanto riguarda gli approcci sperimentali, basandosi su un protocollo già collaudato (Dang et al., 2015, 2020),



l'aspetto innovativo è consistito nel valutare la parte generalizzabile del comportamento dei metalli durante la risospensione dei sedimenti portuali al fine di determinare i potenziali impatti generalizzabili, quelli dipendenti da parametri misurati convenzionalmente (come il contenuto totale di contaminanti metallici) e quelli che rimangono inspiegati.

Questo protocollo consente di studiare il comportamento dei metalli che si verifica passati pochi minuti fino a diverse settimane dopo la risospensione. Al fine di coprire un gradiente di torbidità che rappresentasse la risospensione osservata sia durante una tempesta che a seguito di dragaggio, un'ulteriore innovazione è consistita nel risospingere un gradiente di quantità di sedimenti in uno stesso volume d'acqua.

Il confronto dei risultati di questi diversi esperimenti, condotti utilizzando sedimenti provenienti da diversi porti, più o meno contaminati, rappresenta anche un'innovazione che permette di comprendere meglio l'importanza della contaminazione chimica dei sedimenti per il rischio ecologico. Questo è un aspetto critico delle normative che attualmente disciplinano la gestione dei sedimenti in mare. Infine, per valutare meglio l'impatto ecologico della risospensione dei sedimenti, si è proposto di analizzare le dinamiche della diversità microbica in funzione del tempo e della quantità di sedimento risospeso. Studiando le preferenze ecologiche dei gruppi microbici favoriti dalla risospensione, è stato possibile identificare il principale stress percepito dal biota.

Queste attività sono state svolte durante il monitoraggio di un'operazione di dragaggio effettuata nel porto di Tolone. Gli approcci sperimentali sono stati effettuati con campioni provenienti dai porti di La Spezia, Olbia e Tolone, consentendo di lavorare con sedimenti rielaborati, impattati dalla mitilicoltura o fortemente contaminati da eventi storici.

I risultati da rimarcare consistono in:

- impatti variabili a seconda dei metalli considerati e in funzione del tempo di risospensione dei sedimenti
- contaminazione significativa e su larga scala della frazione disciolta della colonna d'acqua da piombo biodisponibile osservata durante il dragaggio a Tolone
- dimostrazione di cinetica probabilmente generalizzabile per i trasferimenti di rame, piombo e cadmio nella scala da poche ore a pochi giorni di risospensione
- amplificazione dei trasferimenti di questi elementi rispetto al contenuto iniziale nei sedimenti, senza variazione di cinetica
- forte contaminazione da cadmio nella colonna d'acqua,

AMBITI DI APPLICAZIONE



anche quando i sedimenti sono considerati sicuri per le attività di dragaggio ai sensi della legislazione francese

- risposta trofica delle comunità microbiche in solo pochi giorni, che potrebbe contribuire fortemente alla eutrofizzazione del sito
- resilienza microbica che varia nel tempo a seconda dell'intensità della risospensione e delle caratteristiche iniziali dei sedimenti

Sebbene sia richiesto ancora del lavoro per comprendere meglio l'andamento di questi meccanismi, questi risultati potrebbero essere presi in considerazione per migliorare le pratiche portuali locali e la legislazione che disciplina le attività di dragaggio. Le caratteristiche sedimentarie diverse dalla contaminazione chimica rappresentano interessanti piste da esplorare per migliorare sia la comprensione dei processi che le pratiche di gestione.



PROGETTO	GRAMAS
ATTIVITÀ	Sistemi innovativi per il rilievo e il monitoraggio dei fondali portuali.
SINTESI DELL'ATTIVITÀ	<p>Il progetto GRAMAS ha conseguito la piattaforma delle batimetrie, che consente in tempo reale di visualizzare lo stato dei fondali del porto. Il progetto ha altresì conseguito l'acquisto di sonde batimetriche.</p>
ASPETTI INNOVATIVI	<p>Il progetto ha sviluppato per primo una piattaforma di monitoraggio delle batimetrie, che permette di avere un approccio condiviso alla misurazione della profondità dei fondali nell'area di cooperazione IT-FR. Il sistema può acquisire dati da qualunque porto. Nel porto di Livorno e di Piombino questo viene agganciato alla piattaforma di monitoraggio e controllo MONICA. Il sistema GRAMAS si articola nei tre livelli infrastrutturale, di gestione dati e di software, integrandoli e sviluppandoli complessivamente tutti e tre, per consentire non solamente il monitoraggio, ma anche la modellizzazione e la storicizzazione dei dati batimetrici dei porti.</p> <p>Le misurazioni dei fondali sono state svolte e sono in corso solamente nei porti coinvolti direttamente dal progetto. Le cartografie dei fondali sono state prodotte pertanto per i porti di Savona, Livorno e Piombino. Il sistema è tuttavia replicabile in altri scali, posto che siano provvisti di sonde batimetriche idonee. Il progetto fornisce le specifiche tecniche per l'acquisto dei sensori e ha realizzato una piattaforma di condivisione dei dati batimetrici unica per tutti i porti, utilizzabile quindi anche per altri scali. E' disponibile una guida operativa del sistema ed è in corso la redazione del Piano di azione congiunto del progetto.</p> <p>L'acquisto e la messa in opera dei sensori batimetrici sono stati finalizzati nel mese di ottobre 2020 per il porto di Savona e lo saranno nel mese di novembre 2020 per i porti di Livorno e di Piombino.</p>
AMBITI DI APPLICAZIONE	



PROGETTO

SEDITERRA

ATTIVITÀ

Sistemi innovativi per il rilievo e il monitoraggio dei fondali portuali.

Le attività di dragaggio dei porti finalizzate al mantenimento delle quote dei fondali per garantire la sicurezza della navigazione (es. insabbiamento) e lo sviluppo della portualità (es. creazione di nuove strutture portuali, etc), determinano la necessità di una **gestione ambientalmente ed economicamente sostenibile, al di fuori del circuito dei rifiuti**.

La valorizzazione delle attività progettuali condotte vuole mettere in luce l'importanza del **riutilizzo dei sedimenti dragati**, argomento attualmente carente di una normativa adeguata e specifica. Ad oggi, l'unica possibile alternativa per i materiali dragati, soprattutto per un utilizzo nella filiera terrestre, è l'applicazione della normativa sui rifiuti, che mal si adatta ad una matrice comunque naturale, ancorché possibilmente inquinata. Nel progetto Sediterra è stata condotta un'azione relativa al **trattamento sperimentale dei sedimenti contaminati** dragati in 4 differenti contesti **portuali**.

In particolare, l'attenzione è stata posta al recupero e alla potenziale ricollocazione dei sedimenti dragati, che vedono attualmente una gestione come materiali da smaltire, collocandoli perlopiù in discariche o vasche di contenimento di fanghi portuali.

SINTESI DELL'ATTIVITÀ

Le diverse frazioni granulometriche costituenti la matrice sedimento marino possono essere recuperate attraverso processi di trattamento e sottoposte ad azioni/trattamenti di tipo chimico-fisico e biologico, finalizzati alla **rimozione dei contaminanti** eventualmente presenti e al loro riutilizzo finale.

Nonostante siano numerose le tecniche di trattamento e bonifica di matrici solide e liquide contaminate già esistenti, nel progetto concluso alcune tra queste tecniche sono state **applicate ai sedimenti marini contaminati**.

E' stata applicata ai sedimenti contaminati una **combinazione di trattamenti**, partendo da una separazione meccanica che ha permesso di suddividere il sedimento marino nelle diverse frazioni granulometriche che lo costituiscono, in modo da recuperare fin dall'inizio la componente sabbiosa, cioè la parte solitamente meno contaminata e subito riutilizzabile.

Le frazioni sabbiose più fini separate, a differente livello di contaminazione e quindi suscettibili di ulteriori trattamenti, sono state sottoposte a queste principali tecniche di trattamento:

ASPETTI INNOVATIVI



- **soil washing** mediante specifico impianto pilota;
- **miscelazione** delle frazioni sabbiose (recuperate dal soil washing) con diverse percentuali di cemento tradizionale e/o ad uso marino, per la realizzazione di lastre e materiale cementizio per l'impiego in opere civili.
 - Allestimento di **lisimetri**, in cui sono state simulate e controllate specifiche condizioni ambientali, al fine di valutare una bioremediation naturale dei sedimenti contaminati ed il trasferimento dei contaminanti nelle matrici acquose;
 - trattamento di **micoremediation**;
 - recupero delle matrici organiche dai sedimenti (fibre di *posidonia oceanica*) al fine di una loro **valorizzazione energetica** (produzione di energia elettrica) mediante processi di **pirogassificazione**;

Al termine di ogni serie di prove condotte è stata fatta un'attenta **valutazione qualitativa dei materiali ottenuti**. I sedimenti dragati e sottoposti a tali processi di trattamento possono essere quindi, almeno in parte, recuperati e riutilizzati in modo virtuoso in un'ottica di economia circolare, come ad esempio: materiale per sottofondi stradali, piazzali e piste ciclabili, materiali edili da costruzione, manufatti e arredi urbani, riempimenti di moli, banchine, terrapieni, aree depresse o a rischio idrogeologico, opere di ingegneria naturalistica ecc.

Le attività condotte sono state quindi finalizzate all'ottimizzazione della gestione del sedimento dragato e trattato e alla definizione di una **regolamentazione dedicata** e comunque cautelativa per la salute di tutti gli ambienti interessati, da quelli coinvolti **nell'attività di trattamento dei sedimenti** a quelli destinati ad accoglierli come soluzione finale ("a terra" o, di nuovo, "a mare").

In un'ottica di sostenibilità ambientale ed economica, inserita in una visione di economia circolare e di incentivazione della blue-economy, si rendono necessarie ed auspicabili ulteriori esperienze analoghe a quelle condotte con il progetto Sediterra, al fine di **implementare e favorire il recupero e l'impiego dei materiali trattati in opere di beneficial re-use, sia in ambito terrestre (fosse anche la sola desalinizzazione) sia per un nuovo riutilizzo in aree marino-costiero e in ambito portuale**. E' auspicabile continuare ad approfondire le sperimentazioni condotte, compresi lo sviluppo e l'applicazione di ulteriori tecniche integrate ed innovative, applicate a sedimenti marini con livelli di contaminazione di partenza più elevati rispetto a quelli testati all'interno di questo progetto.

Le attività svolte sono state altresì finalizzate

AMBITI DI APPLICAZIONE



all'individuazione di possibili **protocolli** per il riutilizzo dei materiali dragati e per **l'individuazione di soluzioni innovative**, fornendo supporto tecnico-scientifico e trasferimento di conoscenze ed attività su scala reale, a soggetti pubblici e privati interessati (Autorità di Sistema Portuale, Enti di ricerca, Amministrazioni locali, Capitanerie, Soggetti privati).

E' auspicabile quindi che le indicazioni e le conclusioni delle sperimentazioni condotte possano andare in un prossimo futuro a contribuire e a costituire basi per una **regolamentazione normativa** a livello locale nazionale e comunitario.



Si ringraziano per il prezioso contributo tutti i partner di progetto, in particolare hanno collaborato:

Regione Autonoma della Sardegna - Assessorato dei Trasporti

Alessandra Zoppeddu - Enrica Carrucciu

ADSP Mar di Sardegna

Sergio Murgia - Alessandra Mannai - Francesco Pitzus - Alessandro Meloni - Roberto Bertuccelli - Alessandro Cassitta - Alessandro Fazzi - Valentina Gallisai - Caterina Pattitoni

Città Metropolitana di Cagliari

Giuseppina Carta - Salvatore Pistis

Università di Cagliari

Marco Schintu - Natalia Montero - Barbara Marras

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA

David Pellegrini - Simona Macchia - Maria Elena Piccione - Davide Sartori - Cristian Mugnai - Iolanda Lisi - Alessandra Feola - Andrea Salmeri - Francesco Venti - Gianluca Chiaretti

Provincia di Livorno

Irene Nicotra - Riccardo Ciabatti

66

ADSP Mar Tirreno Settentrionale

Riccardo Di Meglio - Ivano Toni - Gregorio Barbieri
Francesco Bisconti (CNIT) - Paolo Pagano (CNIT)

Dipartimento del VAR

Jean-Louis Loeuillard

Comune di Grimaud

Benjamin Kulling

Università di Tolone

Cédric Garnier - Benjamin Misson - Véronique Lenoble - Stéphane Mounier (Redazione)
Nicolas Layglon - Emilie Paséro - Nicolas Gallois - Sébastien d'Onofrio - Isabelle Navarro
(Contributi tecnici essenziali)
Aurélie Portas - Alexis Canino - Nezli Doumandji - Louis Longo (Borsisti)

Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Ligure - ARPAL

Rosella Bertolotto - Stefania Magri

Ufficio dei Trasporti della Corsica

José Bassu - Jean-Antoine Mondoloni

