



# ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

## Porto di Taranto

# Piano di Gestione dei sedimenti

Settembre 2009



***Responsabili scientifici***

Dott. Massimo Gabellini  
Dott.ssa Antonella Ausili

***Referenti tecnici***

Ing. Francesca Giaime  
Ing. Serena Geraldini

***Staff tecnico***

D.ssa Luisa Bergamin  
D.ssa Maria Celia Magno  
Dott. Francesco Ciaprini  
Valentina Darida  
Ing. Sara Dastoli  
Ing. Nicoletta Gazzea  
D.ssa Roberta Girardi  
Ing. Carlo Innocenti  
Francesco Loreti  
Dott. Giacomo Martuccio  
Dott. Ing. Valentina Modesti  
Dott. Ing. Elena Mumelter  
Dott. Fulvio Onorati  
D.ssa Maria Elena Piccione  
Dott. Giancarlo Pierfranceschi  
D.ssa Paola Renzi  
D.ssa Elena Romano  
Ing. Lorenzo Rossi  
Dott. Ing. Andrea Salmeri  
Dott. Ing. Damiano Scarcella  
Dott. Andrea Taramelli  
D.ssa Antonella Tornato  
Dott. Giuseppe Trinchera  
Dott. Ing. Valentina Trama  
Dott. Francesco Venti  
D.ssa Gabriella Zonedda

***Responsabile tecnico per l'Autorità Portuale***

Dott. Ing. Gaetano Internò



## Porto di Taranto Piano di Gestione dei sedimenti

### INDICE

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 1     | Premessa.....   | 5   |
| 2     | Le esigenze del Porto .....   | 6   |
| 3     | Obiettivi del piano di gestione .....   | 10  |
| 4     | Inquadramento ambientale.....   | 13  |
| 5     | Interventi di caratterizzazione realizzati nelle aree di interesse del porto .....                                  | 15  |
| 5.1   | Criteri e metodi per la valutazione e l'elaborazione dei risultati .....  | 16  |
| 5.1.1 | Valori di intervento .....  | 16  |
| 5.1.2 | Altri valori di confronto utili per la gestione dei sedimenti di dragaggio.....                                     | 18  |
| 5.1.3 | Metodologia di analisi dei dati di caratterizzazione e di stima dei volumi.....                                     | 18  |
| 5.2   | Risultati delle attività di caratterizzazione: valutazione dello stato di qualità.....                              | 19  |
| 5.2.1 | Area ad Ovest di Punta Rondinella.....  | 20  |
| 5.2.2 | Mar Grande I Lotto .....  | 30  |
| 5.2.3 | Darsena Polisettoriale .....  | 39  |
| 5.2.4 | Vasca di contenimento ad ovest di Punta Rondinella.....   | 44  |
| 5.2.5 | IV Sporgente, darsena ad ovest del IV Sporgente e darsena Servizi .....   | 48  |
| 5.2.6 | Molo San Cataldo .....  | 53  |
| 6     | Qualità e volumi dei sedimenti oggetto degli interventi portuali finalizzati alle diverse opzioni di gestione ..... | 56  |
| 6.1.1 | Stima e visualizzazione dei volumi di escavo.....   | 57  |
| 6.2   | Area di dragaggio IV sporgente e darsena ad ovest (D6 e D7).....  | 62  |
| 6.3   | Area di dragaggio Molo Polisettoriale (D1) .....  | 66  |
| 6.4   | Area di dragaggio Molo V (D2).....  | 69  |
| 6.5   | Area di dragaggio VI sporgente ponente e testata (D3).....  | 71  |
| 6.6   | Area di dragaggio VI sporgente levante (D4).....  | 73  |
| 6.7   | Area di dragaggio Pontile Petroli (D5) .....  | 75  |
| 6.8   | Riepilogo volumi e qualità dei sedimenti di dragaggio .....   | 77  |
| 6.9   | Volumi e qualità dei sedimenti delle aree di riempimento .....  | 93  |
| 7     | Ricerca di masse metalliche.....  | 99  |
| 8     | Il dragaggio ambientale.....  | 99  |
| 8.1   | Dragaggio ambientale di tipo meccanico.....   | 101 |
| 8.2   | Dragaggio ambientale di tipo idraulico.....   | 103 |
| 8.3   | Misure di mitigazione .....   | 106 |
| 8.3.1 | Barriere strutturali.....   | 106 |
| 8.3.2 | Barriere non strutturali.....   | 107 |
| 8.4   | Attività di monitoraggio e controllo.....   | 108 |
| 9     | Le opzioni di gestione.....   | 111 |
| 9.1   | Tecnologia di dragaggio.....  | 112 |
| 9.2   | Trattamenti.....  | 112 |
| 9.3   | Scenari di intervento .....   | 115 |
| 9.3.1 | Conferimento in vasche di colmata.....  | 118 |
| 9.3.2 | Ripascimento di arenili e ricostruzione di sistemi dunali .....   | 119 |
| 9.3.3 | Immissione controllata in mare.....   | 125 |
| 9.3.4 | Conferimento in discarica .....   | 127 |



|      |                                       |     |
|------|---------------------------------------|-----|
| 10   | Ipotesi di gestione .....             | 128 |
| 10.1 | Ipotesi A.....                        | 130 |
| 10.2 | Ipotesi B.....                        | 133 |
| 11   | Attuazione del piano di gestione..... | 136 |
| 12   | BIBLIOGRAFIA .....                    | 138 |

ALLEGATO 1: Rapporto di ricerca sugli aspetti marittimi delle attività di dragaggio nel Porto di Taranto (2009) - Dipartimento di ingegneria dell'innovazione dell'università del Salento

ALLEGATO 2: Rapporto di ricerca sugli aspetti geotecnici delle argille azzurre di Taranto in relazione al loro riutilizzo in cassa di colmata (2009) - Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente e per lo Sviluppo Sostenibile del Politecnico di Bari



## 1 PREMESSA

L'Autorità Portuale di Taranto è stata istituita con legge 28.1.94, n. 84 e s.m.i. quale Ente di diritto pubblico non economico per la gestione dello scalo portuale di Taranto, porto di rilevanza economica internazionale, inserito nel Sito di bonifica di Interesse Nazionale di Taranto (Legge 426/98).

L'Autorità Portuale ha adottato il nuovo Piano Regolatore Portuale (P.R.P.) con deliberazione del Comitato portuale n. 12 del 30.11.2007, attualmente in corso di approvazione, che prevede la necessità di riqualificare, ammodernare ed ampliare la dotazione infrastrutturale.

Per dare attuazione a quanto previsto dal P.R.P., l'Autorità Portuale ha la necessità di procedere ad attività di dragaggio che vuole realizzare mediante soluzioni compatibili con l'ambiente ed economicamente sostenibili, tali da poter essere considerate come linee guida per le successive attività di progettazione.

Al fine di rispondere a tale necessità l'Autorità Portuale, in data 12 dicembre 2007, ha sottoscritto con ICRAM (ora ISPRA) un Accordo Quadro che disciplina le attività di collaborazione tra i due Enti in relazione ai temi prioritari di interesse comune (art. 2 dell'Accordo) e cioè:

- le attività di completamento della caratterizzazione ambientale dei fondali,
- lo studio dello stato di qualità dell'ambiente marino nelle aree portuali,
- lo studio finalizzato alla tutela, al recupero ed alla bonifica di ambienti marini e salmastri in ambito portuale,
- la predisposizione di piani di gestione dei sedimenti rinvenuti dagli escavi portuali per effetto della realizzazione di opere e/o bonifiche, con l'individuazione delle soluzioni di escavo, gestione, riutilizzo, deposito e smaltimento dei sedimenti, anche in relazione alle alternative previste dalla Legge 84/94, così come modificata dal comma 996 dell'art. 1, legge 27.12.2006, n. 296, e di monitoraggio degli interventi,
- la predisposizione di schede di bacino portuale.

Successivamente l'Autorità Portuale ha stipulato con ICRAM (ora ISPRA) una convenzione, il cui oggetto è la redazione, in termini tecnico/scientifici, del presente Piano di gestione dei sedimenti del porto di Taranto interessati da progetti di escavo per la realizzazione di opere portuali e la definizione di linee guida per l'individuazione delle opzioni di gestione dei sedimenti di dragaggio nel rispetto della normativa vigente, con particolare riferimento all'articolo 5 della Legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come modificato dal comma 996 della Legge Finanziaria del 27 dicembre 2006.

Parallelamente, al fine di approfondire alcune tematiche utili alla progettazione degli interventi di dragaggio e di gestione dei sedimenti di dragaggio, l'Autorità Portuale ha sottoscritto due contratti di ricerca. Il primo con il Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione dell'Università del Salento per lo studio sugli "aspetti marittimi del dragaggio", riguardante le caratteristiche meteo marine ed idrodinamiche generali del sito, gli aspetti relativi a tecniche, mezzi ed apparecchiature di dragaggio e di trasporto, mezzi, modalità e ratei di messa a dimora del materiale dragato, risospensione ed idrodinamica, anche mediante l'utilizzo di modelli matematici; il secondo con il Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente e per lo Sviluppo Sostenibile del Politecnico di Bari per lo studio degli "aspetti geotecnici connessi al riutilizzo delle argille azzurre di Taranto, non contaminate, per la formazione di terrapieni e rilevati idonei per l'utilizzo operativo portuale". Tali studi, che si allegano al presente documento, contengono elementi utili da tenere presente ed approfondire in fase di progettazione degli interventi; nella redazione del Piano di Gestione sono state utilizzate alcune informazioni in essi contenute.

Nel presente studio vengono quindi valutate, sulla base dei dati e degli elementi ad oggi disponibili, le possibili opzioni di gestione, ai sensi della normativa vigente, dei sedimenti oggetto degli



interventi di dragaggio previsti dal P.R.P.; inoltre, in tale contesto, si è proceduto anche alla individuazione di tecnologie di trattamento tecnicamente ed economicamente applicabili ai sedimenti contaminati provenienti dai dragaggi.

## 2 LE ESIGENZE DEL PORTO

Il Piano Regolatore Portuale adottato con Delibera del Comitato Portuale il 30 novembre 2007, esaminato dal Consiglio Superiore LL.PP. nell'adunanza del 23 luglio 2008, aggiornato in base alle osservazioni e prescrizioni del voto 322/07 espresso dalla suddetta adunanza e ripresentato in data 26 maggio 2009, prevede i seguenti interventi:

- a) *Rettifica ed allargamento della banchina di levante del Molo San Cataldo del porto mercantile di Taranto*: l'area interessata dall'intervento di rettifica ed allargamento della banchina di Levante del Molo S. Cataldo (che sarà realizzato mediante costruzione di un impalcato a giorno) occupa una superficie di circa 6.000 m<sup>2</sup>. Il tratto di banchina da allargare si estende per circa 230 m lineari di lunghezza e 26 m di larghezza. I risultati della caratterizzazione dell'area della banchina di levante del Molo S. Cataldo hanno evidenziato una contaminazione significativa ed estremamente variabile, dovuta alla presenza di inquinanti di differente tipologia (sia organici che inorganici), riscontrata in due stazioni su tre fino alle massime profondità indagate (rispettivamente 2 e 4 m). In data 21 febbraio 2008 è stato trasmesso un progetto preliminare di bonifica, non ritenuto approvabile dalla Conferenza di Servizi Decisoria del 27/02/2009.
- b) *Realizzazione della Vasca di contenimento ad Ovest di Punta Rondinella*: il progetto prevede la realizzazione di un bacino chiuso, ubicato nello specchio acqueo compreso tra il limite della colmata Belleli e Punta Rondinella, delimitato da una diga a scogliera che, partendo dal limite della colmata esistente e mantenendo lo stesso allineamento, "chiude" l'insenatura esistente creando una "vasca" che verrà successivamente utilizzata per il contenimento dei materiali di risulta dei dragaggi. Inizialmente la vasca di colmata era stata progettata con un'altezza di +3,00 metri s.l.m.m., per un volume pari a 1.260.000 m<sup>3</sup>. Nel progetto Piastra Portuale di Taranto presentato al CIPE è stato successivamente previsto un sormonto della vasca stessa, fino ad un'altezza di +7,5 m, per portare la sua capacità a 1.600.000 m<sup>3</sup> e poter quindi contenere tutti i sedimenti provenienti dall'escavo del IV Sporgente.
- c) *Ampliamento del IV Sporgente e completamento della Darsena ad ovest*: l'intervento prevede la realizzazione di nuove opere su una superficie di circa 10 ha, per un volume di circa 660.000 m<sup>3</sup>. Nel dettaglio, il progetto prevede la realizzazione di una nuova banchina di ormeggio mediante cassoni cellulari in c.a. per un'ampiezza di 120 m. E' previsto il riempimento delle aree retrostanti al fine di realizzare piazzali idonei per le operazioni portuali. La darsena ad ovest del IV sporgente comprende sia la banchina di riva che le banchine di raccordo sino all'esistente darsena servizi. La realizzazione avverrà mediante cassoni cellulari in c.a. ed il riempimento delle aree retrostanti al fine di realizzare piazzali idonei per le operazioni portuali. Sulla base dei risultati della caratterizzazione dell'area sono stati programmati interventi di mise e bonifica, inseriti nel più ampio progetto della Piastra Portuale di Taranto, affidato in concessione al raggruppamento temporale di imprese formato dall'ATI Grassetto S.p.A. I progetti definitivi delle opere, comprensivi delle attività di messa in sicurezza d'emergenza e bonifica dei fondali, sono stati consegnati dal citato concessionario in data 31 ottobre 2006 ed integrati in data 2 febbraio 2007. L'approvazione di tali progetti è a cura del CIPE.
- d) *Ampliamento del V Sporgente*: l'area interessata dall'intervento di ampliamento del V Sporgente occupa una superficie di circa 88 ha ed un volume di circa 9.400.000 m<sup>3</sup>.



- e) *Realizzazione di un nuovo sporgente nel Porto fuori rada (VI sporgente)*: l'area interessata dall'intervento di realizzazione del nuovo sporgente occupa una superficie di circa 7 ha ed un volume di circa 640.000 m<sup>3</sup>.
- f) *Dragaggio IV sporgente e Darsena ad ovest*: l'area interessata dall'intervento ha una estensione superficiale di circa 35 ha ed un volume di circa 1.500.000 m<sup>3</sup>.
- g) *Dragaggi per approfondimento fondali della Darsena del Molo Polisettoriale*: l'area interessata dall'intervento di approfondimento dei fondali fino a quota -16,5 m ha una estensione superficiale di circa 100 ha ed un volume di circa 2.350.000 m<sup>3</sup>.
- h) *Dragaggio per l'ampliamento del Molo V*: l'area interessata dall'intervento ha una estensione superficiale di circa 163 ha ed un volume di circa 9.100.000 m<sup>3</sup>.
- i) *Dragaggio per accesso al VI sporgente*: l'area interessata dall'intervento, suddivisa in lato di ponente e testata e lato di levante, ha una estensione superficiale di circa 90 ha ed un volume di circa 4.600.000 m<sup>3</sup>.
- j) *Dragaggio Pontile Petroli*: l'area interessata dall'intervento ha una estensione superficiale di circa 70 ha ed un volume di circa 1.600.000 m<sup>3</sup>.

In totale, l'attuazione del P.R.P. prevede interventi di **dragaggio** per complessivi **19 milioni** di m<sup>3</sup> e la realizzazione, in ambito portuale, di **vasche di contenimento e nuove banchine** per un volume complessivo di circa **12 milioni** di m<sup>3</sup>.

Nelle tabelle seguenti (Tabella 1, Tabella 2) sono riepilogati i volumi di sedimento coinvolti dagli interventi previsti dal P.R.P.

Tra gli interventi programmati dall'Autorità Portuale e previsti nel P.R.P., risultano particolarmente urgenti quelli connessi a:

- ampliamento del IV Sporgente e completamento della Darsena Ovest (Piastra Portuale di Taranto), con approfondimento dei fondali antistanti per circa 1,5 milioni di m<sup>3</sup>;
- approfondimento dei fondali al Molo Polisettoriale fino a 16,5 m, per circa 2 milioni di m<sup>3</sup>;
- realizzazione della vasca di contenimento ad Ovest di Punta Rondinella;
- ampliamento del V Sporgente.



| Area d'intervento                                | Dragaggio    |                |                              |                          |
|--|--------------|----------------|------------------------------|--------------------------|
|  | Quota (m)    | Batimetria (m) | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Volumi (m <sup>3</sup> ) |
| Dragaggio Molo IV                                | -12          | -5 ÷ -10       | 274.000                      | 1.306.500                |
| Dragaggio Darsena ad ovest                       | -7           | -5 ÷ -7        | 67.000                       | 112.000                  |
| Dragaggio Molo Polisettoriale                    | -16,5        | -14 ÷ -15      | 1.030.000                    | 2.350.000                |
| Dragaggio ampliamento Molo V                     | -16,5        | -8 ÷ -16       | 1.629.250                    | 9.100.000                |
| Dragaggio accesso VI Sporgente Ponente e Testata | -12<br>(-14) | -8 ÷ -10       | 747.100                      | 4.200.000                |
| Dragaggio accesso VI Sporgente Levante           | -10          | -6 ÷ -8        | 118.250                      | 400.000                  |
| Dragaggio Pontile Petroli                        | -15          | -10 ÷ -15      | 689.000                      | 1.578.200                |
| <b>Volumi totali di dragaggio</b>                |              |                |                              | <b>19.046.700</b>        |

Tabella 1: Interventi di dragaggio previsti

| Area d'intervento                   | Riempimento |                              |                          |
|-------------------------------------|-------------|------------------------------|--------------------------|
|                                     | Quota (m)   | Superficie (m <sup>2</sup> ) | Volumi (m <sup>3</sup> ) |
| Riempimento Molo IV                 | +2,5        | 95.000                       | 660.000                  |
| Riempimento Vasca Colmata (*)       | +7,5        | 300.000                      | 1.600.000                |
| Riempimento Molo V                  | +2,5        | 877.350                      | 9.400.000                |
| Riempimento VI Sporgente            | +2,5        | 68.750                       | 636.775                  |
| <b>Volumi totali di riempimento</b> |             |                              | <b>12.296.775</b>        |

Tabella 2: Interventi di banchinamento previsti

(\*) La vasca di colmata ad Ovest di punta rondinella (R2) è stata progettata con un'altezza di +3,00 m s.l.m.m. Nel progetto Piastra Portuale di Taranto presentato al CIPE è stato inoltre previsto un sormonto della vasca stessa (R2), fino ad un'altezza di +7,5 m, per portare la sua capacità a 1.600.000 m<sup>3</sup> e poter quindi contenere tutti i sedimenti provenienti dall'escavo del IV Sporgente.





### 3 OBIETTIVI DEL PIANO DI GESTIONE

Il porto di Taranto si pone come obiettivo primario quello di fungere da volano per la crescita economica del territorio, mediante l'acquisizione di diversificati traffici mercantili, l'adeguamento ed il potenziamento dell'esistente infrastruttura portuale e di connessione terrestre, la pianificazione e la realizzazione di nuove opere di grande infrastrutturazione.

Tale esigenza ha condotto il Comitato Portuale di Taranto ad adottare un Nuovo Piano Regolatore, che prevede la realizzazione sia di infrastrutture di carattere strategico per lo sviluppo del porto che di importanti interventi di dragaggio, che interessano circa 19 milioni di metri cubi di sedimenti, distribuiti in due orizzonti temporali: un primo orizzonte fissato in 10 anni, ed un secondo fissato, indicativamente, in 15 anni.

Nel nuovo Piano Regolatore vengono studiate le possibili soluzioni di potenziamento ed ampliamento delle infrastrutture portuali, tenendo conto degli aspetti ambientali relativi alla gestione dell'elevato volume di sedimenti da dragare.

Da qui nasce l'esigenza di una programmazione delle necessità di escavo del porto, che si concretizza nella definizione del presente "Piano di Gestione dei sedimenti", uno strumento che si propone l'obiettivo di consentire una migliore gestione dei materiali di dragaggio, mirato ad una razionalizzazione delle risorse, degli interventi infrastrutturali ed ambientali, da attuarsi nel tempo, in relazione a quanto previsto dal Piano Regolatore Portuale.

Nella definizione di tale Piano non è chiaramente possibile prescindere dal contesto normativo sia nazionale che europeo in materia di sedimenti marini e della loro gestione.

A fronte infatti della indicazione fornita dall'art. 35 del D.Lgs. 152/99 (oggi normata dall'art. 109 della legge 152/2006), che riprende quanto indicato dalla Convenzione di Londra del 1972 (in particolare nella risoluzione di approvazione del D.M.A.F. - "Dredged material assessment framework"), nel considerare il materiale di risulta una "risorsa" da recuperare, piuttosto che un materiale di rifiuto, si osserva, in ambito nazionale, una sostanziale assenza di normativa specifica che regoli il recupero ed il riutilizzo dei sedimenti marini e salmastri dragati.

Per quanto riguarda gli interventi di dragaggio previsti dal PRP, si ricorda che, poiché il Porto di Taranto è inserito nel contesto del Sito di bonifica di Interesse Nazionale di Taranto, i progetti ad essi relativi dovranno essere presentati ai sensi dell'articolo 5 della legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come aggiornato dall'art. 1, comma 996 della Legge 27 dicembre 2006, n. 296, che stabilisce che *"nei siti oggetto di interventi di bonifica di interesse nazionale ai sensi dell'articolo 252 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, il cui perimetro comprende in tutto o in parte la circoscrizione dell'Autorità portuale, le operazioni di dragaggio possono essere svolte anche contestualmente alla predisposizione del progetto relativo alle attività di bonifica. Al fine di evitare che tali operazioni possano pregiudicare la futura bonifica del sito, il progetto di dragaggio, basato su tecniche idonee ad evitare la dispersione del materiale, è presentato dall'Autorità portuale, o laddove non istituita, dall'ente competente, al Ministero delle infrastrutture, che lo approva entro trenta giorni sotto il profilo tecnico-economico e lo trasmette al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare per l'approvazione definitiva."*

Ciascun progetto di dragaggio dovrà essere redatto secondo le specifiche e con i contenuti previsti dal Decreto 7 novembre 2008 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare "Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296".

Tale decreto, all'art. 1, comma 3, precisa infatti che *"Al fine di non pregiudicare la bonifica del sito di interesse nazionale il progetto di dragaggio, per quanto concerne gli aspetti ambientali, deve contenere: i risultati della caratterizzazione delle analisi del materiale da dragare, condotta ai sensi dell'Allegato "A" del presente decreto, le tecniche idonee per la rimozione e il trasporto del*



*materiale nonché le modalità per l'immersione in mare, per formare terrapieni costieri o per il ripascimento degli arenili, ovvero per il conferimento presso strutture di contenimento”.*

Un importante aspetto del progetto di dragaggio è costituito dal piano di monitoraggio delle attività, al fine di verificare l'assenza di effetti negativi sull'ambiente circostante e l'efficacia delle misure di mitigazione e di contenimento adottate.

Inoltre il decreto, all'art. 5, precisa che *“Al termine delle operazioni di dragaggio, si procede all'analisi del fondale dragato da effettuarsi ai sensi dell'allegato "A" limitatamente allo strato superficiale e per i parametri che superano i valori di intervento. Nel caso i valori di concentrazione misurati nei sedimenti di detto strato superino i limiti di intervento individuati dall'ISPRA per ciascun sito di interesse nazionale, si deve attivare la procedura di bonifica”;*

Per quanto riguarda la gestione dei sedimenti di dragaggio, l'art. 1, comma 996 della Legge 27 dicembre 2006, n. 296, individua alcune possibilità di gestione dei materiali a seconda delle caratteristiche chimiche, fisiche, microbiologiche ed ecotossicologiche degli stessi, ferme restando le specifiche competenze delle Regioni e del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, nei diversi casi. Le opzioni di gestione prese in considerazione da tale norma sono il conferimento all'interno di casse di colmata o di vasche di raccolta o di strutture di contenimento poste in ambito costiero, il ripascimento di arenili e lo sversamento controllato in mare. Nello specifico il comma 11-quater precisa che *“i materiali derivanti dalle attività di dragaggio e di bonifica, se non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione, possono essere refluiti, su autorizzazione della regione territorialmente competente, all'interno di casse di colmata, di vasche di raccolta, o comunque di strutture di contenimento poste in ambito costiero”;* mentre il comma 11-ter si riferisce ai *“materiali derivanti dalle attività di dragaggio, che presentano caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, nonché non esibiscono positività a test ecotossicologici”* che *“possono essere immessi o refluiti in mare ovvero impiegati per formare terreni costieri, (...). I materiali di dragaggio aventi le caratteristiche di cui sopra possono essere utilizzati anche per il ripascimento degli arenili”.*

L'art. 6, del Decreto del 7 novembre 2008, precisa poi che *“Nel caso in cui al termine dell'attività di refluento, i materiali presentino valori di concentrazione superiori ai limiti fissati dalla vigente normativa in materia di bonifica per la specifica destinazione d'uso della struttura di contenimento, se ne attiva la procedura di bonifica. (...)”.*

In assenza di norme specifiche per la gestione a terra, intesa come possibile riutilizzo e valorizzazione, dei sedimenti marini derivanti dalle attività di dragaggio, l'art. 5 della legge 84/94, al comma 11-sexies, rimanda alla *“vigente normativa ambientale”*, ed al comma 11-quinquies, fa riferimento al solo stoccaggio temporaneo dei sedimenti a terra, precisando che *“in caso di realizzazione, nell'ambito dell'intervento di dragaggio, di strutture adibite al deposito temporaneo di materiali derivanti dalle attività di dragaggio nonché dalle operazioni di bonifica, prima della loro messa a dimora definitiva, il termine massimo di deposito e' fissato in trenta mesi senza limitazione di quantitativi, assicurando il non trasferimento degli inquinanti agli ambienti circostanti”.*

L'unico strumento normativo che prende in considerazione riutilizzi a terra dei “fanghi di dragaggio” è costituito dall'art. 214 del D. Lgs del 3 aprile 2006, n. 152, che rimanda al D.M. 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22), che però si riferisce unicamente alle tipologie di “fanghi di dragaggio” elencate al punto 12.2 dell'allegato 1, sub allegato 1, al suddetto decreto: e cioè fanghi provenienti da attività di dragaggio di fondali di



laghi, di canali navigabili o irrigui e corsi d'acqua (acque interne), e di pulizia di bacini idrici. Per tali materiali le attività di recupero possibili, subordinatamente all'esecuzione del test di cessione, sono:

- a) formazione di rilevati e sottofondi stradali previa essiccamento ed eventuale igienizzazione;
- b) esecuzione di terrapieni e arginature, ad esclusione delle opere a contratto diretto o indiretto con l'ambiente marino, previo essiccamento ed eventuale igienizzazione;
- c) utilizzo per riprofilare porzioni della morfometria della zona d'alveo interessata, previo essiccamento ed eventuale igienizzazione.

Inoltre, i materiali per i quali è applicabile l'iter delle "procedure semplificate" possono essere utilizzati anche per attività di recupero ambientale, così come individuate all'art.5, per la "restituzione di aree degradate ad usi produttivi o sociali attraverso rimodellamenti morfologici, a condizione che il materiale sia compatibile con le caratteristiche chimico-fisiche, idrogeologiche e geomorfologiche dell'area". In ogni caso, il contenuto dei contaminanti deve essere "conforme a quanto previsto dalla legislazione vigente in materia di messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati, in funzione della specifica destinazione d'uso del sito".

Tale norma sembra quindi aprire anche alla possibilità di riutilizzare i fanghi di dragaggio di cui al punto 12.2 dell'allegato 1, sub allegato 1, per il ricoprimento ed il ripristino di cave, per la copertura di discariche e per l'utilizzo in manufatti e sottofondi stradali.

Anche l'atto di indirizzo della Regione Puglia "Aggiornamento del piano di gestione dei rifiuti speciali nella Regione Puglia" (<http://www.crea.puglia.it/DocumentiPortale/RGRS.pdf>), emanato a maggio 2009, segue l'orientamento della normativa vigente, auspicando, «per quanto possibile, il riutilizzo in loco dei fanghi per la realizzazione delle opere previste dai piani regolatori portuali oppure la reimmissione in mare, qualora il fango abbia caratteristiche analoghe al fondo naturale e non possa provocare pregiudizi all'ecosistema marino» e confermando che «i rifiuti non riutilizzabili per la realizzazione delle opere previste dai piani regolatori portuali o non refluibili in mare perché dalle caratteristiche non adeguate, dovranno essere gestiti nel rispetto di quanto previsto dal D. lgs 152/06 s.m.i., dalla L n. 84 del 28.01.1994: "Riordino della legislazione in materia portuale" e dal Dm Ambiente 7.11.2008: "Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296"».

Premesso quanto sopra, in tale atto la Regione «ritiene utile evidenziare (...) le diverse possibilità tecniche di riutilizzo dei sedimenti dragati, già note sulla base di diverse esperienze maturate in ambito internazionale, anche al fine di fornire per le successive azioni di pianificazione e per il rilascio delle autorizzazioni per il riutilizzo in procedura ordinaria, un quadro di riferimento che costituisca il *framework* sulla base del quale valutare le migliori strategie di gestione e, di volta in volta, i progetti di riutilizzo e valorizzazione». Tra le diverse possibilità tecniche di riutilizzo, riportate nel documento della Regione, figurano la valorizzazione in ambito industriale, per la produzione di clinker di Portland, di laterizi, di aggregati leggeri e di materiali ceramici, e la valorizzazione in ambito civile, per opere in terra, recuperi ambientali di cave dismesse e copertura di rifiuti in discarica.

Pertanto, in assenza di una normativa specifica in materia di gestione a terra di sedimenti marini di dragaggio, le ipotesi formulate nel presente documento in merito ad un loro possibile riutilizzo e valorizzazione a terra sono da intendersi esclusivamente come propositive ed hanno lo scopo di informare e sensibilizzare al problema del riutilizzo benefico dei sedimenti marini di dragaggio, in attesa di evoluzioni normative in tal senso.

Preso atto di quanto sopra, il Piano di Gestione dei materiali di dragaggio proposto consiste in un sistema integrato di gestione dei sedimenti marini oggetto degli interventi di dragaggio, in cui



vengono prese in considerazione tutte le potenziali opzioni di gestione compatibili con la qualità e le volumetrie dei sedimenti in esame, nel rispetto della normativa vigente, quali:

- gestione in ambito costiero (eventuale trattamento ed avvio a operazioni di recupero e riutilizzo a scopi ripascitivi, conferimento in cassa di colmata o in strutture di contenimento);
- immersione controllata in mare;

in merito alle possibilità di gestione dei sedimenti di dragaggio a terra vengono solo formulate delle ipotesi di studio (eventuale trattamento ed avvio a operazioni di recupero e riutilizzo sia a scopi industriali che ambientali; smaltimento in discarica controllata, di opportuna categoria, dei sedimenti inquinati).

#### 4 INQUADRAMENTO AMBIENTALE

La Legge n. 426/98 ha individuato il sito di bonifica di interesse nazionale di Taranto quale “area” industriale e sito ad alto rischio ambientale. Il sito è stato perimetrato con Decreto del Ministro dell’Ambiente del 10/01/2000.

La superficie complessiva del SIN è di circa 114,9 km<sup>2</sup> di cui 22,0 km<sup>2</sup> di aree private e 10,0 km<sup>2</sup> di aree pubbliche, cui si aggiungono 22,0 km<sup>2</sup> (Mar Piccolo), 51,1 km<sup>2</sup> (Mar Grande), 9,8 km<sup>2</sup> (Salina Grande). Lo sviluppo costiero è di circa 17 km.

Nell’area perimetrata è presente un importante polo industriale, con grandi insediamenti produttivi siderurgici (ILVA), di raffineria (ENI, ex-AGIP), e cementieri (CEMENTIR).

Nell’area sono presenti industrie manifatturiere di dimensioni medio-piccole. Sono state, inoltre, individuate cave con fenomeni di degrado e dissesto localizzato nonché siti di discarica di rifiuti urbani non adeguatamente conterminati e numerosi siti di smaltimento abusivo di rifiuti di varia provenienza.

Nell’area marina sono presenti sia un porto commerciale/industriale che insediamenti militari di grandi dimensioni. Sono inoltre presenti, sia nel Mar Grande che nel Mar Piccolo, numerose aree destinate alla mitilicoltura.

Le installazioni portuali sono distribuite lungo il settore nord occidentale del Mar Grande (Porto Mercantile e Porto Industriale) e immediatamente fuori di esso in direzione ovest (Terminal contenitori e V Sporgente).

L’area in esame rientra geologicamente nella porzione meridionale e marginale della fossa bradanica, una vasta depressione di età plio-pleistocenica, compresa tra l’Appennino meridionale e la piattaforma carbonatica delle Murge, su cui si sono depositati sedimenti a carattere prevalentemente argilloso a struttura tubulare.

La fossa bradanica è stata soggetta, nel corso della sua storia geologica, a diversi cicli sedimentari di riempimento conseguenti alla formazione della catena appenninica, in cui rientra anche la Formazione di Argille subappenniniche, costituite da argille marnose più o meno sabbiose di colore grigio-azzurro miscelate in misura variabile a limi e sabbie, aventi spessori variabili e che tendono ad aumentare passando dal margine orientale a quello appenninico.

Tale formazione geologica, di età plio-pleistocenica (5 ÷ 1.4 milioni di anni fa), affiora in modo diffuso su buona parte del territorio emerso circostante l’area in esame e va a costituire in ambiente marino, dove invece non affiora, un substrato geologico sul quale si sono successivamente andati a sedimentare depositi marini recenti, che sono invece caratterizzati da sedimenti a carattere tessiturale prevalentemente fine, probabilmente dovuti al basso regime idrodinamico di un bacino semichiuso quale il Golfo di Taranto.

Nel 2004 l’Autorità Portuale di Taranto ha commissionato uno studio di caratterizzazione ambientale di alcune aree del porto, in particolare dell’area destinata alla realizzazione di una vasca



di colmata, ad ovest di Punta Rondinella, nel Golfo di Taranto, e dell'area del IV Sporgente e darsena ad ovest, nel Mar Grande.

Nel corso di tali indagini è stata, tra le altre cose, effettuata una analisi stratigrafica di carote di sedimento, mediante la quale è stato possibile individuare il tetto superiore della formazione delle argille grigio-azzurre nelle aree di studio.

Inoltre, su un numero limitato di campioni provenienti da tale formazione geologica, relativamente alla presenza di alcuni elementi in tracce, sono state effettuate delle prove di speciazione mediante mineralizzazioni frazionate, al fine di verificare la natura prevalentemente costitutiva di questi elementi. Tali indagini hanno reso possibile considerare la formazione delle argille grigio-azzurre quale "riferimento geochimico" sufficientemente attendibile per l'individuazione dei valori di fondo per l'area di interesse, in particolare per quanto riguarda nichel e cromo.

L'identificazione di una superficie delimitante la formazione geologica delle argille azzurre nelle aree oggetto di studio, di natura completamente diversa dalla sedimentazione marina recente sovrastante, unitamente ai risultati delle analisi di speciazione chimica, ha permesso quindi di escludere eventuali contributi antropici in tali depositi, che pertanto non sono da considerarsi come oggetto di potenziale bonifica.

## 5 INTERVENTI DI CARATTERIZZAZIONE REALIZZATI NELLE AREE DI INTERESSE DEL PORTO

Nel presente capitolo si riportano gli esiti delle caratterizzazioni effettuate nell'area marina di Taranto, con particolare riguardo a quelle eseguite nella parte del SIN in cui ricade l'area portuale.

Il Commissario Delegato per l'Emergenza ambientale nella Regione Puglia, per il tramite di Sviluppo Italia Aree Produttive, ha realizzato, con il cofinanziamento dell'Autorità Portuale (nota Autorità Portuale prot. n. 2560/TEC del 14 aprile 2006), la caratterizzazione delle seguenti aree:

- Area ad Ovest di Punta Rondinella;
- Mar Grande - I lotto.

I risultati della caratterizzazione sono stati trasmessi dal Commissario Delegato con nota prot. n. 3665/CD del 6 novembre 2008 e, nelle more della sottoscrizione di un Accordo di programma, ISPRA (già ICRAM) è stata incaricata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (nota prot. n. 23930/QdV/Di del 21 ottobre 2008) della elaborazione dei risultati.

Inoltre l'Autorità Portuale ha realizzato una caratterizzazione di dettaglio nelle aree oggetto di interventi di infrastrutturazione e di dragaggio di seguito elencate:

- Darsena Polisetoriale;
- Area di colmata ad ovest di Punta Rondinella;
- IV sporgente, darsena ad ovest del IV sporgente e darsena Servizi;
- Molo San Cataldo.



Figura 2: Inquadramento del SIN



## **5.1 CRITERI E METODI PER LA VALUTAZIONE E L'ELABORAZIONE DEI RISULTATI**

### **5.1.1 Valori di intervento**

In seguito alle caratterizzazioni dei sedimenti che l'Autorità Portuale di Taranto ha commissionato nel 2004, l'ICRAM (ora ISPRA) ha elaborato i valori di intervento. Tali valori sono stati definiti per la maggior parte delle aree marine e salmastre interne alla perimetrazione dei SIN, al fine di valutare il grado di contaminazione dei sedimenti e la loro potenziale pericolosità per l'ambiente acquatico. Tali valori permettono di individuare la necessità di interventi di bonifica nelle aree oggetto di indagine, le cui modalità saranno decise in funzione della gravità della contaminazione. Il documento contenente tali valori e le modalità applicative (rif. ICRAM doc. # CII-Pr-PU-TA-valori intervento-01.04), trasmesso da ICRAM con prot. n. 9088/04 del 23 novembre 2004, è stato approvato in sede di Conferenza dei Servizi "decisoria" del 29 dicembre 2004.

I valori individuati, riportati nella tabella seguente, derivano da riferimenti internazionali, integrati per alcuni parametri, da risultati di studi condotti in Italia, e nel caso specifico del sito di bonifica di interesse nazionale di Taranto, anche dai risultati delle attività di caratterizzazione ambientale (fisica, chimica ed ecotossicologica) condotte nell'area del porto, al fine di contemplare le caratteristiche geochimiche dei sedimenti locali.



| NUMERO CAS |    | PARAMETRI                                     | VALORI DI INTERVENTO  |
|------------|----|---|-----------------------|
|            |    | <b>Metalli</b>                                | <b>mg/kg s.s</b>      |
| 7440-38-2  |    | Arsenico                                      | 20                    |
| 7440-43-9  | PP | Cadmio  | 1,0                   |
| 7440-47-3  |    | Cromo totale                                  | 70 *   160 **         |
| 7439-97-6  | PP | Mercurio                                      | 0.8                   |
| 7440-02-0  | P  | Nichel  | 40 *   100 **         |
| 7439-92-1  | P  | Piombo  | 50                    |
|            |    | Rame  | 45                    |
|            |    | Zinco   | 110                   |
|            |    | Composti Organostannici                       | <b>µg /kg s.s</b>     |
|            | PP | Tributilstagno (Σ mono, di e tributil)        | 70 (Sn)               |
|            |    | <b>Policiclici Aromatici</b>                  | <b>µg /kg s.s.</b>    |
|            | PP | IPA totali                                    | 4000                  |
| 50-32-8    | PP | Benzo(a)pirene                                | 760                   |
| 120-12-7   | P  | Antracene                                     | 245                   |
| 206-44-0   | P  | Fluorantene                                   | 1500                  |
| 91-20-3    | P  | Naftalene                                     | 390                   |
|            |    | <b>Pesticidi</b>                              | <b>µg /kg s.s.</b>    |
| 309-00-2   |    | Aldrin  | 5                     |
| 319-84-6   | PP | Alfa esaclorocicloesano                       | 1                     |
| 319-85-7   | PP | Beta esaclorocicloesano                       | 1                     |
| 58-89-9    | PP | Gamma esaclorocicloesano lindano              | 1                     |
|            |    | DDT   | 5                     |
|            |    | DDD   | 5                     |
|            |    | DDE   | 5                     |
| 60-57-1    |    | Dieldrin                                      | 5                     |
|            |    | <b>Diossine e Furani</b>                      | <b>µg /kg</b>         |
|            |    | Sommat. PCDD,PCDF e PCB diossina simili(T.E.) | 30 X 10 <sup>-3</sup> |
| 133-63-63  |    | PCB   | <b>µg /kg</b>         |
|            |    | <b>PCB totali</b>                             | 190                   |

(\*) per sedimenti con frazione pelitica ≤ 20 %

(\*\*) per sedimenti con frazione pelitica > 20 %

**Tabella 3: VALORI DI INTERVENTO**

#### Note alla tabella

1. Le sostanze contraddistinte dalla lettera P e PP sono, rispettivamente, le sostanze Prioritarie e quelle Pericolose Prioritarie individuate ai sensi della decisione n. 2455/2001/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 20 novembre 2001.
2. IPA totali: la sommatoria è riferita ai 16 singoli IPA ritenuti significativi sotto il profilo ambientale (Acenaftene, acenaftilene, antracene, benzo(k)fluorantene, benzo(b)fluorantene, Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, benzo(g,h,i)perilene, crisene, dibenzo(a,h)antracene, fluorantene, fluorene, indeno(1,2,3-cd)pirene, naftalene, fenantrene e pirene).
3. DDE, DDD, DDT: il valore è riferito alla somma degli isomeri 2,4 e 4,4 di ciascuna sostanza.



4. PCB: il valore è riferito alla sommatoria di una selezione di alcuni congeneri ritenuti significativi sotto il profilo sanitario ed ambientale (28, 52, 77, 81, 95, 99, 101, 105, 110, 118, 126, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 156, 169, 170, 177, 180, 183, 187).
5. Diossine: ai fini della sommatoria “PCDD, PCDF e PCB diossina simili (T.E.)” si riportano i PCB diossina simili ed i rispettivi fattori di tossicità equivalente.

| PCB | Tossicità equivalente |
|-----|-----------------------|
| 77  | 0,0001                |
| 81  | 0,0001                |
| 105 | 0,0001                |
| 114 | 0,0005                |
| 118 | 0,0001                |
| 123 | 0,0001                |
| 126 | 0,1                   |
| 156 | 0,0005                |
| 157 | 0,0005                |
| 167 | 0,00001               |
| 169 | 0,01                  |
| 189 | 0,0001                |

### **5.1.2 Altri valori di confronto utili per la gestione dei sedimenti di dragaggio**

Inoltre, ai fini della corretta gestione dei sedimenti di dragaggio, le concentrazioni determinate sono state confrontate anche con i limiti riportati nella Colonna B Tabella 1 Allegato 5 al titolo V alla parte IV del D.Lgs. 152/06 e con i limiti di concentrazione per l’attribuzione della pericolosità, i quali sono stati definiti sulla base dei criteri definiti nel D.M. 7 novembre 2008 e s.m.i., facendo specifico riferimento all’aggiornamento associato al parere ISS n. 0032074 del 23 giugno 2009 “*Criteri di classificazione dei rifiuti contenenti idrocarburi – Integrazione del parere ISS del 05/07/2006 n. 0036565*”.

### **5.1.3 Metodologia di analisi dei dati di caratterizzazione e di stima dei volumi**

I dati acquisiti nel corso delle attività di caratterizzazione e di analisi di laboratorio sono stati elaborati con diverse tecniche appartenenti alle metodologie geostatistiche, al fine di ricostruire la variabilità spaziale dei parametri analizzati su campioni puntuali di sedimento, stimarne le caratteristiche nello spazio, valutare il grado di precisione delle stime ottenute e poter così procedere alla definizione dei volumi di intervento.

Le metodologie utilizzate hanno tenuto conto della tipologia dei dati, della densità di campionamento e delle particolarità geomorfologiche delle aree indagate.

In particolare sono state realizzate stime della profondità del tetto del substrato, della percentuale delle varie frazioni granulometriche, della batimetria del fondale e della concentrazione dei contaminanti.

Unica eccezione è costituita dall’area del molo San Cataldo, per la caratterizzazione della quale, data la sua modesta estensione, sono stati eseguiti solo 3 carotaggi; in questo caso è stata infatti effettuata una suddivisione del settore indagato per aree di pertinenza dei campioni, associando a ciascuna area le caratteristiche chimico-fisiche del campione più prossimo.



Per quanto riguarda l'andamento del tetto del substrato, costituito dalle argille plio-pleistoceniche, il suo posizionamento nello spazio è un elemento di fondamentale importanza ai fini del calcolo dei volumi di sedimento potenzialmente contaminato, in quanto esso costituisce elemento di separazione tra il substrato delle argille azzurre, per il quale è possibile escludere eventuali contributi antropici (cap. 4), e lo strato di sedimentazione recente. Tutte le rappresentazioni e le stime volumetriche si riferiscono infatti al solo strato di sedimentazione recente.

Il tetto del substrato è stato ricostruito dalla elaborazione delle informazioni derivanti dall'esame dei profili stratigrafici. Il substrato è sempre presente al di sotto dello spessore di sedimenti recenti, ma non sempre è stato intercettato dai carotaggi, pertanto le informazioni utilizzate per l'elaborazione sono costituite sia dai dati di spessore effettivo del substrato (*hard data*) che dai dati di spessore minimo che i sedimenti recenti possono assumere, cioè maggiore o uguale alla lunghezza della carota (*soft data*). Dall'analisi dei dati è emersa una elevata variabilità spaziale della profondità di immersione del tetto delle argille.

Per maggiori dettagli sulle metodologie di analisi dei dati e di stima dei volumi di intervento si rimanda alle specifiche relazioni inerenti le diverse aree di indagine.

## 5.2 RISULTATI DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE: VALUTAZIONE DELLO STATO DI QUALITÀ

Nel seguito sono illustrati i risultati delle caratterizzazioni chimico-fisiche ed ecotossicologiche condotte nelle aree di interesse del porto.

Per quanto riguarda la granulometria, i risultati analitici sono stati utilizzati per classificare i sedimenti in considerazione delle principali classi dimensionali generalmente presenti in un sedimento marino (ghiaia, sabbia, silt, argilla).

Considerata la tipologia dei sedimenti, di natura prevalentemente fine, è stata utilizzata la classificazione di Shepard (Shepard F. P., 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal Sed. Petr.*, 24, 151-158), una classificazione di tipo ternario che tiene conto prevalentemente delle dimensioni tessiture medio fini del sedimento (sabbia, silt, argilla). Nel caso specifico di alcuni campioni costituiti da sedimenti più grossolani, è stata utilizzata la medesima classificazione, modificata tenendo in considerazione il contributo ghiaioso (Schlee, 1973).

Per quanto riguarda la contaminazione, dalle elaborazioni dei risultati è stato possibile suddividere le aree in differenti colori in base al diverso grado di contaminazione. Pertanto vengono indicati con il:

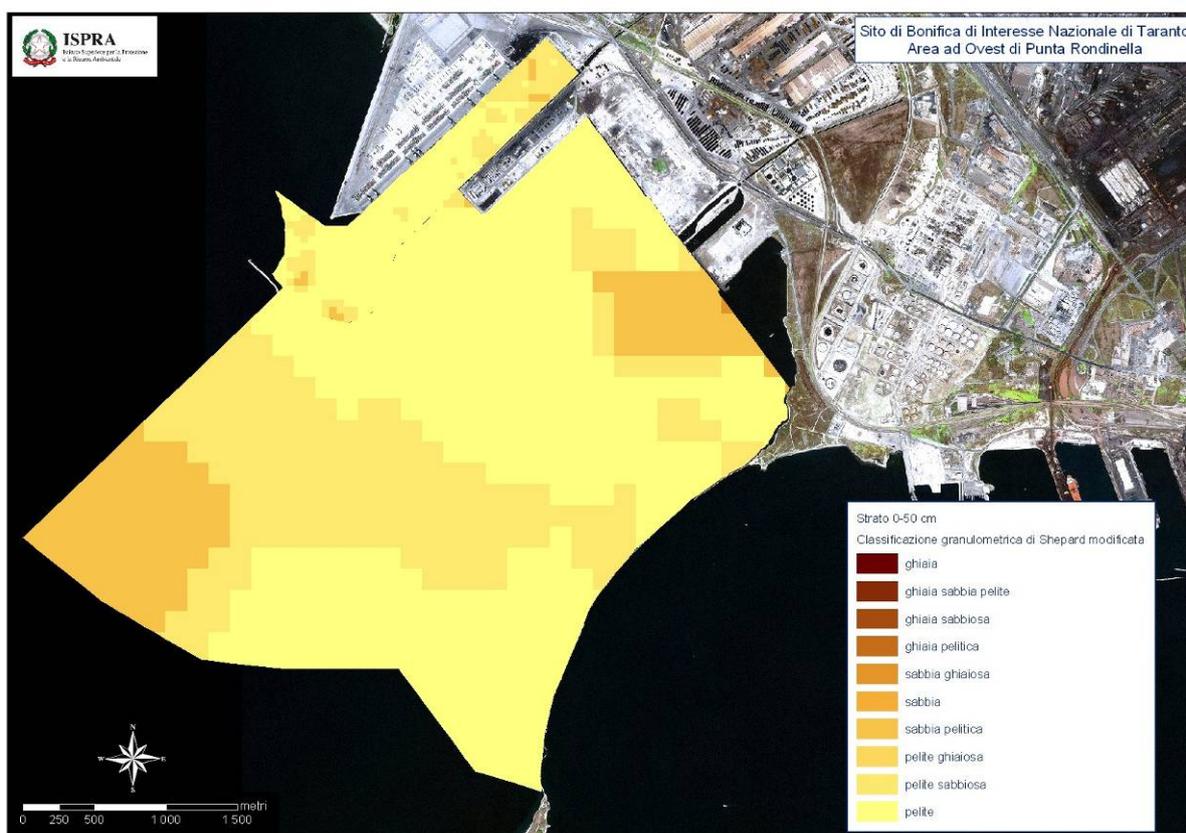
- “**VERDE**”, i sedimenti in cui non si hanno superamenti dei valori di intervento definiti da ICRAM (ora ISPRA);
- “**GIALLO**”, i sedimenti per cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di intervento ma inferiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06;
- “**ROSSO**”, ai fini della gestione, i sedimenti in cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06 ma inferiori ai valori limite per la classificazione dei “pericolosi” (valori limite riportati nell'Allegato D del D.Lgs 152/2006 Parte IV - Titolo I e II);
- “**VIOLA**”, ai fini della gestione, i sedimenti con concentrazioni superiori ai valori limite per la classificazione dei “pericolosi” (in linea con l'Allegato D del D.Lgs 152/2006 Parte IV - Titolo I e II).

### 5.2.1 Area ad Ovest di Punta Rondinella

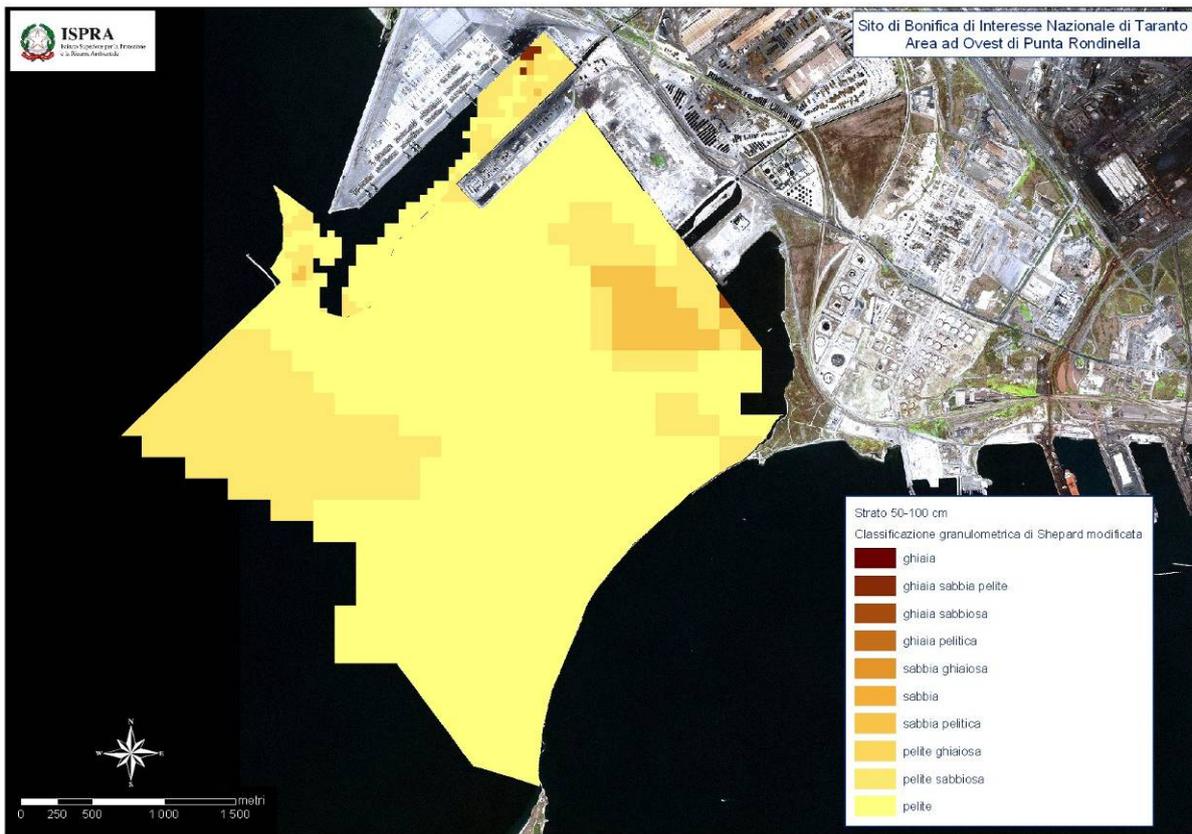
#### Risultati delle indagini granulometriche effettuate sui sedimenti

L'area ad Ovest di Punta Rondinella è caratterizzata da una significativa variabilità nella composizione granulometrica dei sedimenti. Questi risultano prevalentemente costituiti da peliti sabbiose con una frequenza minore di sabbie pelitiche. I sedimenti sono mediamente fini, con percentuali di sabbia del 19%, mentre le frazioni fini (limo e argilla) hanno percentuali rispettivamente del 43% e 35%. Sono, inoltre, presenti aree abbastanza circoscritte con elevate percentuali di ghiaia che arrivano in alcuni casi anche al 43%.

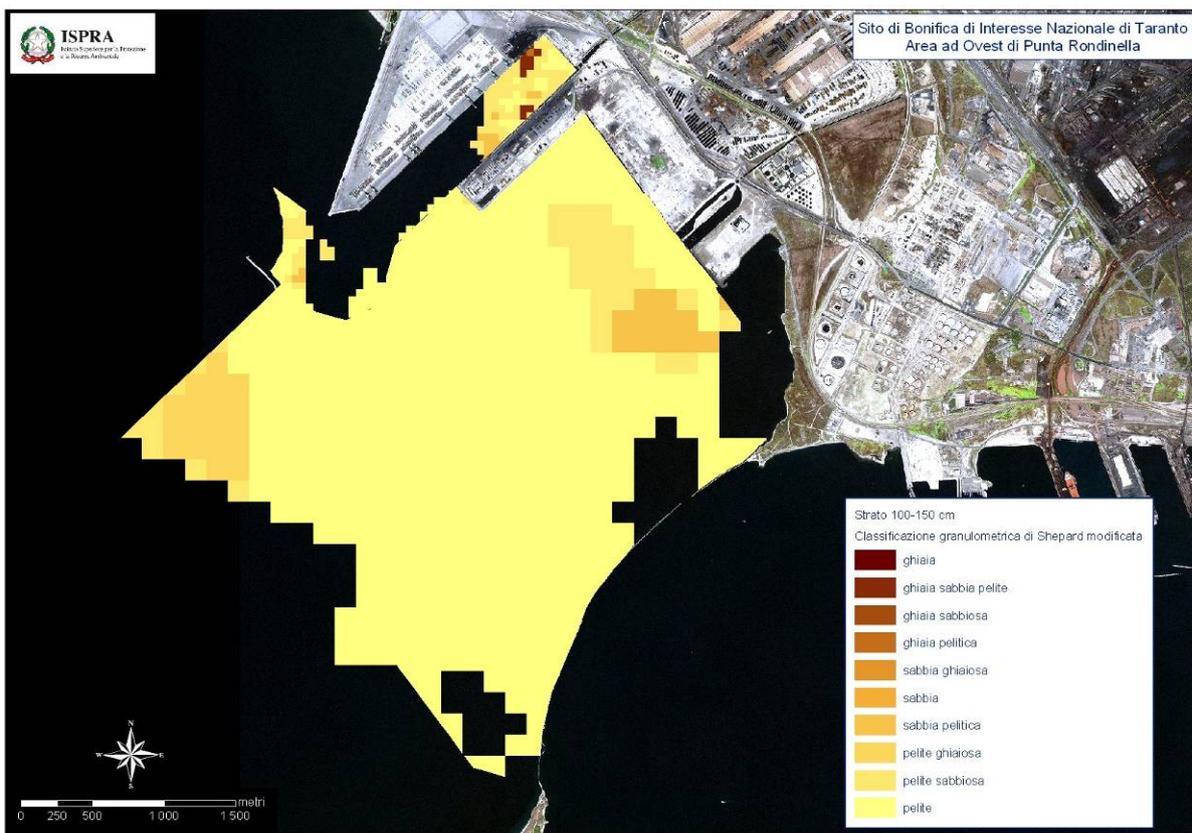
Le caratteristiche sedimentologiche presenti nei sedimenti più superficiali tendono a mantenersi simili nei livelli sottostanti, anche se con un definito gradiente di diminuzione, fino al limite di profondità caratterizzato. Una significativa anomalia si riscontra solo all'interno della Darsena Polisetoriale dove all'aumentare della profondità corrisponde invece un incremento della frazione più grossolana.



**Figura 3:** Classificazione granulometrica dei sedimenti dell'area ad ovest di Punta Rondinella. Livello 0-50 cm



**Figura 4:** Granulometria dei sedimenti dell'area ad ovest di Punta Rondinella. Livello 50-100 cm



**Figura 5:** Granulometria dei sedimenti dell'area ad ovest di Punta Rondinella. Livello 100-150 cm

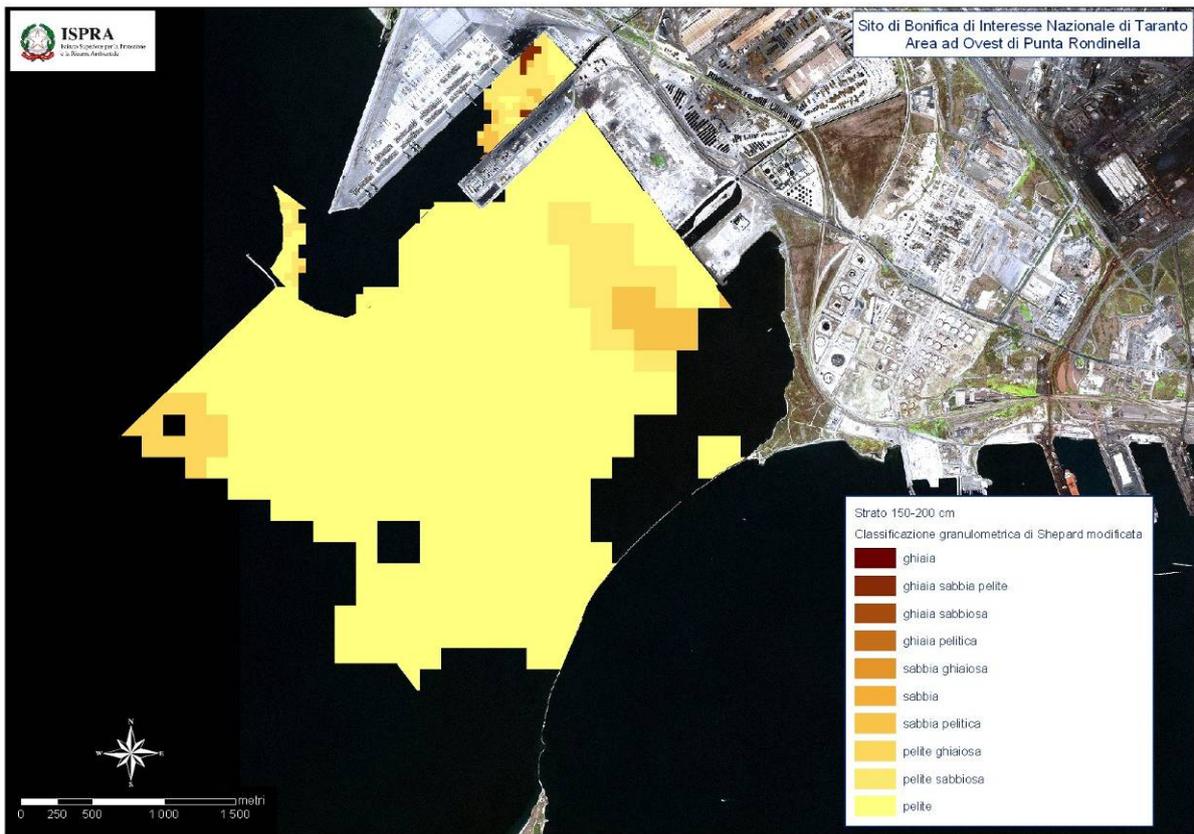


Figura 6: Granulometria dei sedimenti dell'area ad ovest di Punta Rondinella. Livello 150-200 cm

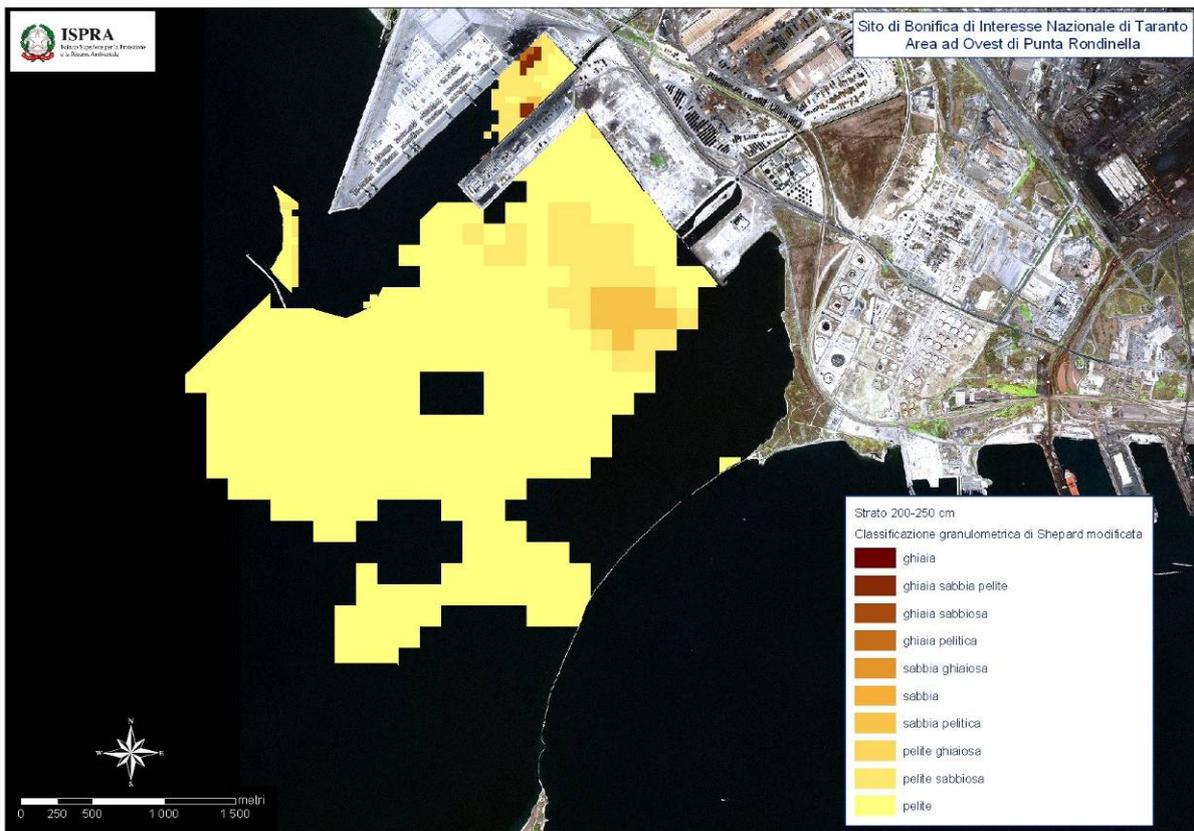


Figura 7: Granulometria dei sedimenti dell'area ad ovest di Punta Rondinella. Livello 200-250 cm

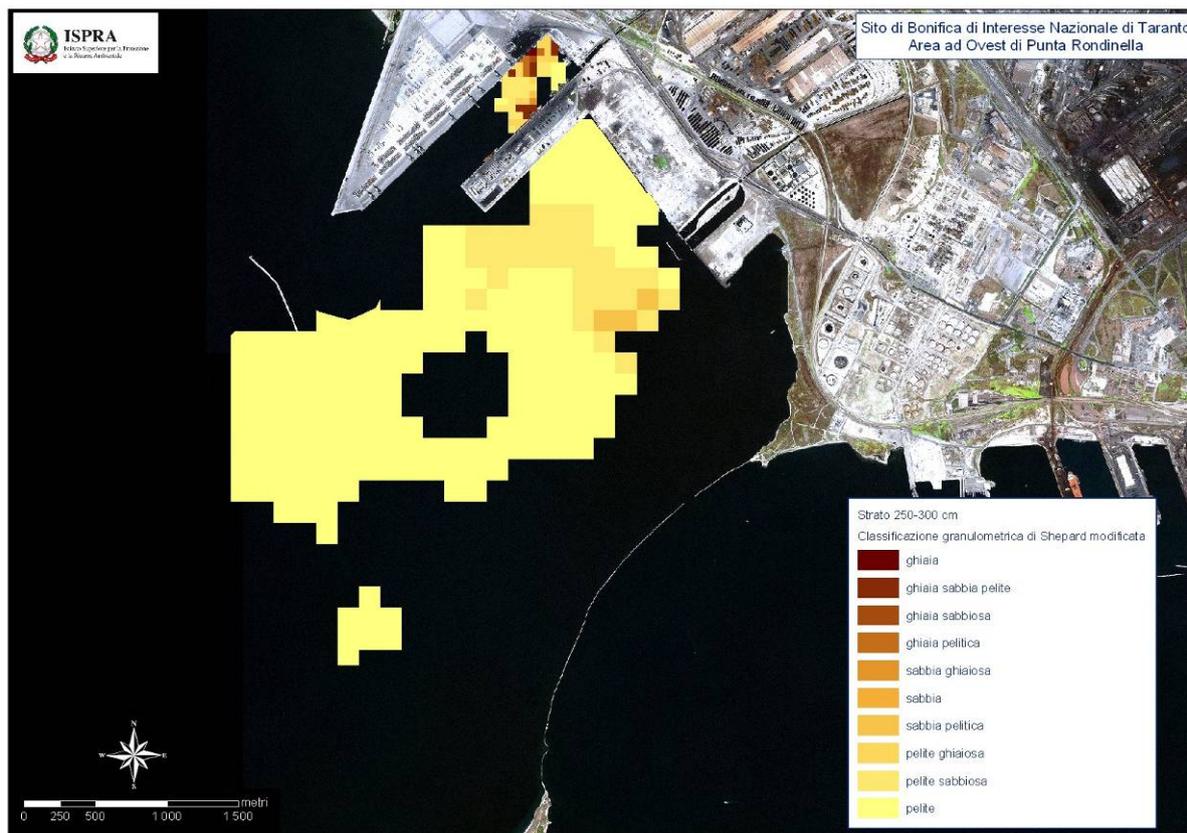


Figura 8: Granulometria dei sedimenti dell'area ad ovest di Punta Rondinella. Livello 250-300 cm

### **Risultati delle indagini chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche effettuate sui sedimenti**

Ai fini della discussione dei risultati, in Figura 9 è riportata una immagine di inquadramento dell'area ad ovest di Punta Rondinella.

Le indagini chimiche eseguite nell'area in esame hanno evidenziato uno stato di contaminazione rilevante dovuto principalmente alle elevate concentrazioni di composti organici, come IPA ed Idrocarburi Pesanti, e ad alcuni metalli (Mercurio, Rame e Arsenico). Le aree maggiormente impattate risultano essere: l'area destinata al riempimento Molo V (area R1) e le aree immediatamente adiacenti ad essa ed alla costa (area D2 ed area antistante il primo scarico ILVA) e la parte interna della Darsena Polisettoriale.

Gli IPA totali mostrano concentrazioni molto elevate, anche superiori, in alcune aree, al limite definito nella Colonna B Allegato 5 al Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06. In particolare i superamenti della Colonna B interessano prevalentemente i primi 2 metri di spessore di sedimento indagato delle aree R1 e D2 ed i primi 50 cm di spessore dell'area più interna della Darsena Polisettoriale. La massima concentrazione, pari a 1490 mg/kg s.s., è stata determinata nello strato superficiale dell'area R1.

Si osservano inoltre numerosi superamenti del valore di intervento che interessano, nello strato più superficiale, la quasi totalità della Darsena Polisettoriale, l'area R1 e la rimanente area adiacente alla costa fino a circa 1 km dalla stessa. Negli strati più profondi emerge una maggiore localizzazione delle aree interessate ai superamenti del valore di intervento che, nello strato più profondo (200-250 cm) interessano la sola area R1.

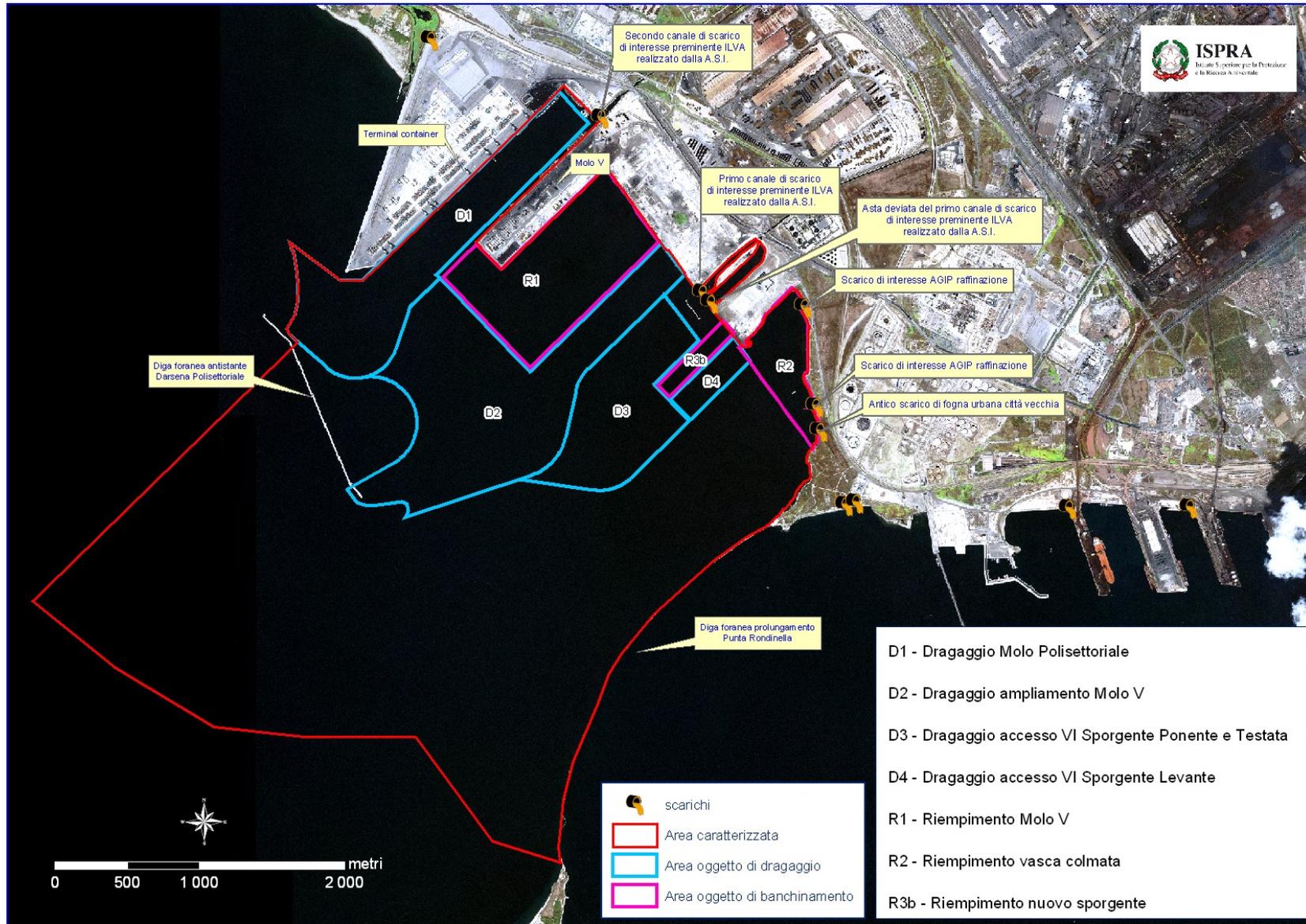


Figura 9: Inquadramento area ad ovest di Punta Rondinella



Tra gli IPA determinati, il composto più critico è risultato essere il Benzo(a)pirene, il quale oltre ai numerosi superamenti della Colonna B, essenzialmente localizzati nelle aree dove è stata riscontrata la principale contaminazione legata agli IPA totali, ha evidenziato anche concentrazioni superiori al limite definito per la classificazione di pericolosità (D.M. 7 novembre 2008). Queste ultime sono localizzate nello strato più superficiale di un'area adiacente il Terminal Container, nella parte interna della Darsena Polisettoriale, e dell'area R1 .

Rilevante è risultata essere anche la concentrazione degli Idrocarburi totali, essenzialmente costituiti dai soli Idrocarburi pesanti (gli Idrocarburi leggeri sono risultati spesso inferiori al limite di quantificazione e, laddove quantificati, la loro concentrazione non ha superato i 10 mg/kg s.s.).

Le concentrazioni degli Idrocarburi totali hanno spesso superato i 1000 mg/kg s.s. e, in alcuni casi, il superamento è risultato associato alle concentrazioni di Benzo(a)pirene superiori a 100 mg/kg s.s. individuate, portando a classificare pericoloso il sedimento corrispondente (secondo quanto indicato nel parere ISS n. 0032074 del 23 giugno 2009 “ *Criteri di classificazione dei rifiuti contenenti idrocarburi – Integrazione del parere ISS del 05/07/2006 n. 0036565* ”). I superamenti di 1000 mg/kg s.s., non associati a concentrazioni di Benzo(a)pirene superiori a 100 mg/kg s.s., sono localizzati nell'area compresa tra il Molo V ed il primo scarico ILVA, dove raggiungono lo strato 200-250 cm, e nella parte interna della Darsena Polisettoriale, dove raggiungono lo strato 100-150 cm.

E' stata inoltre evidenziata una contaminazione legata a metalli, in particolar modo Piombo, Cadmio, Zinco, Mercurio, Rame e Arsenico; per gli ultimi tre si osservano anche superamenti della Colonna B Allegato 5 al Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06.

Nel dettaglio, Mercurio, Arsenico e Rame presentano superamenti del valore di intervento, che interessano gran parte dell'area indagata, almeno negli strati più superficiali. In generale i superamenti dei valori di intervento relativi ai metalli indicati interessano principalmente la Darsena Polisettoriale e le aree interne alle dighe foranee; dette aree vanno a ridursi, localizzandosi nelle aree più vicine alla costa ed al Molo V, scendendo nei livelli profondi. I superamenti più elevati (maggiori della colonna B del D.Lgs. 152/06) relativi al Mercurio sono localizzati nell'area adiacente Punta Rondinella, limitatamente allo strato 100-150 cm

I superamenti di Colonna B dell'Arsenico interessano lo strato più superficiale nell'area adiacente Punta Rondinella e lo strato 150-200 cm in un'area adiacente il Terminal Container.

I superamenti di Colonna B del Rame interessano il solo strato più superficiale di un'area adiacente la diga foranea prolungamento di Punta Rondinella.

Tra i metalli è stato inoltre individuato un unico superamento della Colonna B per il Vanadio, localizzato nello strato più superficiale della Darsena Polisettoriale, in corrispondenza della parte interna dell'imboccatura del porto fuori rada. Sono stati inoltre osservati alcuni superamenti del valore di intervento relativamente a Nichel e Cromo, che interessano aree limitate e comunque interessate da superamenti di altri metalli.

Per quanto riguarda i composti organici, gli esiti della caratterizzazione hanno presentato diversi superamenti del valore di intervento dei PCB totali; tali superamenti interessano gli strati superficiali della parte interna della Darsena Polisettoriale, dell'area R1 e delle aree ad essa adiacenti lungo la costa, fino a raggiungere il primo scarico ILVA. Detti superamenti si spingono, fino allo strato 150-200 cm, localizzandosi in una parte molto ristretta e vicina alla costa dell'area R1. Inoltre, sono stati evidenziati superamenti della Colonna B per i PCB totali limitatamente allo strato 100-150 cm dell'area R1.

Anche i Pesticidi, determinati esclusivamente nell'ambito della caratterizzazione eseguita dal Commissario Delegato, hanno mostrato superamenti dei limiti di riferimento considerati. In particolare sono emersi superamenti della Colonna B per il DDE, localizzati nel primo metro di sedimento indagato dell'area antistante il pontile ILVA ed adiacente la Darsena Polisettoriale. Tra i diversi pesticidi determinati, oltre DDE, anche DDD, DDT,  $\alpha$ -Esaclorocicloesano,  $\beta$ -

Esaclorocicloesano,  $\gamma$ -Esaclorocicloesano, Aldrin e Dieldrin mostrano superamenti dei relativi valori di intervento, che interessano prevalentemente i primi due metri di sedimento indagato nell'area compresa tra il pontile ed il primo scarico ILVA.

Si osservano, infine, alcuni superamenti del valore di intervento relativi ai composti organostannici, tutti localizzati nello strato più superficiale della parte interna della Darsena Polisettoriale. E' risultata particolarmente rilevante la concentrazione determinata in una stazione adiacente il Molo V, essa è infatti risultata pari a 16900  $\mu\text{g}/\text{kg}$  s.s., quindi maggiore di oltre due ordini di grandezza il corrispondente valore di intervento.

Sono riportate nel seguito le carte contenenti l'elaborazione complessiva e le risultanti superfici a differente contaminazione per l'area ad Ovest di Punta Rondinella (dalla Figura 10 alla Figura 15), rappresentate in strati consecutivi di sedimento di spessore di 50 cm fino alla profondità di 3 m, o meno nel caso in cui la contaminazione si arresti prima di tale quota.



Figura 10: Visualizzazione dei superamenti totali in Area Ovest Punta Rondinella relativi alla strato 0-50 cm

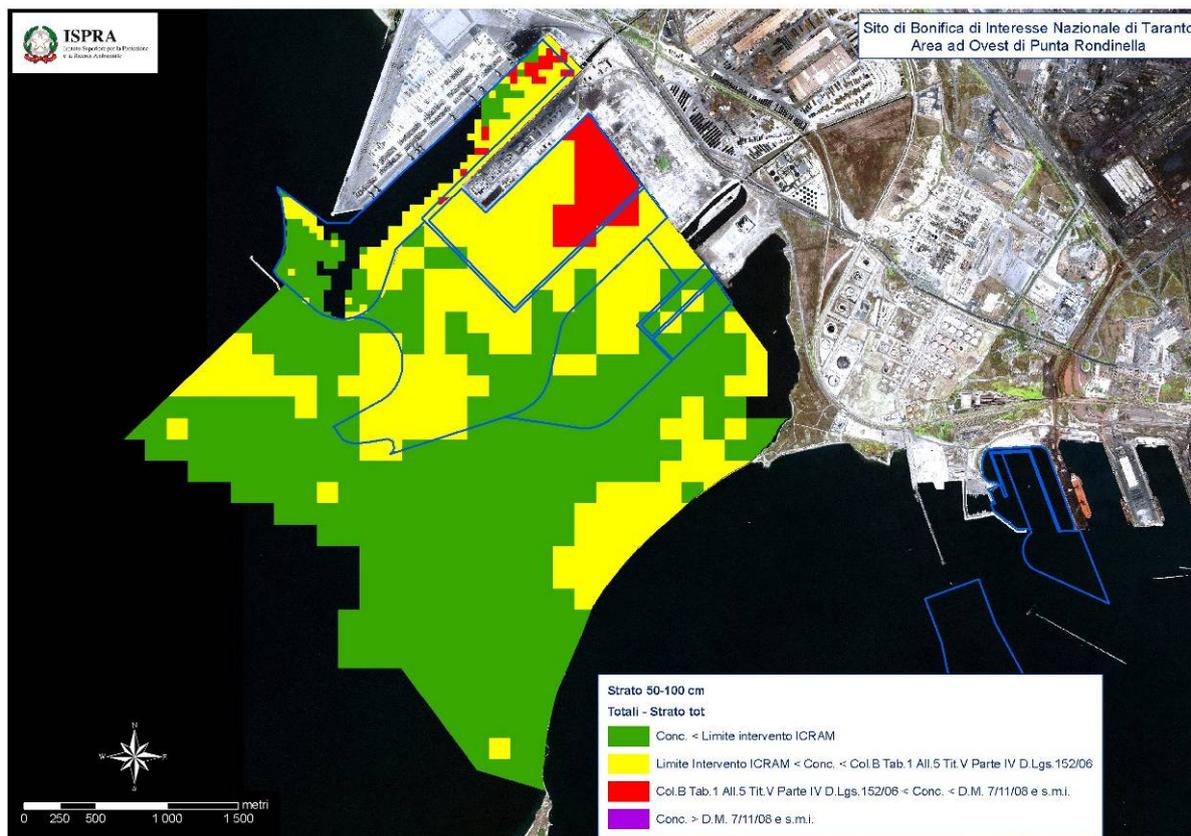


Figura 11: Visualizzazione dei superamenti totali in Area Ovest Punta Rondinella relativi alla strato 50-100 cm

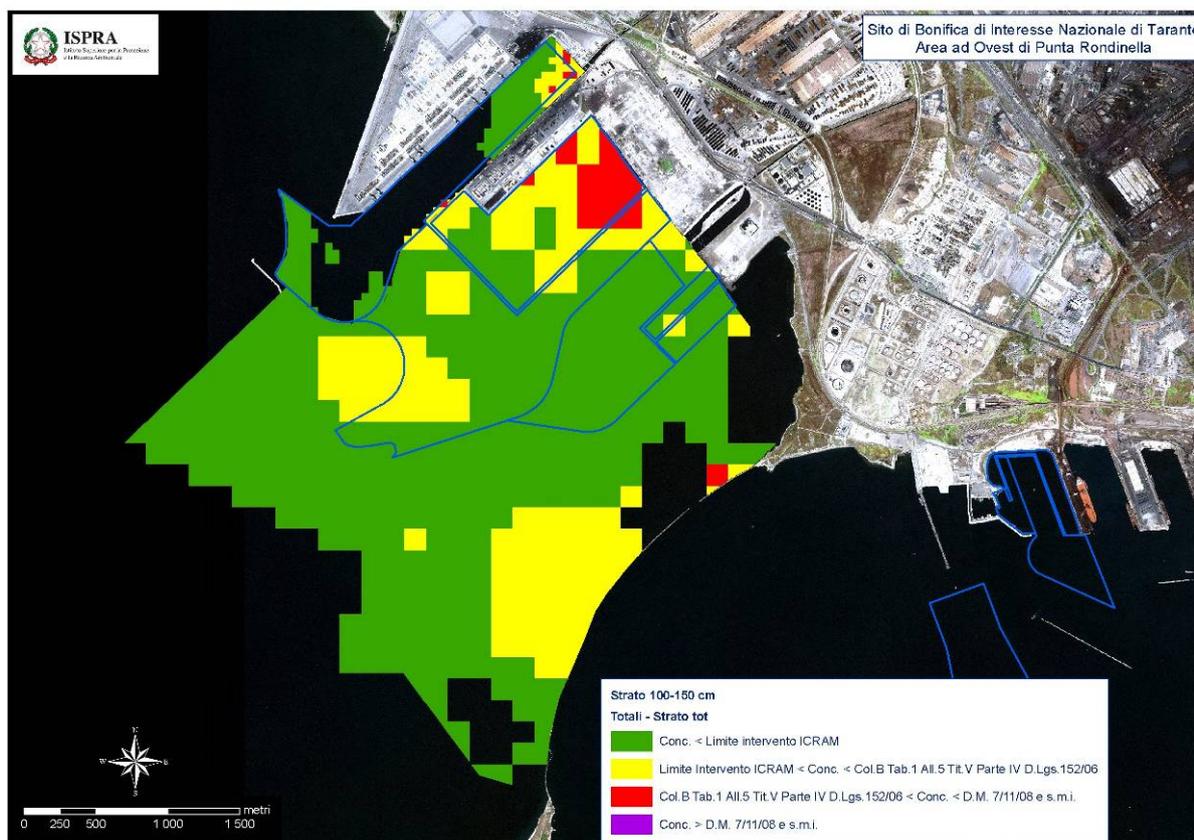


Figura 12: Visualizzazione dei superamenti totali in Area Ovest Punta Rondinella relativi alla strato 100-150 cm

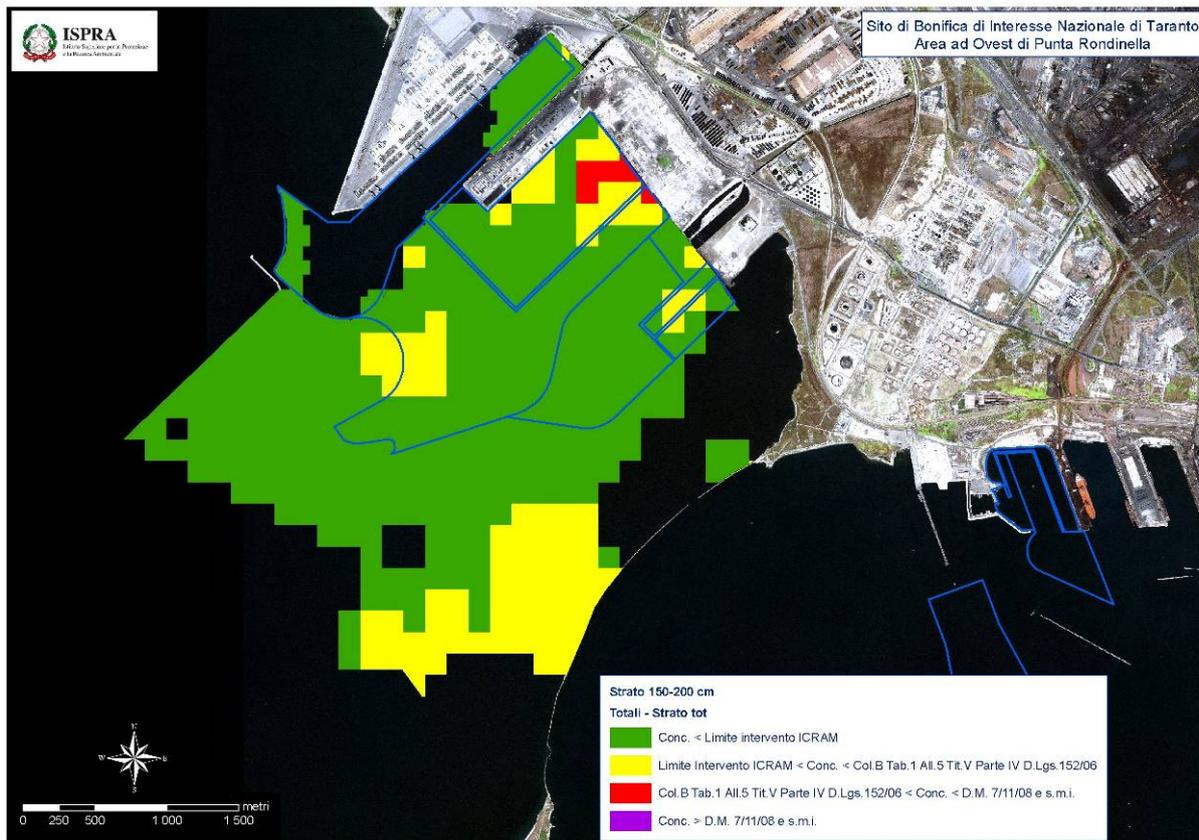


Figura 13: Visualizzazione dei superamenti totali in Area Ovest Punta Rondinella relativi alla strato 150-200 cm

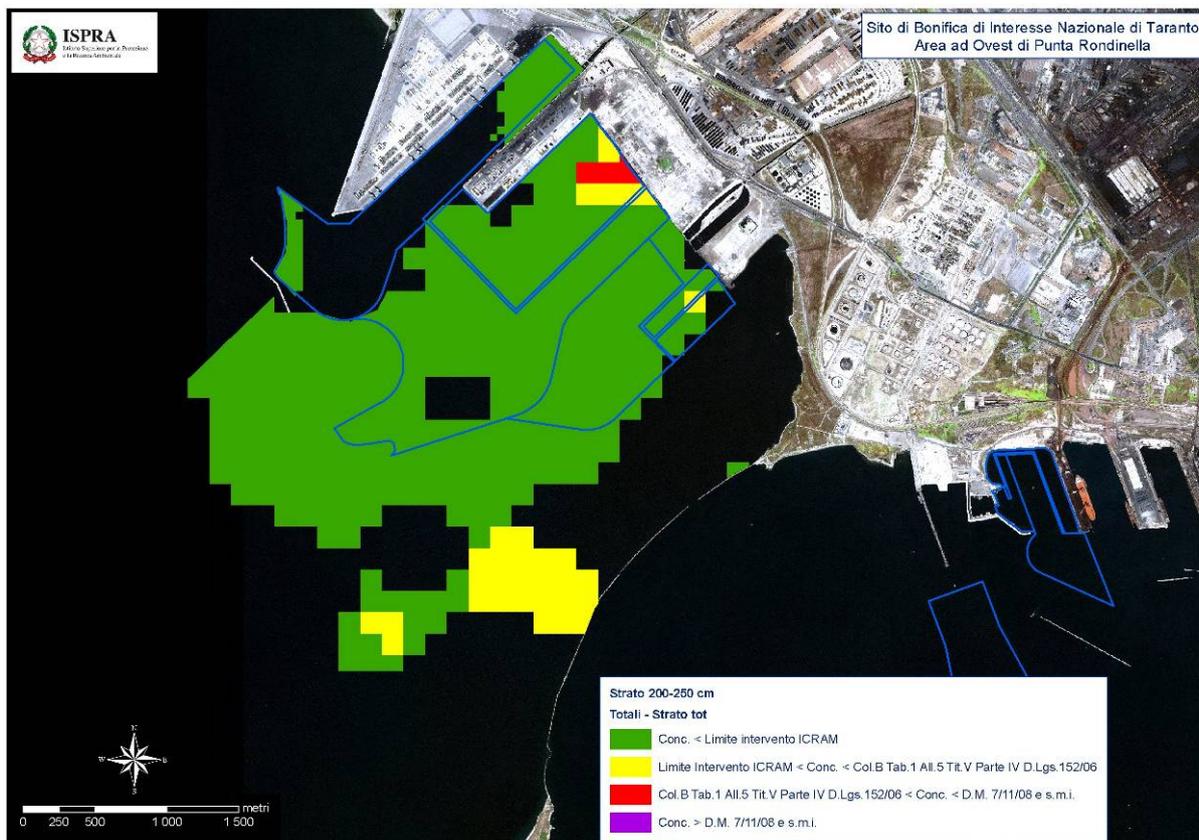
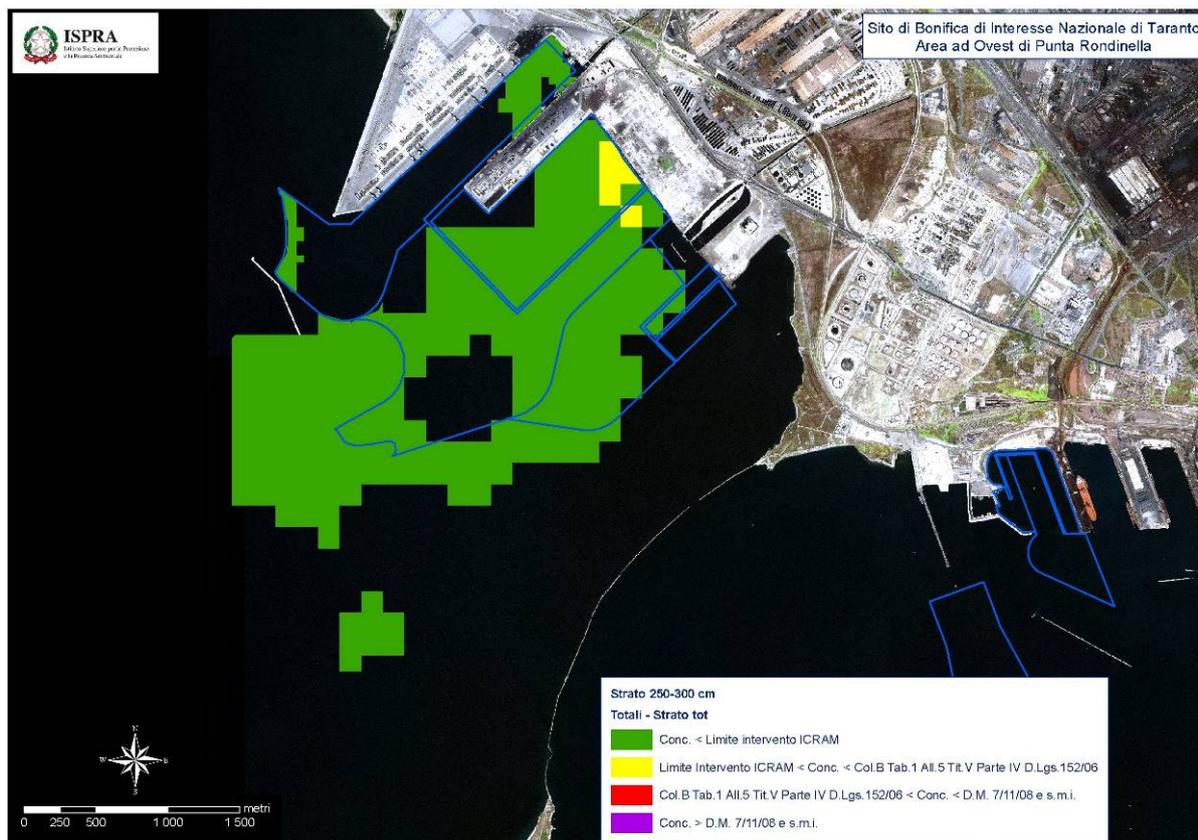


Figura 14: Visualizzazione dei superamenti totali in Area Ovest Punta Rondinella relativi alla strato 200-250 cm



**Figura 15:** Visualizzazione dei superamenti totali in Area Ovest Punta Rondinella relativi alla strato 250-300 cm

Dall'osservazione dei risultati delle indagini microbiologiche, effettuate sui sedimenti afferenti allo strato 0-50 cm, non si evincono particolari situazioni di inquinamento microbiologico. Infatti, non è stata rilevata la presenza di organismi patogeni, quali la Salmonella, e le concentrazioni di streptococchi fecali e spore di clostridi solfito riduttori non danno evidenza di contaminazione di origine fecale né recente né pregressa.

Ad eccezione dell'area della Darsena Polisettoriale, le risultanze dei saggi biologici (organismi utilizzati: *V. fischeri*, *Brachionus plicatilis*; matrici indagate con almeno un organismo: elutriato, fase solida) non hanno evidenziate situazioni di particolare criticità; tutti i campioni, infatti, risultano sostanzialmente privi di tossicità acuta o con tossicità trascurabile, ad eccezione del profondo campione prelevato a ridosso della radice del Molo V, per il quale è stata rilevata tossicità elevata.

Per quanto concerne l'area della Darsena Polisettoriale, tutti i saggi biologici (organismi utilizzati: *V. fischeri*, *Brachionus plicatilis*, *Corophium orientale*, *Dunaliella tertiolecta*; matrici indagate con almeno un organismo: elutriato, fase solida, sedimento tal quale) presentano effetti di tossicità più o meno evidenti, più intensi nella parte interna della darsena, a ridosso dello scarico industriale. Tuttavia, sono presenti anche alcuni campioni per i quali più che di effetti tossici si può parlare di una situazione di biostimolazione, che potrebbe essere attribuibile sia alla presenza in concentrazioni relativamente basse di contaminanti che innescano una reazione di crescita come risposta ad una condizione di stress, sia all'arricchimento in nutrienti della matrice analizzata per via del processo stesso di elutriazione che favorisce la solubilizzazione di nitrati e fosfati.

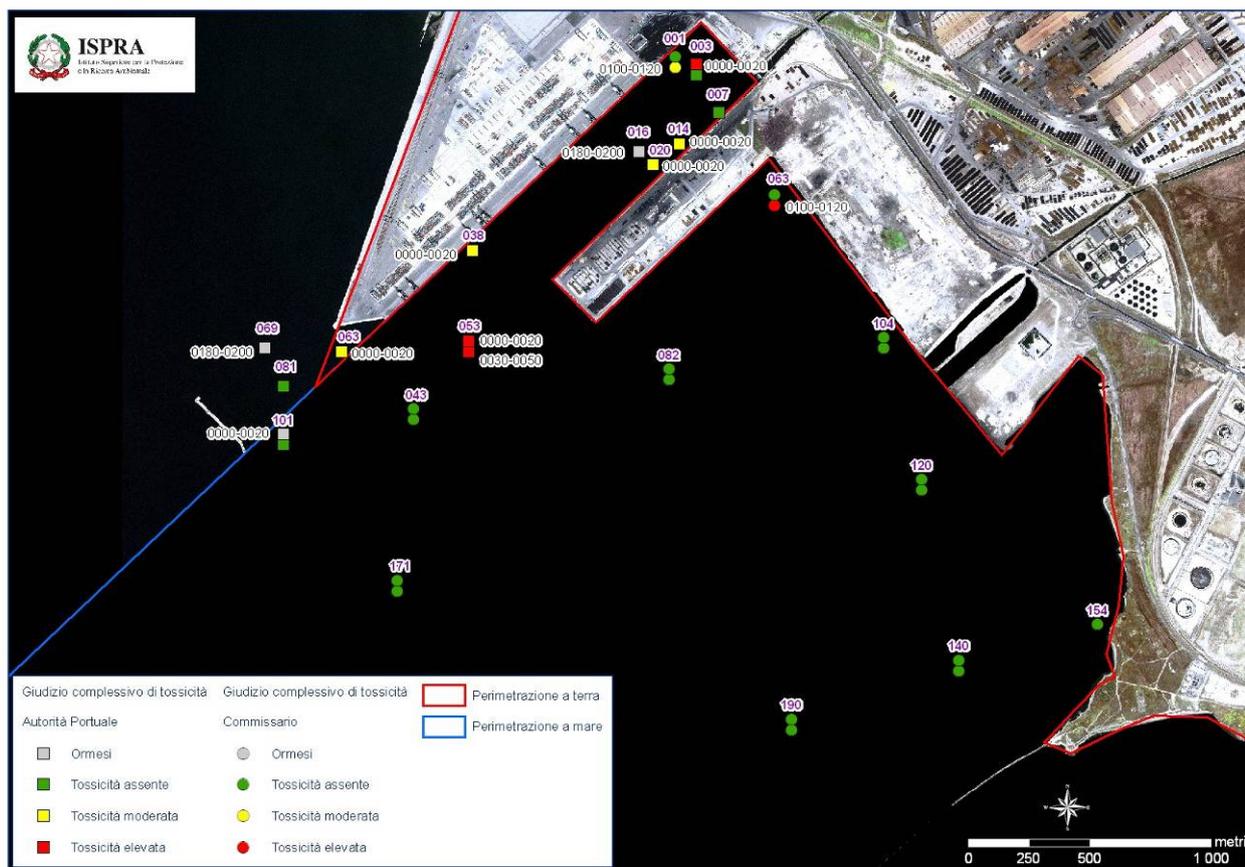


Figura 16: Giudizio sintetico di tossicità dei campioni prelevati nell'area ad ovest di Punta Rondinella

## 5.2.2 Mar Grande I Lotto

### Risultati delle indagini granulometriche effettuate sui sedimenti

Anche i sedimenti del Mar Grande I Lotto mostrano un'elevata variabilità della composizione granulometrica; risultano, infatti, caratterizzati da peliti e peliti sabbiose, con frequenti campioni sabbioso pelitici e sabbiosi; meno frequenti risultano, invece, quelli con elevati tenori della frazione ghiaiosa, più frequenti nell'area ad ovest di Punta Rondinella. Quest'ultima, infatti, risulta quasi generalmente assente ad eccezione del settore più orientale dell'area indagata ed ad ovest del IV Sporgente, dove percentuali di ghiaia arrivano rispettivamente fino al 27% e al 15%.

La frazione sabbiosa risulta, insieme alle frazioni pelitiche (limo e argilla), quella con le percentuali più significative e frequenti nei sedimenti dell'area indagata: una percentuale del 28% per la sabbia, 40% per il limo e 28% per l'argilla sono i valori medi che generalmente si riscontrano nei sedimenti del Mar Grande I Lotto con picchi rispettivamente di 98%, 84% ed 81% a testimoniare la loro elevata variabilità tessiturale.

Le caratteristiche granulometriche si mantengono con la stessa distribuzione anche nei livelli sottostanti, ad eccezione dell'incremento della componente più grossolana, costituita da sabbie e sabbie ghiaiose, che si registra fino ai 3 metri indagati. Tale gradiente è particolarmente evidente nell'area più orientale del Mar Grande I Lotto ed in alcune zone antistanti gli sporgenti del porto. Anche il settore più meridionale dell'area indagata presenta questa caratteristica che però, trovandosi proprio al limite estremo dell'area, potrà essere confermata solo dal completamento della caratterizzazione dell'intero Mar Grande.

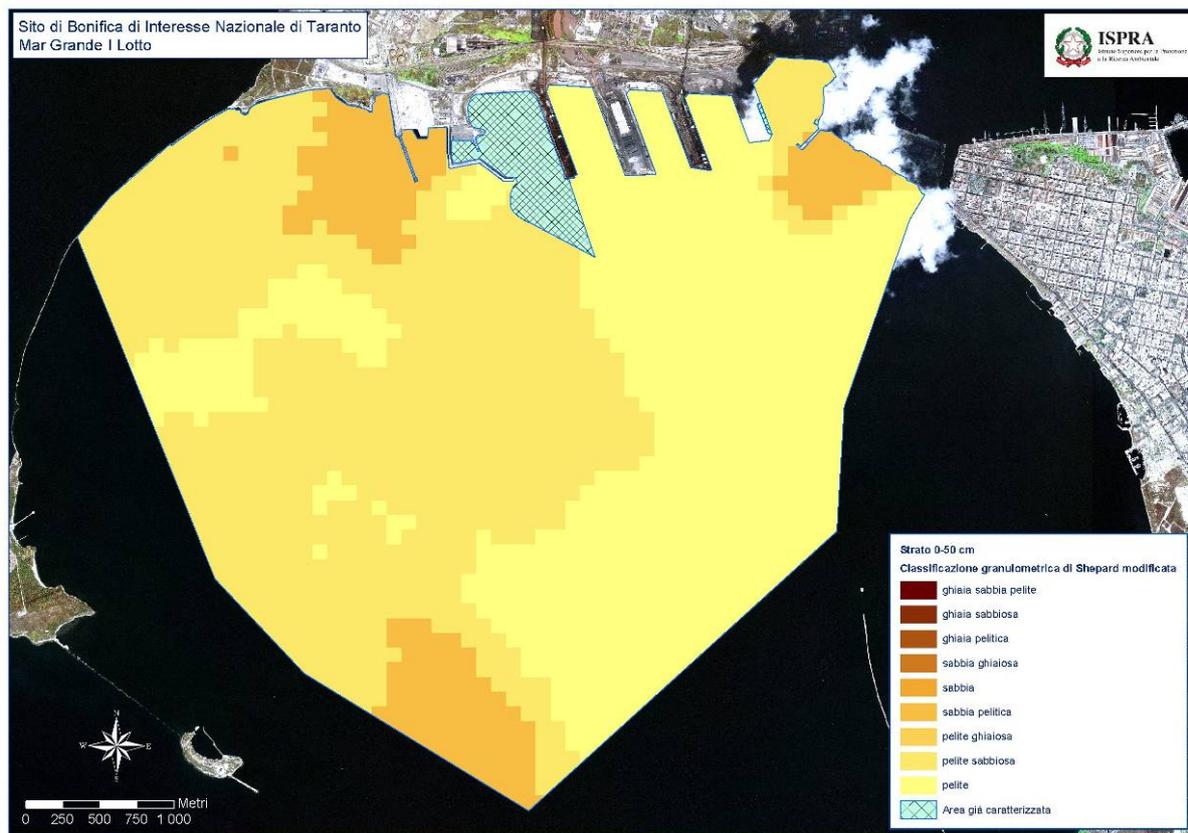


Figura 17: Granulometria dei sedimenti dell'area del Mar Grande. Livello 0-50 cm

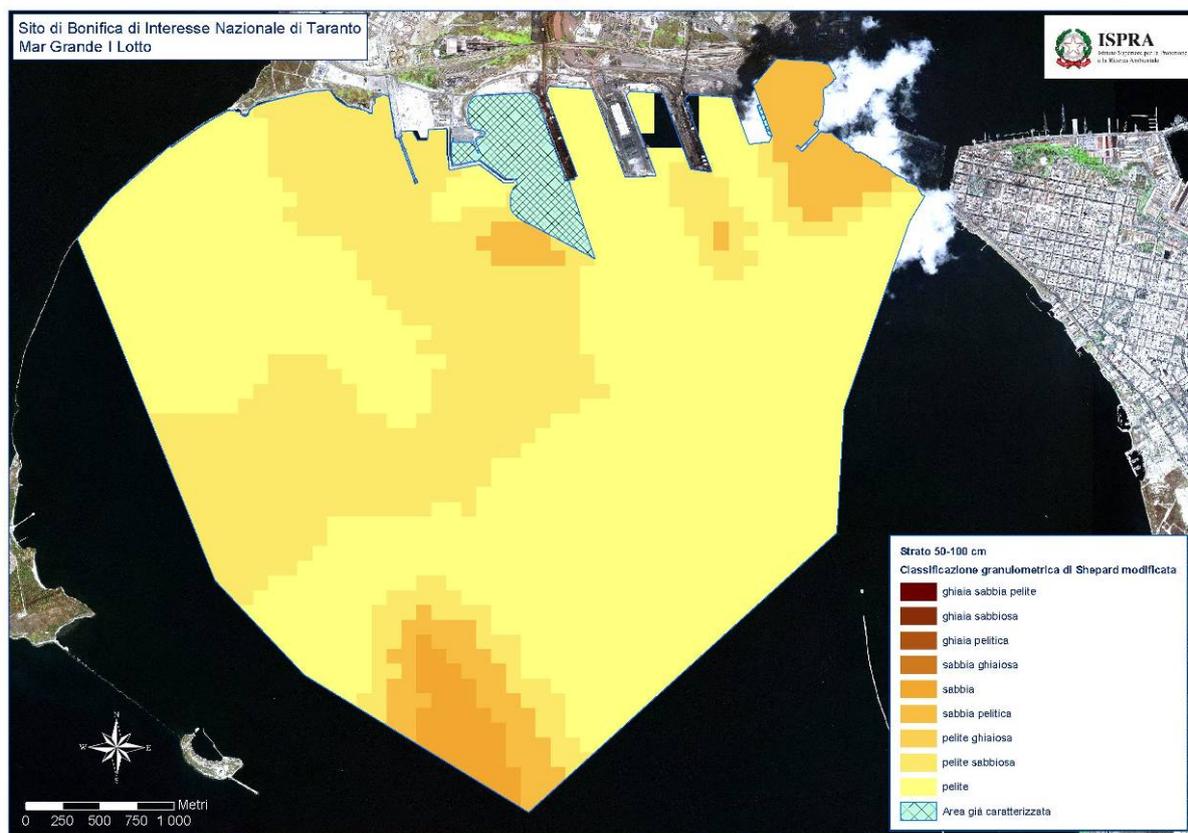


Figura 18: Granulometria dei sedimenti dell'area del Mar Grande. Livello 50-100 cm

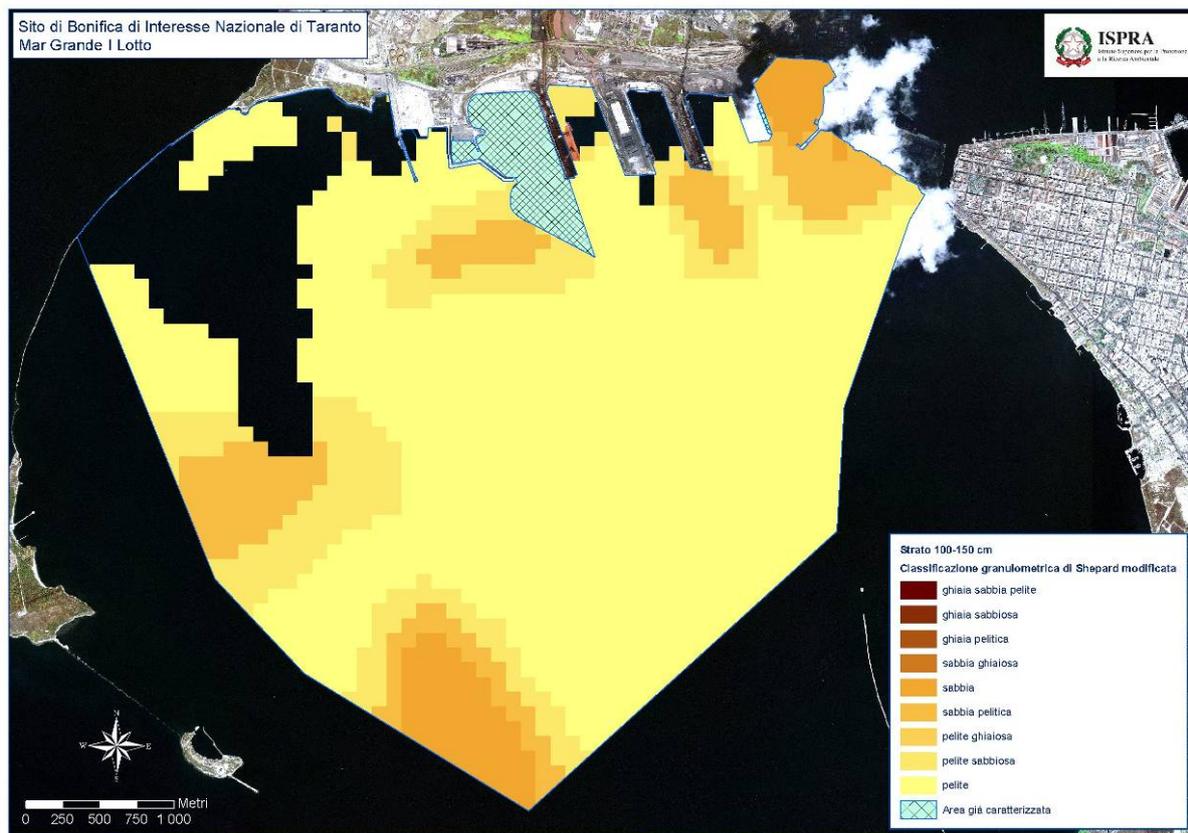


Figura 19: Granulometria dei sedimenti dell'area del Mar Grande. Livello 100-150 cm

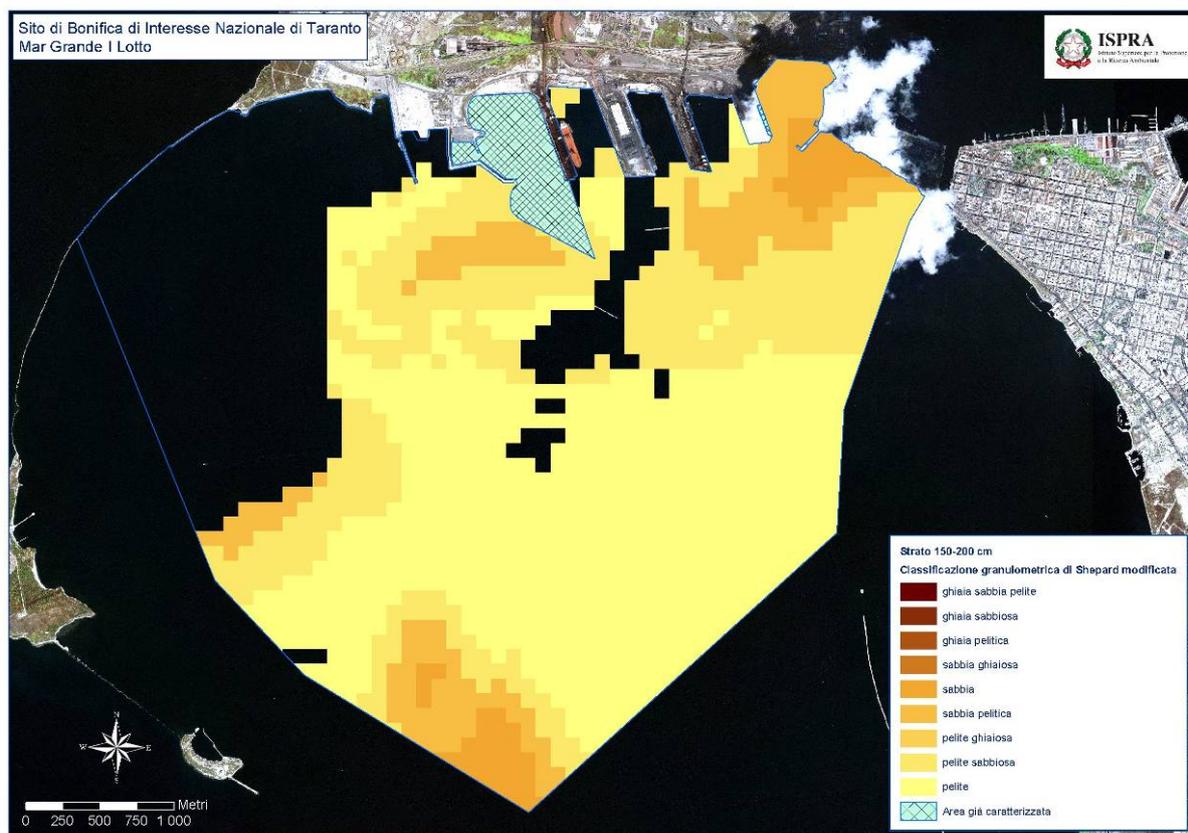


Figura 20: Granulometria dei sedimenti dell'area del Mar Grande. Livello 150-200 cm

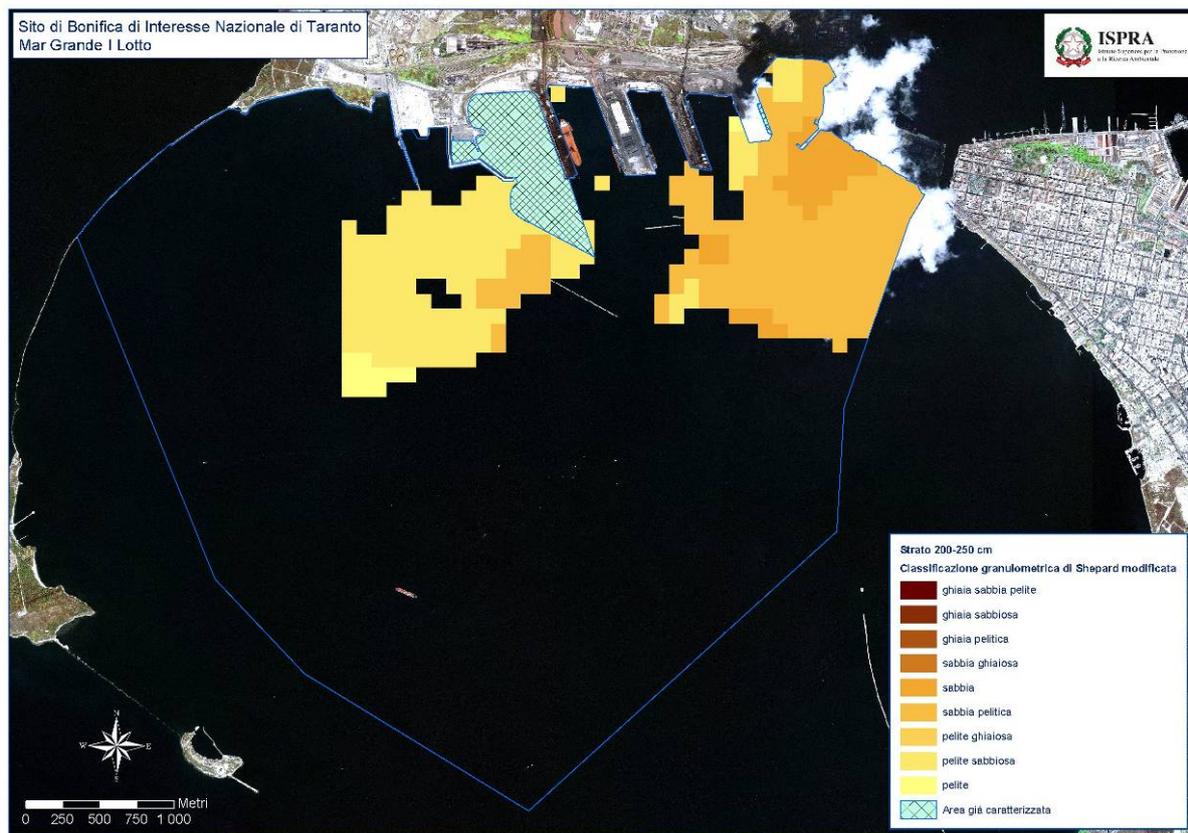


Figura 21: Granulometria dei sedimenti dell'area del Mar Grande. Livello 200-250 cm

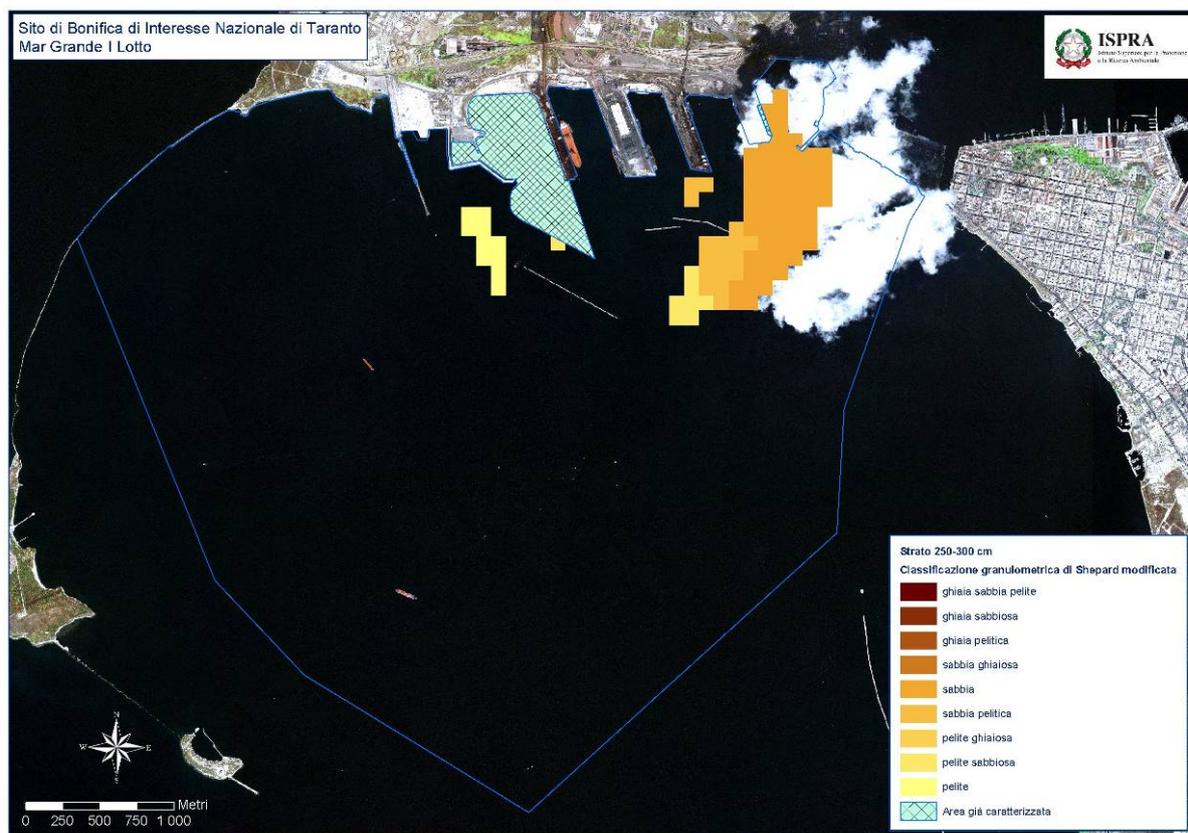


Figura 22: Granulometria dei sedimenti dell'area del Mar Grande. Livello 250-300 cm



**Risultati delle indagini chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche effettuate sui sedimenti**

Dall'osservazione dei risultati analitici relativi all'area di Mar Grande I Lotto, la contaminazione antropica riscontrata risulta essere localizzata ed interessare principalmente l'area che dalla Darsena Capitaneria di Porto si estende verso sud, lungo tutto il confine dell'area Mar Grande I Lotto e l'area di ancoraggio in prossimità del terminale oleodotto; altre aree, ben più limitate, nelle quali è stata individuata la contaminazione sono l'interno della darsena Taranto e della darsena compresa tra il II ed il III Sporgente e, limitatamente ad alcuni contaminanti, pochi punti in prossimità dell'area del IV Sporgente.

La contaminazione individuata si esaurisce entro il primo metro di sedimento indagato ed è relativa alla presenza di concentrazioni superiori ai rispettivi valori intervento prevalentemente per metalli ed elementi in tracce quali Mercurio (Hg) e Piombo (Pb) e, in misura minore, Zinco (Zn) e Rame (Cu). In particolare, tra gli inquinanti inorganici che incidono in modo significativo sullo stato di contaminazione dell'area in esame, si evidenzia il Hg per il quale si registrano, nell'area lungo il confine dell'area Mar Grande I Lotto ed in prossimità del terminale oleodotto, anche alcuni superamenti del valore di concentrazione limite riportato in col. B tab. 1 all. 5 al titolo V alla parte IV del D.Lgs. 152/06, in campioni afferenti ai livelli superficiali.

Negli strati di sedimento indagato al di sotto del primo metro (100-150 cm e 150-200 cm) si segnalano solo alcuni superamenti dei valori di intervento, limitatamente a Pb e Zn, localizzati in prossimità dell'accesso alla darsena di Taranto, dove vi è indicazione della presenza di una risorgenza, dovuta ad una polla di acqua dolce sotterranea.

Il contributo dovuto ai contaminanti organici risulta molto meno evidente, è limitato alle aree all'interno delle darsene o in prossimità delle stesse, ed è correlato alla presenza di Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), pesticidi ed in minima parte a Policlorobifenili (PCB).

Sono riportate nel seguito le carte contenenti l'elaborazione complessiva e le risultanti superficiali da bonificare per il Mar Grande I Lotto (dalla Figura 23 alla Figura 26), rappresentate in strati consecutivi di sedimento di spessore di 50 cm fino alla profondità di 3 m, o meno nel caso in cui la contaminazione si arresti prima di tale quota.

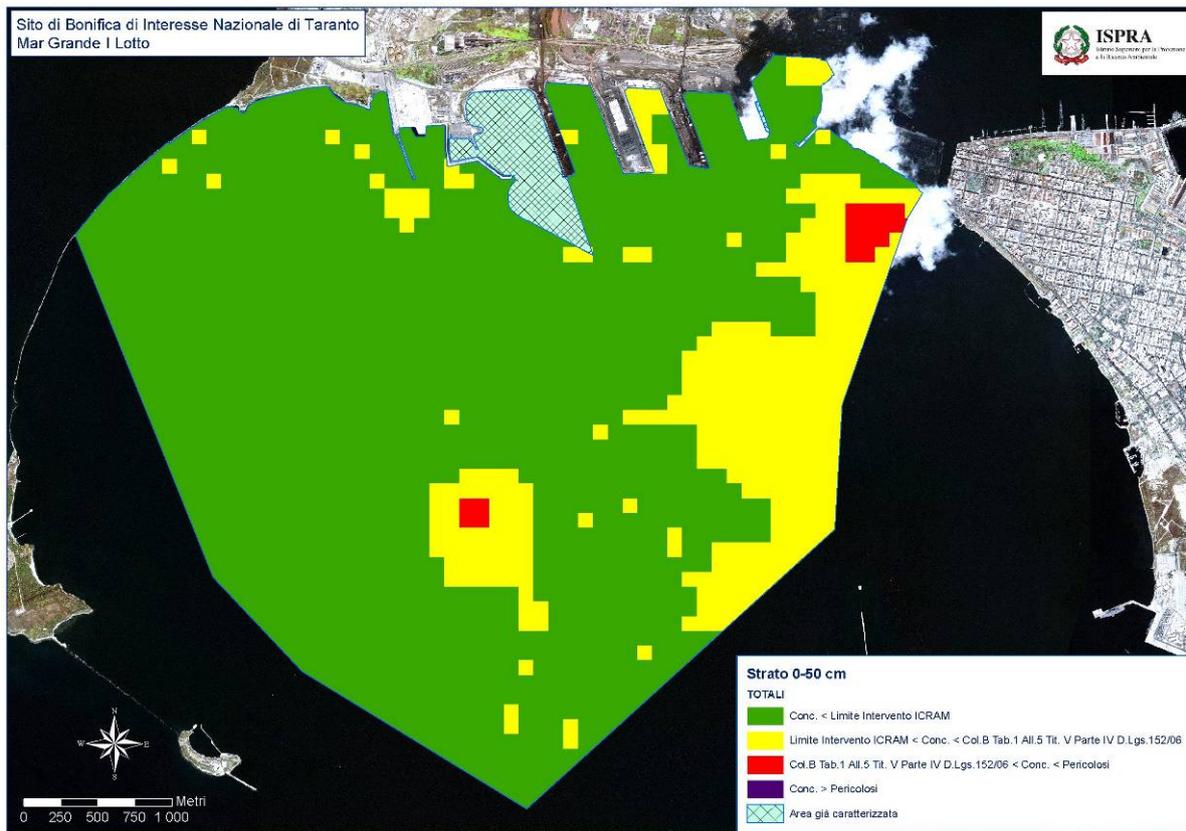


Figura 23: Visualizzazione dei superamenti totali in Mar Grande I Lotto relativi alla strato 0-50 cm

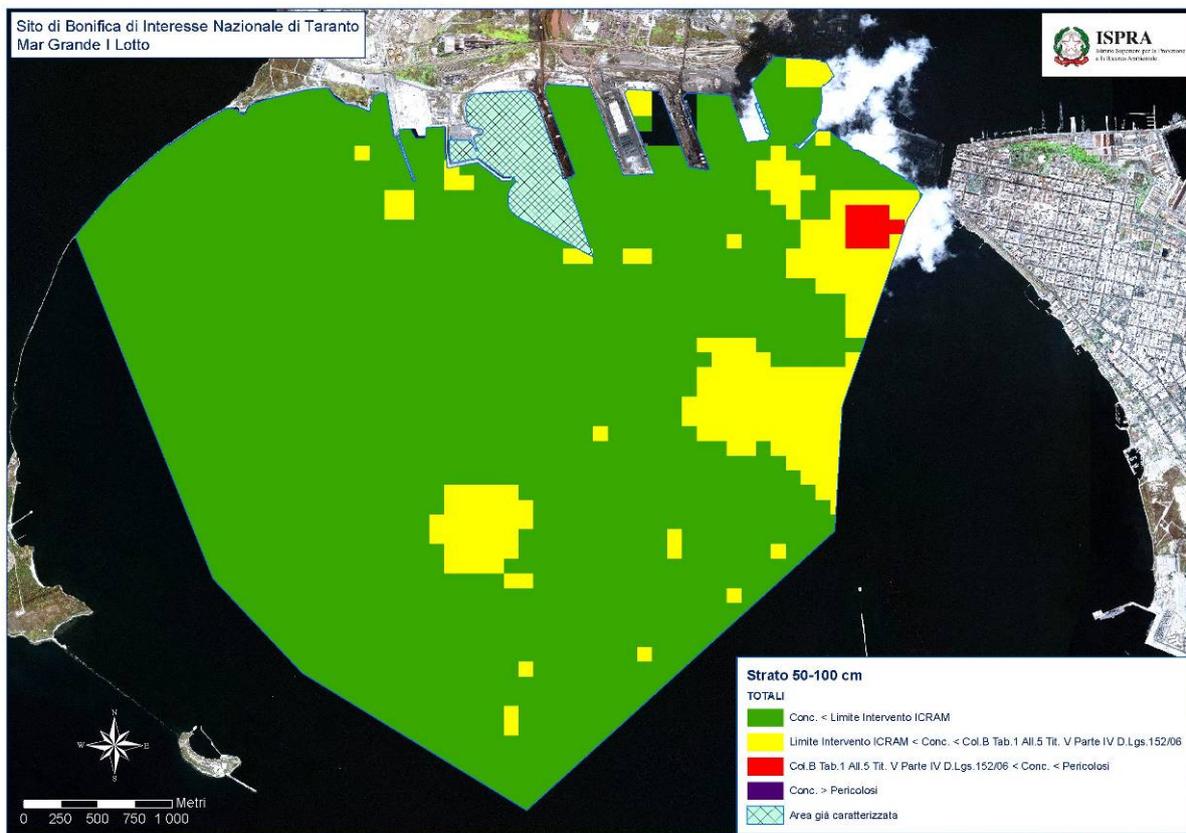


Figura 24: Visualizzazione dei superamenti totali in Mar Grande I Lotto relativi alla strato 50-100 cm

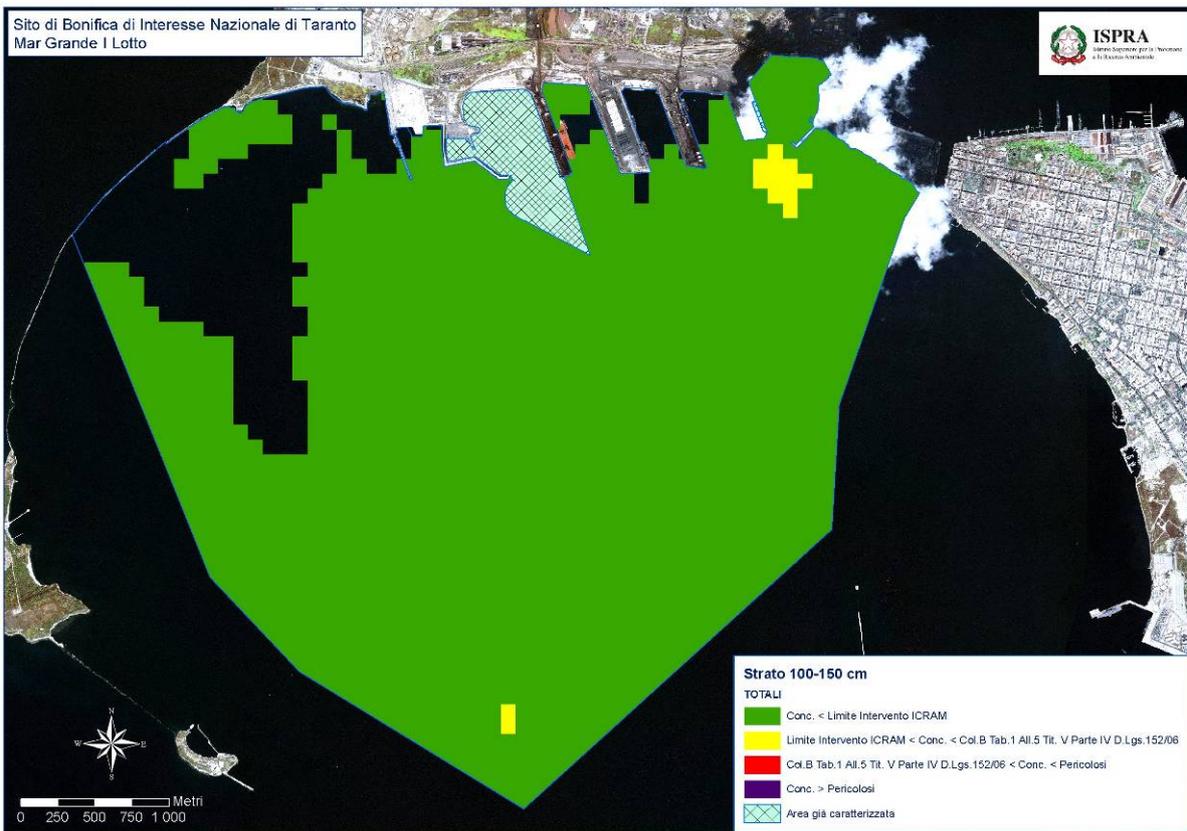


Figura 25: Visualizzazione dei superamenti totali in Mar Grande I Lotto relativi alla strato 100-150 cm

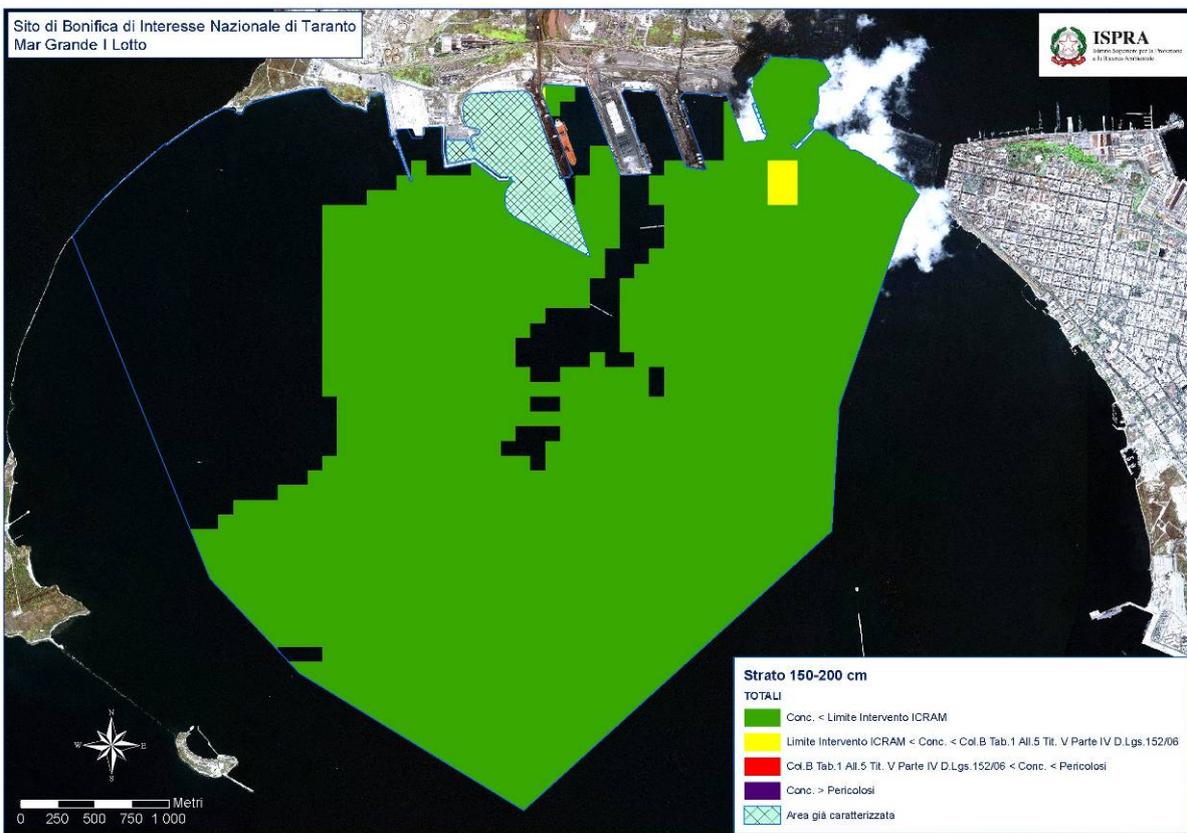


Figura 26: Visualizzazione dei superamenti totali in Mar Grande I Lotto relativi alla strato 150-200 cm

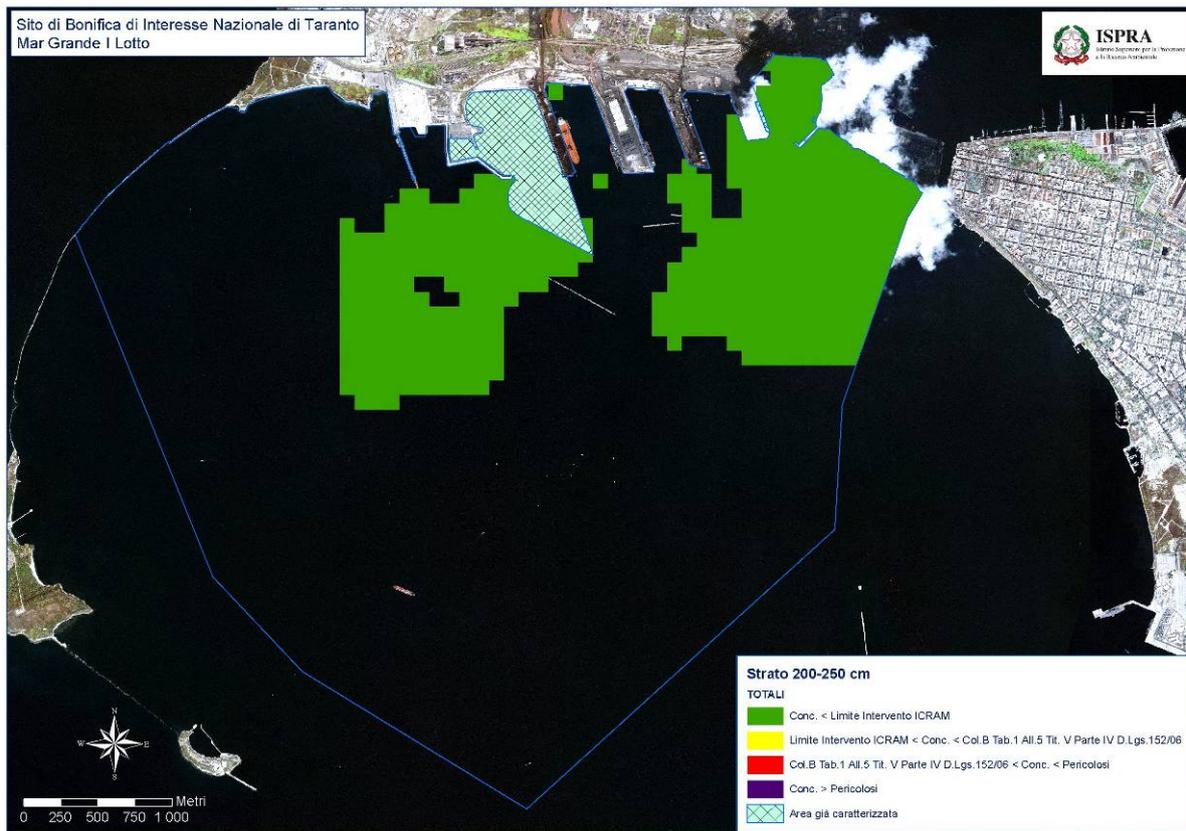


Figura 27: Visualizzazione dei superamenti totali in Mar Grande I Lotto relativi alla strato 200-250 cm

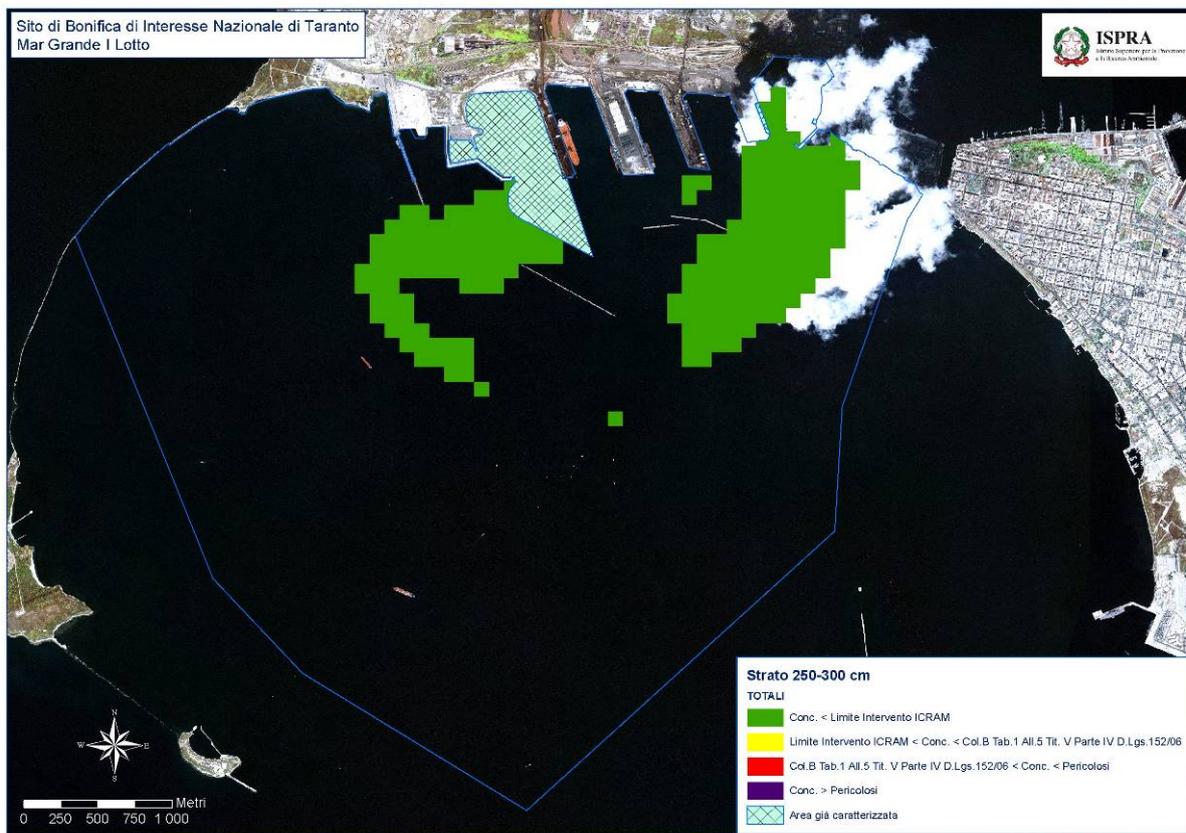


Figura 28: Visualizzazione dei superamenti totali in Mar Grande I Lotto relativi alla strato 250-300 cm

Dall'osservazione dei risultati delle indagini microbiologiche, effettuate sui sedimenti afferenti allo strato 0-50 cm, non si evincono particolari situazioni di inquinamento microbiologico. Infatti, non è stata rilevata la presenza di organismi patogeni, quali la Salmonella, e le concentrazioni di streptococchi fecali e spore di clostridi solfito riduttori non danno evidenza di contaminazione di origine fecale né recente né pregressa

Nell'area di Mar Grande, i saggi biologici (organismi utilizzati: *V. fischeri*, *Brachionus plicatilis*; matrici indagate con almeno un organismo: elutriato, fase solida) non hanno evidenziate situazioni di particolare criticità; tutti i campioni, infatti, risultano sostanzialmente privi di tossicità acuta o con tossicità trascurabile.

Lievi alterazioni biologiche sono state rilevate nelle aree che più risentono dell'impatto antropico, ossia in prossimità della Darsena Capitaneria di Porto, all'interno della darsena Taranto, nell'area orientale in prossimità della diga foranea di Punta Rondinella ed in prossimità del terminale oleodotto.

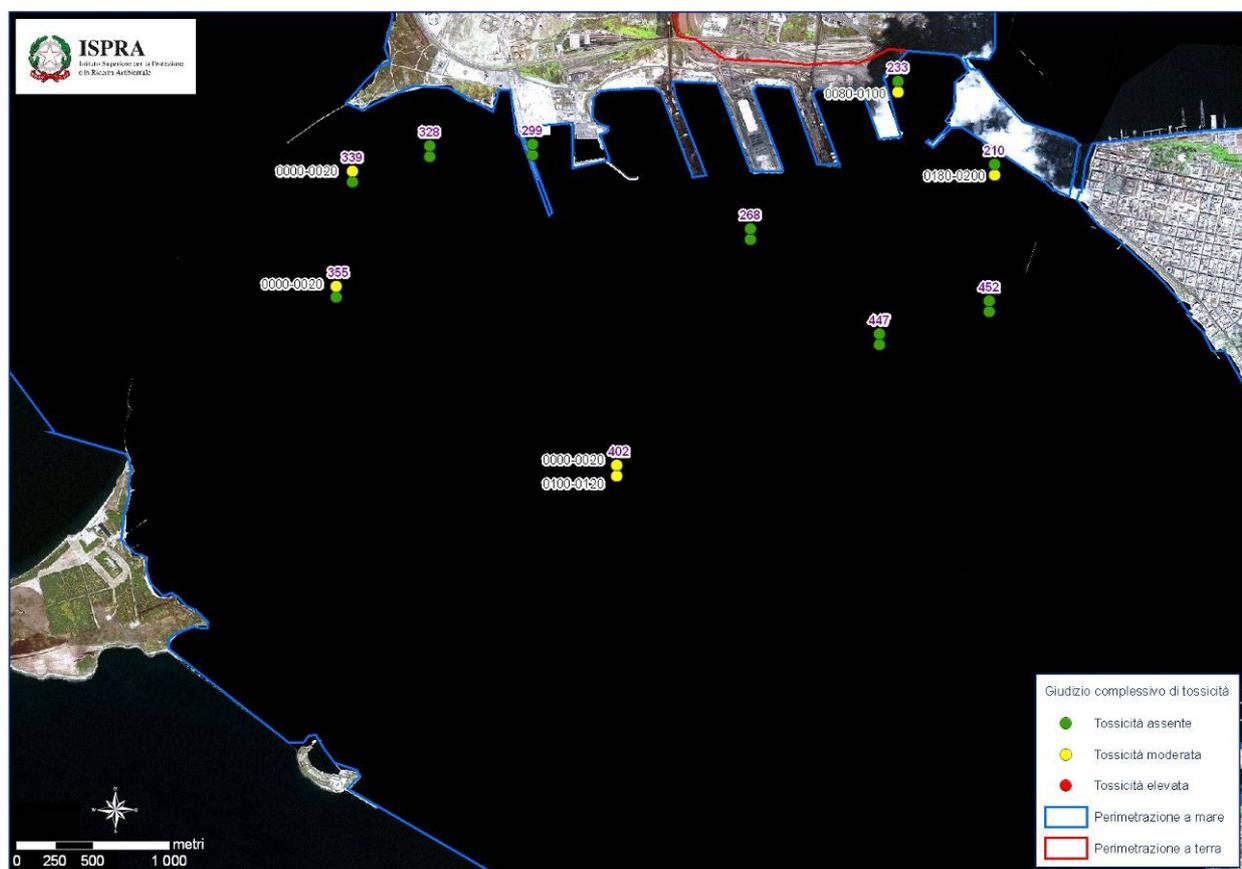


Figura 29: Giudizio sintetico di tossicità dei campioni prelevati nell'area Mar Grande I lotto

Nei paragrafi seguenti si riporta il dettaglio delle caratterizzazioni eseguite in ciascuna singola area.



### 5.2.3 Darsena Polisettoriale

#### Risultati delle indagini granulometriche effettuate sui sedimenti

Per quanto riguarda i risultati delle analisi granulometriche si rimanda al par. 5.2.1.

#### Risultati delle indagini chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche effettuate sui sedimenti

La caratterizzazione eseguita nella Darsena Polisettoriale ha evidenziato uno stato di contaminazione rilevante principalmente legata alle elevate concentrazioni di composti organici, in particolar modo IPA ed Idrocarburi pesanti. Le aree maggiormente impattate risultano essere adiacenti i punti di attracco del Terminal Container e del Molo V, nonché la parte più interna della Darsena, adiacente la costa.

Come già discusso nella parte relativa ai risultati delle indagini chimiche eseguite sull'intera area ad Ovest di Punta Rondinella, gli IPA totali mostrano concentrazioni estremamente elevate, anche superiori al limite definito nella Colonna B Allegato 5 al Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06. I superamenti della Colonna B interessano prevalentemente lo strato superficiale in corrispondenza dell'area adiacente la parte centrale del Terminal Container e ad essa antistante ed adiacente il Molo V, nonché piccole aree della parte più interna della Darsena; detti superamenti raggiungono lo strato 100-150 cm alla radice del Molo V. Per gli IPA totali sono inoltre stati evidenziati numerosi superamenti del valore di intervento che raggiungono lo strato 150-200 cm in corrispondenza di una ristretta area, interna alla Darsena ed adiacente la costa, ma che nello strato superficiale interessano quasi interamente l'area indagata.

Tra gli IPA determinati, il composto più critico è risultato essere il Benzo(a)pirene, per il quale, oltre a diffusi superamenti del valore di intervento e numerosi superamenti della Colonna B, essenzialmente localizzati nelle aree dove è stata riscontrata la principale contaminazione legata agli IPA totali, è stato evidenziato il superamento del limite definito per la classificazione di pericolosità (D.M. 7 novembre 2008). I sedimenti pericolosi sono localizzati nello strato più superficiale dell'area adiacente il settore centrale del Terminal Container, dove è stata determinata la massima concentrazione, pari a 263 mg/kg, s.s.

Gli Idrocarburi totali hanno evidenziato concentrazioni estremamente elevate, anche superiori a 1000 mg/kg s.s. In un campione, inoltre, la concentrazione superiore a 1000 mg/kg s.s. è risultata associata a concentrazioni di Benzo(a)pirene superiori a 100 mg/kg s.s., con conseguente classificazione di pericolosità dei sedimenti corrispondenti. I superamenti di 1000 mg/kg s.s., non associati a concentrazioni di Benzo(a)pirene superiori a 100 mg/kg s.s., sono localizzati nella parte interna della Darsena Polisettoriale e nell'area antistante la parte terminale del Molo V, dove raggiungono lo strato 100-150 cm

Per quanto riguarda i metalli, Arsenico, Zinco, Piombo, Mercurio, Rame, Cadmio e Nichel presentano superamenti del valore di intervento; Arsenico e Vanadio presentano inoltre un superamento del limite della Colonna B Allegato 5 al Titolo V alla Parte IV del D.Lgs. 152/06.

I superamenti del valore di intervento relativi all'Arsenico, nello strato più superficiale, risultano abbastanza diffusi in tutta l'area indagata. Detti superamenti raggiungono lo strato 150-200 cm, dove interessano un'area ristretta adiacente la diga foranea antistante il Molo Polisettoriale.

Lo Zinco ha evidenziato numerosi superamenti del valore di intervento principalmente distribuiti nella parte interna della Darsena e lungo il Molo V fino a raggiungere l'imboccatura della Darsena. I superamenti raggiungono lo strato 100-150 cm dove risultano localizzati nell'area adiacente la costa ed il Molo V.



Anche il Piombo presenta superamenti del valore di intervento, che appaiono diffusi nello strato superficiale e che nello strato più profondo, 100-150 cm, si localizzano nell'area adiacente la costa e la radice del Molo V.

Il Mercurio mostra, nello strato superficiale, superamenti isolati del valore di intervento distribuiti lungo la Darsena. I superamenti raggiungono lo strato 50-100 cm, dove risultano localizzati nell'area antistante il Molo V.

Il Rame ed il Cadmio presentano superamenti puntuali del valore di intervento che, nello strato superficiale, interessano l'area adiacente la costa ed il Molo V, nonché limitatamente al Rame l'imboccatura della Darsena, e che raggiungono lo strato 100-150 cm, dove risultano localizzati nella sola parte interna della Darsena, adiacente la costa ed il Molo V

Il Nichel mostra superamenti puntuali del valore intervento che, nello strato superficiale interessano l'area adiacente il terminal Container e l'imboccatura della Darsena e raggiungono lo strato 100-150 cm nella sola area direttamente antistante il Molo V.

Arsenico e Vanadio presentano in un unico campione superamenti del limite della Colonna B, che per l'Arsenico è localizzato in un'area adiacente il Terminal Container nello strato 150-200 cm, mentre per il Vanadio nell'area direttamente antistante il Molo V nello strato più superficiale

Gli esiti della caratterizzazione hanno inoltre evidenziato superamenti del valore di intervento per i PCB totali, che interessano il primo metro di sedimento indagato e che sono essenzialmente localizzati nell'area compresa tra il Molo V ed il Terminal Container.

Infine, per i composti organostannici sono emersi alcuni superamenti del valore di intervento tutti localizzati in corrispondenza di aree di attracco lungo il Molo V ed il Terminal Container. Di particolare rilievo la massima concentrazione determinata nel livello 0-20 cm di un'area adiacente il Molo V e pari a 16,9 mg/kg s.s, maggiore del corrispondente valore di intervento di oltre 3 ordini di grandezza.

Sono riportate nel seguito le carte contenenti l'elaborazione complessiva e le risultanti superfici da bonificare per l'area della Darsena Polisettoriale (dalla alla ), rappresentate in strati consecutivi di sedimento di spessore di 50 cm fino alla profondità di 3 m, o meno nel caso in cui la contaminazione si arresti prima di tale quota.



Figura 30: Darsena Polisetoriale - Visualizzazione dei superamenti totali relativi allo strato 0-50 cm



Figura 31: Darsena Polisetoriale - Visualizzazione dei superamenti totali relativi allo strato 50-100 cm



Figura 32: Darsena Polisetoriale - Visualizzazione dei superamenti totali relativi allo strato 100-150 cm

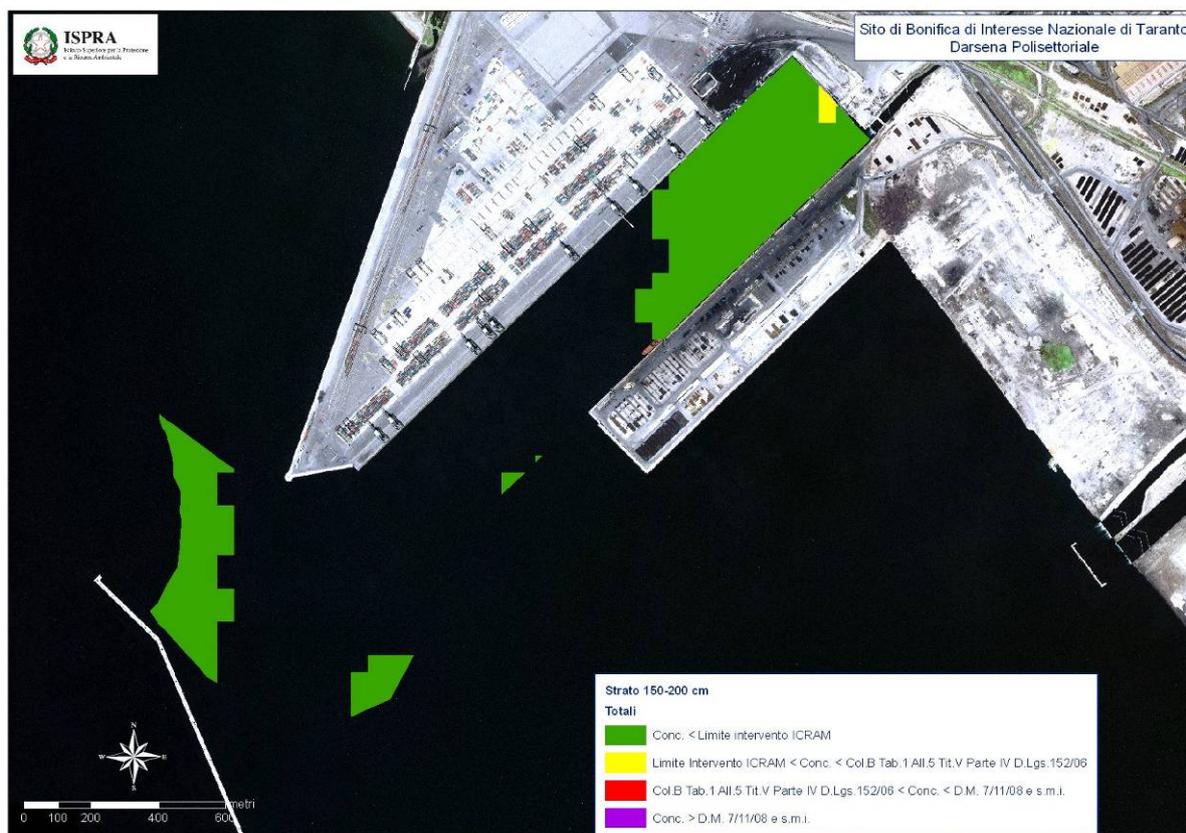


Figura 33: Darsena Polisetoriale - Visualizzazione dei superamenti totali relativi allo strato 150-200 cm

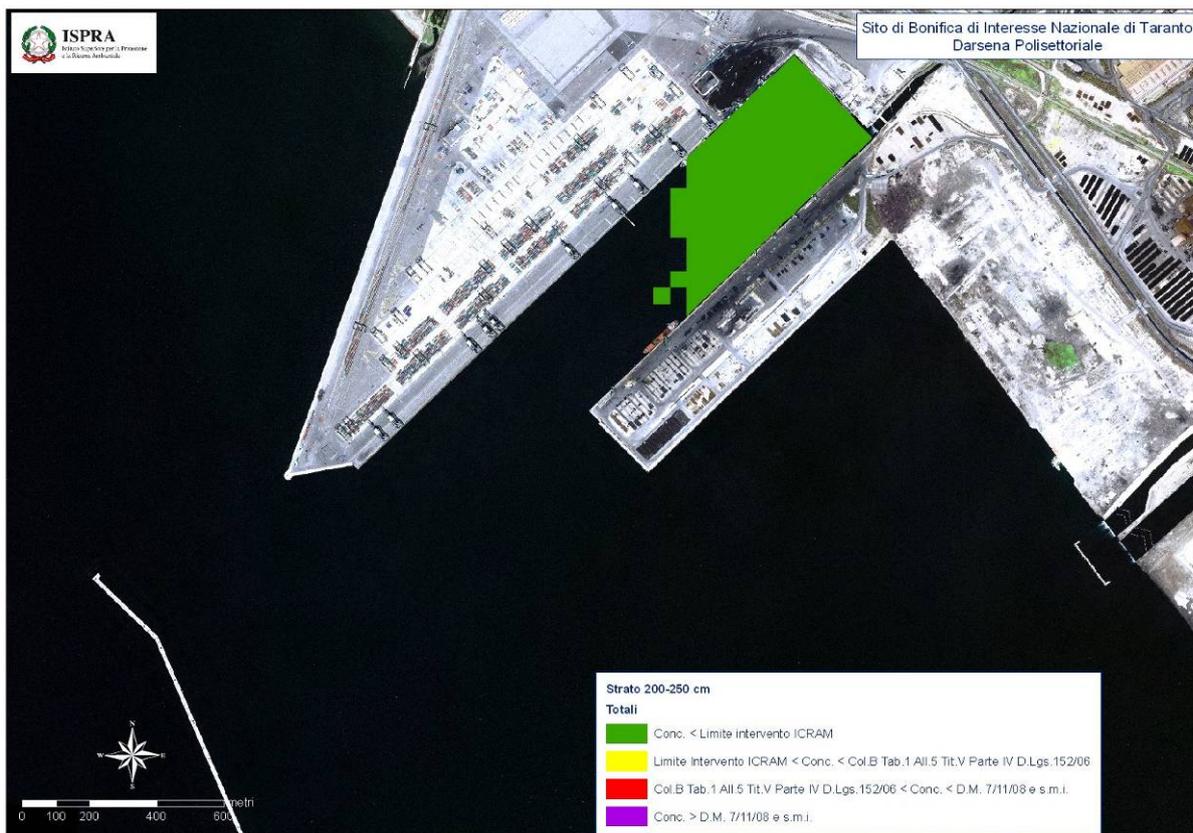


Figura 34: Darsena Polisetoriale - Visualizzazione dei superamenti totali relativi allo strato 200-250 cm

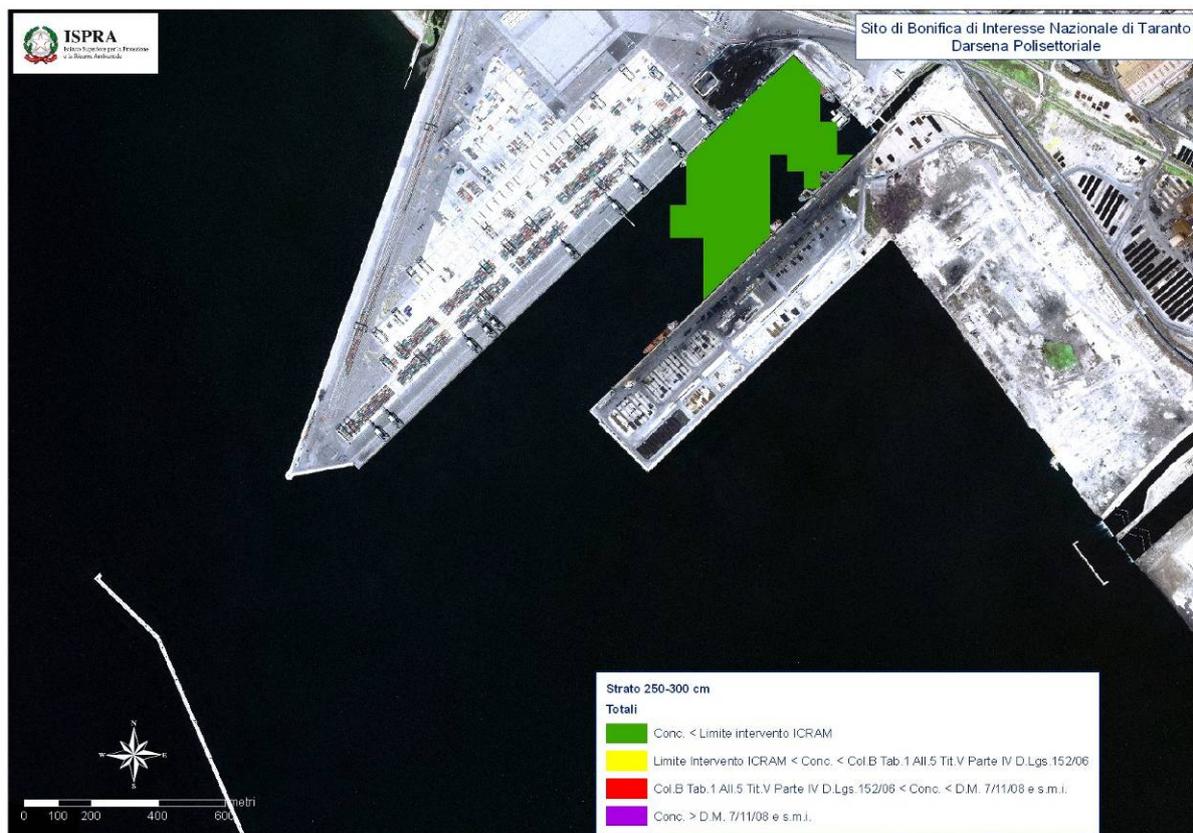


Figura 35: Darsena Polisetoriale - Visualizzazione dei superamenti totali relativi allo strato 250-300 cm



Per quanto riguarda i risultati delle analisi microbiologiche e dei test ecotossicologici si rimanda al par. 5.2.1.

| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limiti Intervento ICRAM < concentrazioni < col B 152/06 | Col. B 152/06 < concentrazioni < 50 mg/kg PCB s.s. | Concentrazioni > 50 mg/kg PCB s.s. |
|---------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 0-50 cm                               | 236 819   | 46 481   | 1 987                              |
| 50-100 cm                             | 92 131  | 21 605   | 0                                  |
| 100-150 cm                            | 16 281  | 2 315  | 0                                  |
| 150-200 cm                            | 186   | 0  | 0                                  |
| 200-250 cm                            | 0   | 0  | 0                                  |
| 250-300 cm                            | 0   | 0  | 0                                  |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>345 417</b>  | <b>70 400</b>                                      | <b>1 987</b>                       |
|                                       | <b>417 804</b>  |  |                                    |

**Tabella 4:** Darsena Polisettoriale - Volumi di sedimento (fino alla profondità di 3 m) con concentrazioni superiori ai valori di intervento

#### **5.2.4 Vasca di contenimento ad ovest di Punta Rondinella**

L'area in esame, ubicata nello specchio acqueo compreso tra il limite della colmata Belleli e Punta Rondinella, è interessata da un progetto di realizzazione di una vasca di colmata.

Tale progetto prevede la realizzazione di un bacino chiuso, delimitato da una diga a scogliera che, partendo dal limite della colmata esistente, mantenendo lo stesso allineamento, "chiude" l'insenatura creando una "vasca" che verrà successivamente utilizzata per il contenimento dei materiali di risulta dei dragaggi.

L'ICRAM (ora ISPRA) ha predisposto per tale area il Piano di caratterizzazione ambientale (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-Pu-T- Vasca di Contenimento-02.01), trasmesso all'autorità Portuale con prot. n. 6968/03 del 23 dicembre 2003.

Le attività di campionamento previste sono state eseguite dall'Autorità Portuale nel mese di Maggio - Giugno 2004. Le relative analisi sono state eseguite da ARPA Puglia - Dipartimento Provinciale di Taranto.

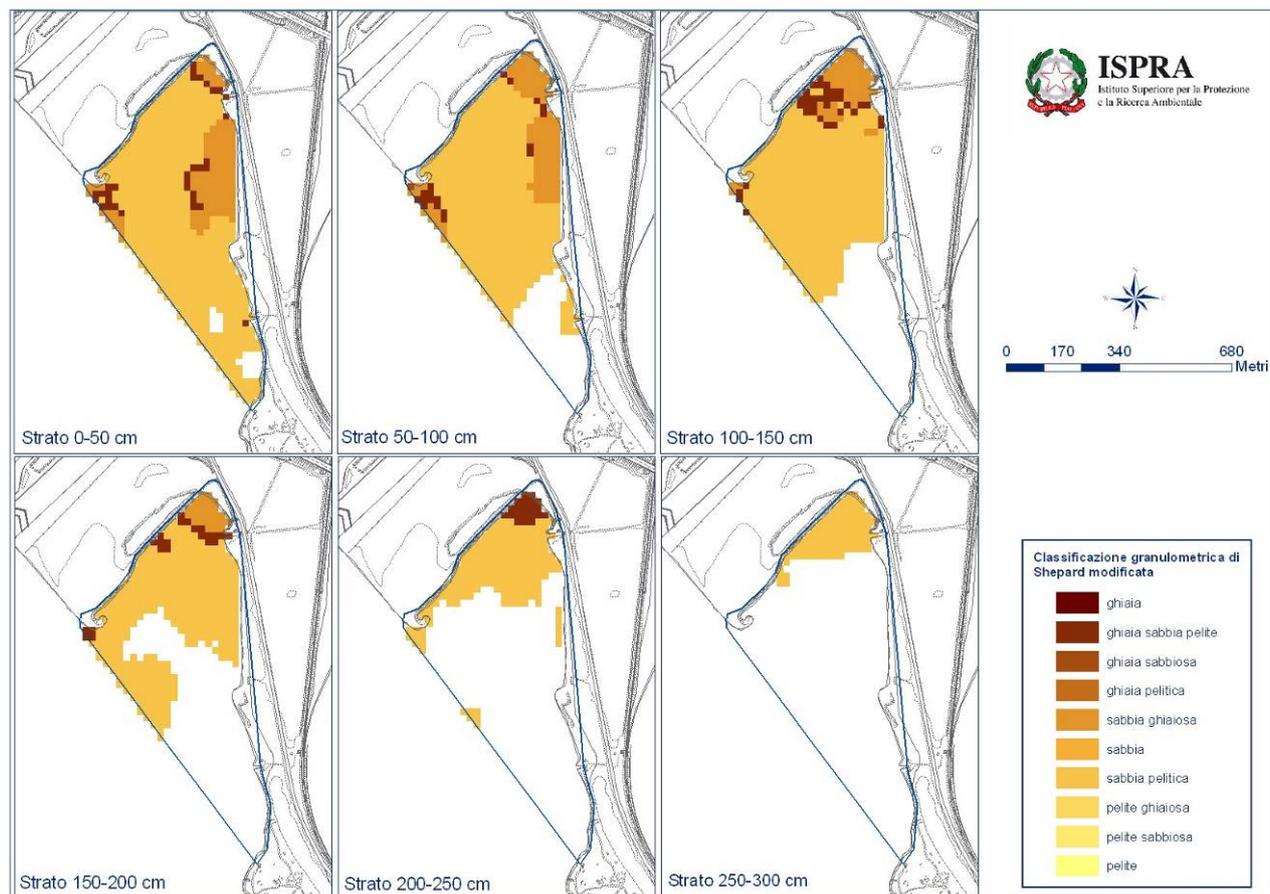
I risultati della caratterizzazione sono stati trasmessi dall'Autorità Portuale di Taranto all'ICRAM (ora ISPRA) con prot. N. 9921/TEC del 7 Dicembre 2004.

Nell'Aprile 2005, ICRAM (ora ISPRA) ha redatto la relazione "Vasca di contenimento ad ovest di Punta Rondinella - Porto di Taranto - Elaborazione e valutazione dei risultati della caratterizzazione ai fini della individuazione delle più appropriate modalità di gestione dei sedimenti" (rif. doc. # CII-El-PU-TA-Vasca di contenimento-relazione-01.05, trasmessa con nota prot. n. 3742/05 del 28 aprile 2005), in cui sono contenute volumetrie e rappresentazioni grafiche delle aree a diversa contaminazione.

#### **Risultati delle indagini granulometriche effettuate sui sedimenti**

I risultati relativi alle indagini tessiture evidenziano una distribuzione granulometrica dei sedimenti variabile sia orizzontalmente che verticalmente. In tutto lo spessore investigato si riscontrano prevalentemente sedimenti sabbioso siltosi, con aree di accumulo di sedimento più grossolano che si localizzano prevalentemente nel settore settentrionale dell'area di indagine, per lo più lungo la linea di costa, ed in misura minore nel settore occidentale, lungo la perimetrazione esterna, sia nello strato superficiale che nei livelli sottostanti.

Il substrato delle argille azzurre è stato riscontrato a profondità variabili tra gli oltre 3 m, nel settore settentrionale dell'area d'indagine, dove in alcuni casi non è stato possibile intercettare tale orizzonte, e la superficie del fondale; nel complesso il tetto di tale substrato presenta un andamento ascendente procedendo da nord verso sud.



**Figura 36:** Granulometria dei sedimenti dell'area della vasca di contenimento ad ovest di Punta Rondinella

### **Risultati delle indagini chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche effettuate sui sedimenti**

Nell'area della vasca di contenimento i risultati dell'attività di caratterizzazione effettuata evidenziano una contaminazione di origine antropica "a macchia di leopardo", limitata allo spessore dei sedimenti recenti ed individuabile sino ad una profondità di 2,5 m. Tale contaminazione è dovuta alla presenza di inquinanti di differente tipologia.

La contaminazione da composti organici è presente con valori che superano il valore di intervento unicamente nello strato 0-50 cm, ed è attribuibile essenzialmente agli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA tot.), per i quali si osserva una distribuzione di tipo *hot spot*.

La contaminazione da metalli, dovuta principalmente ad As, Cu, Pb e Zn ed in misura minore Cr e Ni, è invece presente con valori che superano i valori di intervento sino alla profondità di 1,5 m, con alcuni superamenti fino a 2,5 m limitamente all'As. In particolare è possibile individuare un'area fortemente contaminata in un margine della vasca e in una zona localizzata nella parte settentrionale dell'area in esame.

Tra i metalli che incidono in modo significativo sullo stato di qualità dell'area in esame si riscontra anche il Vanadio (V), per il quale non è stato fissato il valore di intervento, ma che risulta presente in concentrazioni superiori al valore di colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06.



In merito alle indagini microbiologiche, i risultati ottenuti sui parametri analizzati (streptococchi fecali, salmonella, spore di clostridi solfitoriduttori) non evidenziano la presenza di alcuna contaminazione.

Per quanto concerne i saggi ecotossicologici, complessivamente, sono stati evidenziati effetti tossici acuti piuttosto importanti praticamente in tutti i campioni analizzati. E' importante evidenziare tuttavia che l'acqua interstiziale saggiata mediante il sistema Microtox<sup>®</sup> (*Vibrio fischeri*), ad eccezione di un unico campione, non ha mostrato inibizioni della bioluminescenza particolarmente significative, contrariamente a quanto evidenziato dalle risultanze di entrambe le specie test sulla matrice fase solida, come sopra indicato. Ciò suggerisce l'ipotesi che da un punto di vista ecotossicologico i sedimenti siano caratterizzati dalla presenza di miscele complesse di contaminanti poco solubili presenti in forma biodisponibile per le specie testate.

In , vengono riportate per strati di sedimento con spessori consecutivi di 50 cm (0-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm, 150-200 cm, 200-250 cm e 250-300 cm), le superfici a diverso grado di contaminazione.

In è riportata la stima dei volumi di sedimento con concentrazioni superiori ai valori di intervento.

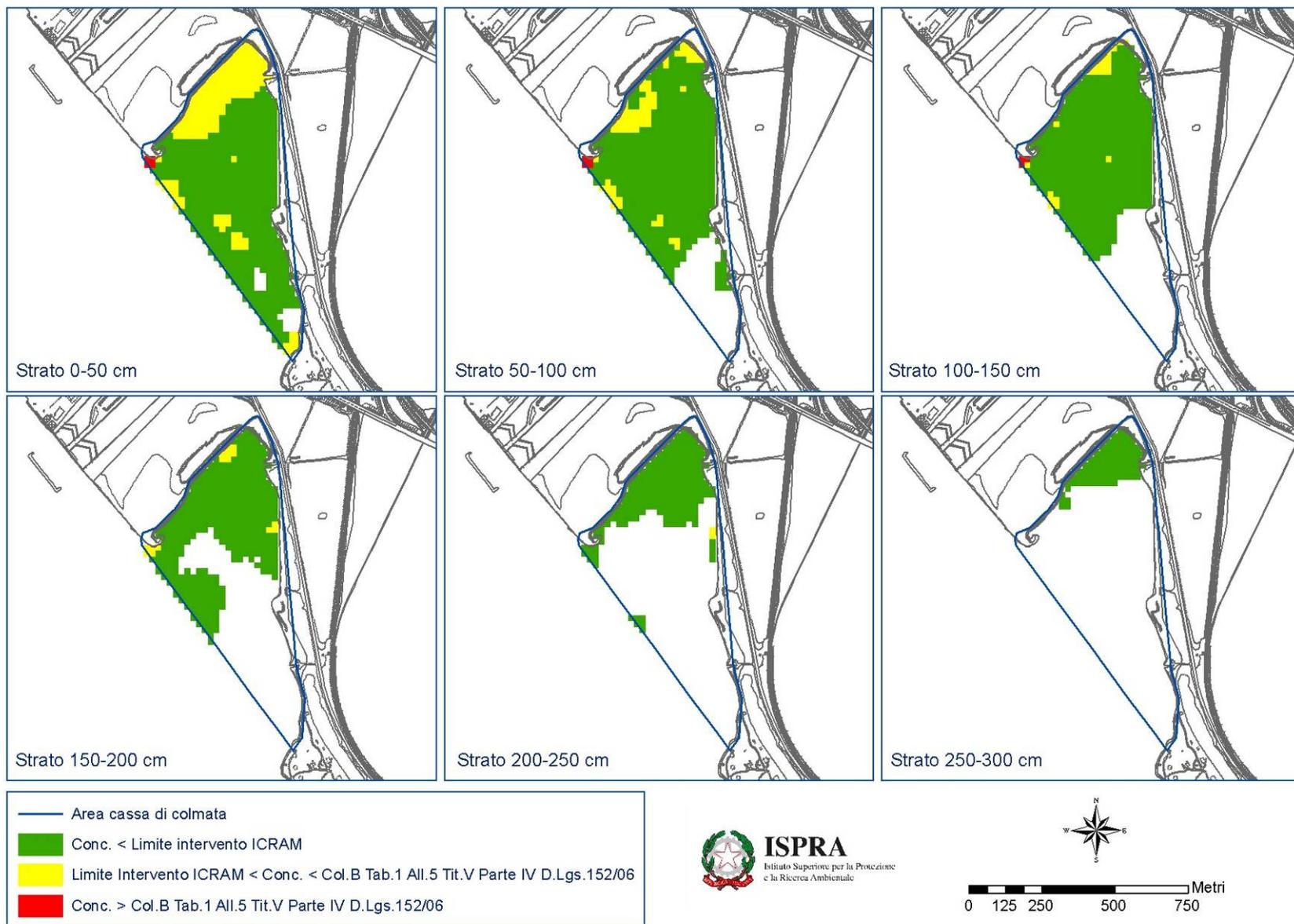


Figura 37: Superfici da sottoporre ad interventi di messa in sicurezza di emergenza e/o bonifica nell'area della vasca di contenimento ad ovest di Punta Rondinella



| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limiti Intervento ICRAM < concentrazioni < col B 152/06 | Concentrazioni > col. B 152/06 |
|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| 0-50 cm                               | 32 506  | 700                            |
| 50-100 cm                             | 13 463  | 700                            |
| 100-150 cm                            | 4 138   | 500                            |
| 150-200 cm                            | 3 175   | 0                              |
| 200-250 cm                            | 913   | 0                              |
| 250-300 cm                            | 0   | 0                              |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>54 194</b>   | <b>1 900</b>                   |
|                                       | <b>56 094</b>   |                                |

**Tabella 5:** Vasca di contenimento - volumi di sedimento (fino alla profondità di 3 m) con concentrazioni superiori ai valori di intervento

### **5.2.5 IV Sporgente, darsena ad ovest del IV Sporgente e darsena Servizi**

Le aree del IV Sporgente, la relativa Darsena ad ovest e la Darsena Servizi sono rappresentate in Figura 38.

L'area del IV Sporgente e la relativa Darsena ad ovest è interessata dalla realizzazione delle seguenti opere:

- ampliamento del IV Sporgente e realizzazione del banchinamento della Darsena ad Ovest del IV Sporgente mediante posa di cassoni cellulari;
- dragaggio a quote variabili da -7 m a -12 m s.l.m. di una superficie pari a circa 34 ha sui fondali antistanti la zona di realizzazione delle suddette opere.

Per tali aree l'ICRAM (ora ISPRA) ha predisposto il Piano di caratterizzazione ambientale (rif. doc. ICRAM # CII-Pr-Pu-T-IV Sporgente e darsena ad ovest-02.03), trasmesso all'autorità Portuale con prot. n. 6968/03 del 23 dicembre 2003.

Le attività di campionamento previste sono state eseguite dall'Autorità Portuale nel mese di Maggio - Giugno 2004. Le relative analisi sono state eseguite da ARPA Puglia - Dipartimento Provinciale di Taranto.

I risultati della caratterizzazione sono stati trasmessi dall'Autorità Portuale di Taranto all'ICRAM (ora ISPRA) con prot. N. 9921/TEC del 7 Dicembre 2004.

Nell'Aprile 2005, l'ICRAM (ora ISPRA) ha redatto la relazione "IV Sporgente e Darsena ad Ovest - Porto di Taranto - Elaborazione e valutazione dei risultati della caratterizzazione ai fini della individuazione delle più appropriate modalità di gestione dei sedimenti (rif. Doc. # CII-El-PU-TA-IV Sporgente e Darsena ad Ovest-relazione-01.05, trasmessa con nota prot. n. 3187/05 del 14 aprile 2005), in cui sono contenute volumetrie e rappresentazioni grafiche delle aree a diversa contaminazione, successivamente riviste alla luce degli aggiornamenti normativi nel frattempo intercorsi (parere ISPRA acquisito dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio e del Mare al prot. n. 27779/QdV/DI dell'11 dicembre 2008 ed allegato al verbale della Conferenza di Servizi decisoria del 27 febbraio 2009).

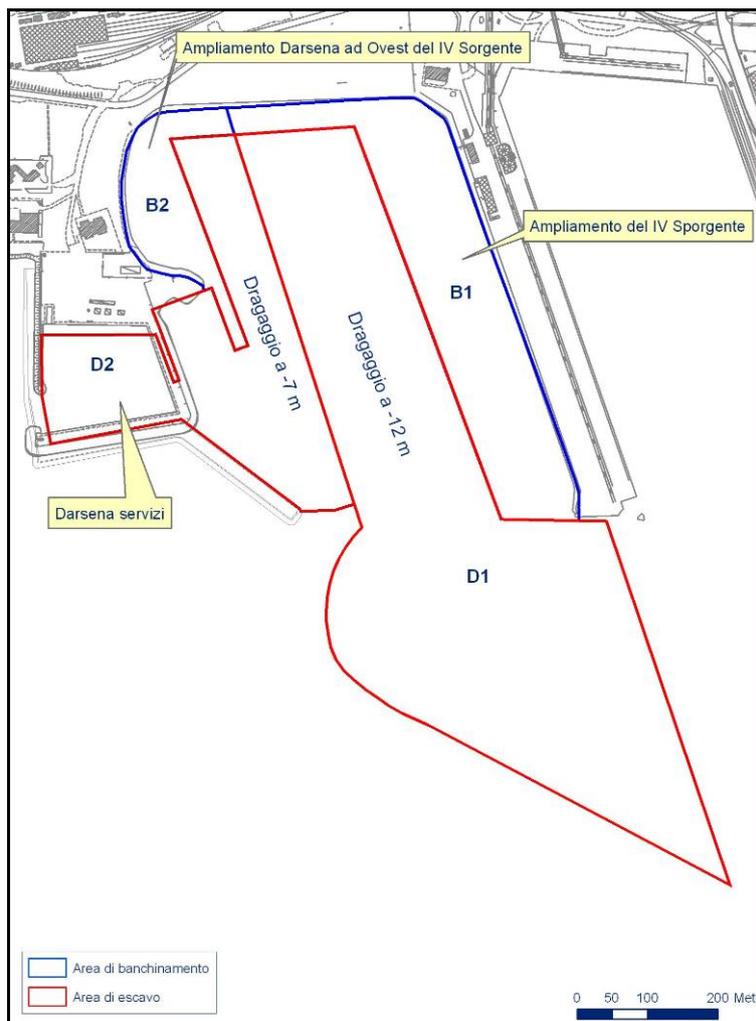


Figura 38: IV Sporgente, darsena ad ovest del IV Sporgente e darsena Servizi

### **Risultati delle indagini granulometriche effettuate sui sedimenti**

I risultati relativi alle analisi granulometriche evidenziano, per quasi tutto lo spessore investigato, fino al limite superiore della formazione delle argille plio-pleistoceniche, un sedimento fine caratterizzato prevalentemente da sabbie siltose.

Nello strato più superficiale (0-50 cm) sono inoltre presenti locali accumuli di materiale più grossolano in prossimità di alcune aree di banchinamento, quali l'estremità meridionale del IV sporgente e l'area della Darsena ad ovest; in particolare, nell'estremità meridionale del IV sporgente tale accumulo di sedimento grossolano persiste anche negli strati più profondi.

Anche nell'area della Darsena Servizi le granulometrie dei sedimenti evidenziano tessiture esclusivamente sabbioso siltose, ma con qualche accumulo di sedimento sabbioso nello strato più profondo dello spessore investigato (350-400 cm), in corrispondenza del settore più meridionale della Darsena.

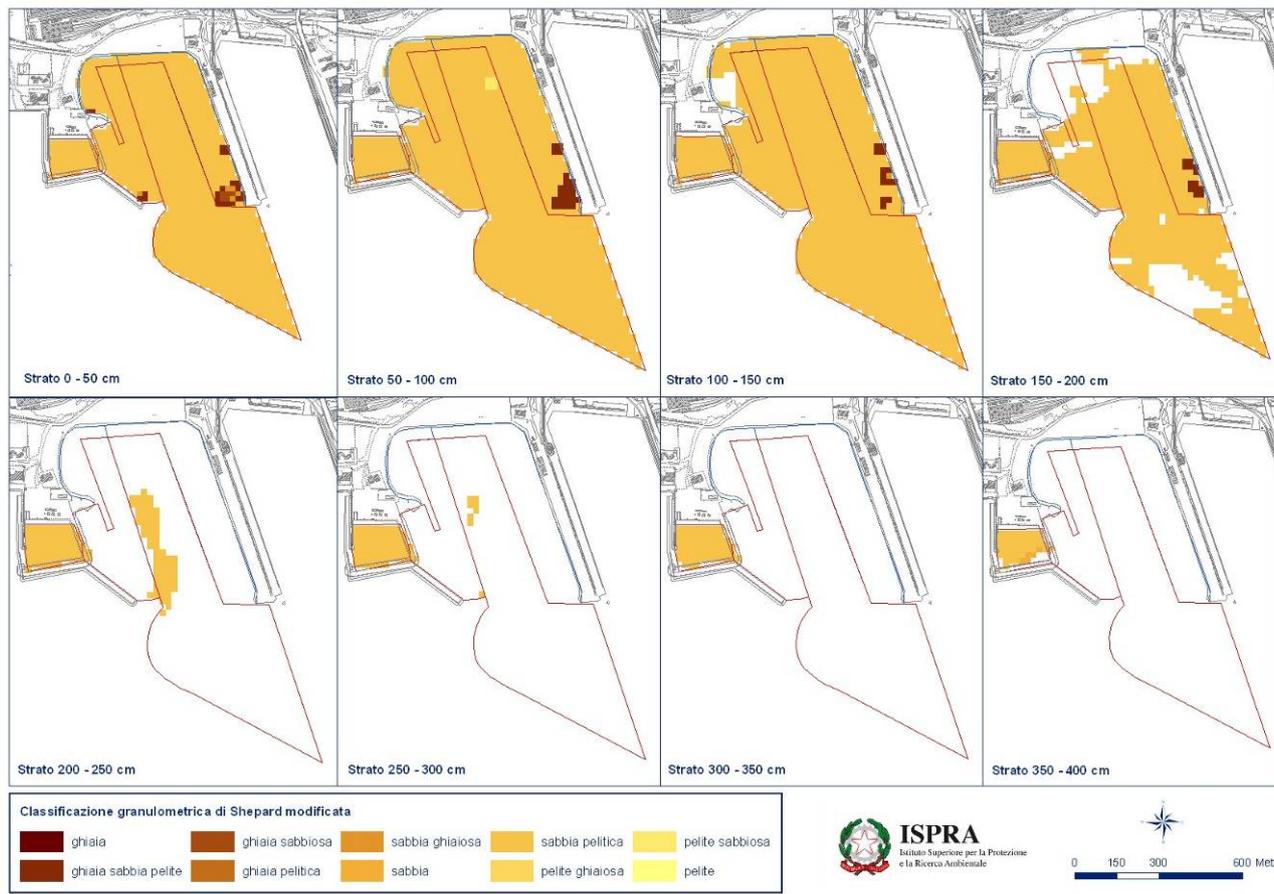


Figura 39: Granulometria dei sedimenti dell'area del IV Sporgente, darsena ad ovest del IV Sporgente e darsena Servizi

### **Risultati delle indagini chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche effettuate sui sedimenti**

Nell'area del IV Sporgente e relativa Darsena ad ovest i risultati dell'attività di caratterizzazione effettuata evidenziano una contaminazione di origine antropica "a macchia di leopardo", limitata allo spessore dei sedimenti recenti ed individuabile sino ad una profondità di 2 m. Tale contaminazione è dovuta alla presenza di inquinanti di differente tipologia, sia composti organici che inorganica metalli ed elementi in tracce.

Tra i composti organici, quelli presenti a concentrazioni che superano i valori di intervento unicamente nello strato 0-50 cm, sono essenzialmente gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

La contaminazione da metalli, dovuta principalmente ad As, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, Cu e Zn, è invece presente con valori che superano i rispettivi valori di intervento fino alla profondità di 2 m.

Inoltre si riscontrano alcuni superamenti localizzati dei valori di colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06 per As negli strati 0-50 cm, 50-100 cm e 100-150 cm, e Vanadio (V), nello strato 0-50 cm in corrispondenza del settore meridionale dell'area di banchinamento B2.

Nella Darsena Servizi i risultati analitici evidenziano una contaminazione di tipo inorganico, principalmente dovuta a metalli ed elementi in tracce (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) con concentrazioni che superano i valori di intervento sino alla massima profondità investigata (4 m).

Anche in questo caso è l'As ad incidere in maniera preponderante sullo stato di qualità dei sedimenti dell'area, con i superamenti del valore di colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV del D.Lgs. 152/06, nello strato 250-300 cm.



In merito alle indagini microbiologiche, i risultati ottenuti sui parametri analizzati (streptococchi fecali, salmonella, spore di clostridi solfitoriduttori) non hanno evidenziato la presenza di alcuna contaminazione, né nell'area del IV Sporgente né in quella della Darsena Servizi.

Per quanto concerne i saggi ecotossicologici, complessivamente sono stati evidenziati effetti tossici acuti piuttosto importanti praticamente in tutti i campioni analizzati. E' importante evidenziare tuttavia che l'acqua interstiziale saggiata mediante il sistema Microtox<sup>®</sup> (*Vibrio fischeri*) non ha mostrato inibizioni della bioluminescenza particolarmente significative, contrariamente alla fase solida di entrambe le specie. Ciò suggerisce l'ipotesi che da un punto di vista ecotossicologico i sedimenti siano caratterizzati dalla presenza di miscele complesse di contaminanti poco solubili presenti in forma biodisponibile per le specie testate.

Date le risposte così marcate e relativamente uniformi pochi commenti sono sviluppabili anche rispetto alla distribuzione geografica della tossicità, se non per il fatto che i campioni relativamente meno tossici sono localizzati prevalentemente nella parte centrale del IV Sporgente, più distante dai manufatti e con batimetria maggiore.

Vengono riportate in Figura 40, per strati di sedimento con spessori consecutivi di 50 cm (0-50 cm, 50-100 cm, 100-150 cm, 150-200 cm, 200-250 cm, 250-300 cm, 300-350 cm e 350-400 cm), le superfici a diversa contaminazione.

In Tabella 6 e Tabella 7 sono riportate le stime dei volumi di sedimento con concentrazioni superiori ai valori di intervento relative rispettivamente al IV Sporgente ed alla Darsena Servizi.

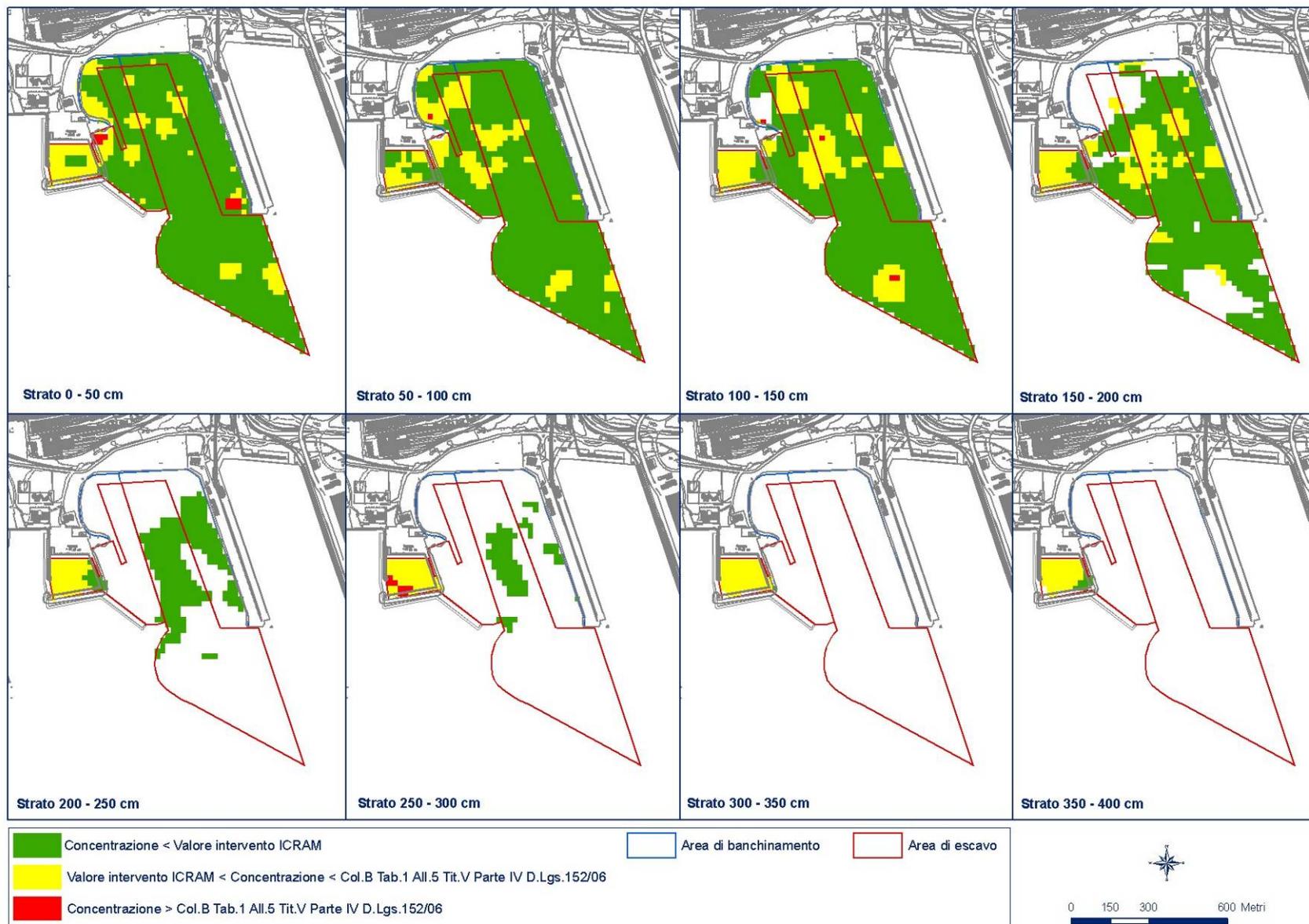


Figura 40: Superfici da sottoporre ad interventi di messa in sicurezza di emergenza e/o bonifica per l'area del IV Sporgente, darsena ad ovest del IV Sporgente e darsena Servizi



| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limiti Intervento ICRAM < concentrazioni < col B 152/06 | Concentrazioni > col. B 152/06 |
|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| 0-50 cm                               | 25 400  | 2 150                          |
| 50-100 cm                             | 33 463  | 188                            |
| 100-150 cm                            | 37 563  | 706                            |
| 150-200 cm                            | 28 750  | 269                            |
| 200-250 cm                            | 31  | 0                              |
| 250-300 cm                            | 0   | 0                              |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>125 207</b>  | <b>3 313</b>                   |
|                                       | <b>128 519</b>  |                                |

**Tabella 6:** IV Sporgente - volumi di sedimento (fino alla profondità di 3 m) con concentrazioni superiori ai valori di intervento

| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limiti Intervento ICRAM < concentrazioni < col B 152/06 | Concentrazioni > col. B 152/06 |
|---------------------------------------|---|--------------------------------|
| 0-50 cm                               | 10 125  | 0                              |
| 50-100 cm                             | 6 775   | 0                              |
| 100-150 cm                            | 9 075   | 0                              |
| 150-200 cm                            | 8 475   | 200                            |
| 200-250 cm                            | 9 675   | 0                              |
| 250-300 cm                            | 10 625  | 1600                           |
| 300-350 cm                            | 12 100  | 0                              |
| 350-400 cm                            | 10 188  | 0                              |
| 400-450 cm                            | 8 988   | 0                              |
| 450-500 cm                            | 4 600   | 0                              |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>90 625</b>   | <b>1 800</b>                   |
|                                       | <b>92 425</b>   |                                |

**Tabella 7:** Darsena Servizi - volumi di sedimento (fino alla profondità di 5 m) con concentrazioni superiori ai valori di intervento

### 5.2.6 Molo San Cataldo

L'area in esame, prospiciente la banchina di Levante del molo San Cataldo, è interessata da un progetto di rettifica ed allargamento, mediante la realizzazione di una banchina a giorno su pali in calcestruzzo e di una scogliera a difesa della esistente banchina in massi di calcestruzzo sovrapposti.

L'ICRAM (ora ISPRA) ha predisposto per tale area il Piano di caratterizzazione ambientale (rif. ICRAM doc. # CII-Pr-Pu-T-Molo S. Cataldo-01.04), trasmesso all'autorità Portuale con prot. n. 6481/03 del 4 dicembre 2003.

Le attività di campionamento previste sono state eseguite dall'Autorità Portuale nel mese di Maggio 2004. Le analisi sono state eseguite da ARPA Puglia Dipartimento Provinciale di Taranto.

I risultati della caratterizzazione sono stati trasmessi dall'Autorità Portuale di Taranto all'ICRAM (ora ISPRA) con prot. N. 9921/TEC del 7 Dicembre 2004.



Nel dicembre 2004, l'ICRAM ha elaborato la relazione "Molo San Cataldo - Porto di Taranto - Rappresentazione dei risultati della caratterizzazione e loro restituzione grafica" (rif. Doc # CII-El-PU-TA-Molo San Cataldo-relazione-01.02, trasmessa con nota prot. n. 9771/04 del 15 dicembre 2004), in cui sono contenute volumetrie e rappresentazioni grafiche delle aree a diversa contaminazione, successivamente riviste alla luce degli aggiornamenti normativi nel frattempo intercorsi (parere ISPRA acquisito dal Ministero dell'Ambiente e del Territorio e del Mare al prot. n. 22373/QdV/DI del 30 settembre 2008 ed allegato al verbale della Conferenza di Servizi decisoria del 27 febbraio 2009).

La caratterizzazione è consistita nel prelievo di n. 3 carote, per le quali non è significativo il commento sui dati granulometrici.

### **Risultati delle indagini chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche effettuate sui sedimenti**

I risultati delle attività di caratterizzazione hanno evidenziato una significativa contaminazione da Pb, Hg, Cu, Zn, IPA e PCB (concentrazioni superiori ai valori di intervento fissati, ed in alcuni casi superiori anche al limite di colonna B della Tab. 1 dell'All. 5 al Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06) fino alle massime profondità analizzate (4 m).

In particolare, per quanto riguarda i PCB, una stazione dello strato superficiale presenta concentrazioni superiori al limite che ne determina la pericolosità (Allegato D, parte quarta del D.Lgs 152/2006 e, nel caso specifico dei PCB e delle Diossine, il Decreto del 3/8/05 "Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica", G.U. n. 201 del 30/8/05).

Si riporta nel seguito la carta della contaminazione complessiva riscontrata nell'area in oggetto (Figura 41) e la stima dei volumi di sedimento con concentrazioni superiori ai valori di intervento (). Si precisa che, in relazione all'ubicazione della contaminazione riscontrata da PCB, per la sola area attorno alla carota SC2 lo strato 0-75 cm è stato suddiviso in due strati distinti (0-30 cm e 30-75 cm). Per le rimanenti due aree tale suddivisione, riportata in Figura 41, risulta pertanto teorica ed è stata adottata al solo scopo di facilitare la visualizzazione dei risultati.

Inoltre i risultati dei saggi ecotossicologici, effettuati su due campioni superficiali hanno evidenziato una condizione di elevata tossicità.

| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limiti Intervento ICRAM < concentrazioni < col B 152/06 | Col. B 152/06 < concentrazioni < 50 mg/kg PCB s.s. | Concentrazioni > 50 mg/kg PCB s.s. |
|---------------------------------------|---|--|------------------------------------|
| Strato 0-30 cm                        | 910   | -  | 610                                |
| Strato 30-75 cm                       | 1 364   | 915  | -                                  |
| Strato 75-150 cm                      | 1 088   | 1 526  | -                                  |
| Strato 150-240 cm                     | 1 305   | 1 831  | -                                  |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>4 667</b>  | <b>4 272</b>                                       | <b>610</b>                         |
|                                       | <b>9 549</b>  |  |                                    |

**Tabella 8:** Molo San Cataldo - volumi di sedimento (fino alla profondità di 2,4 m) con concentrazioni superiori ai valori di intervento



Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Taranto - Molo San Cataldo

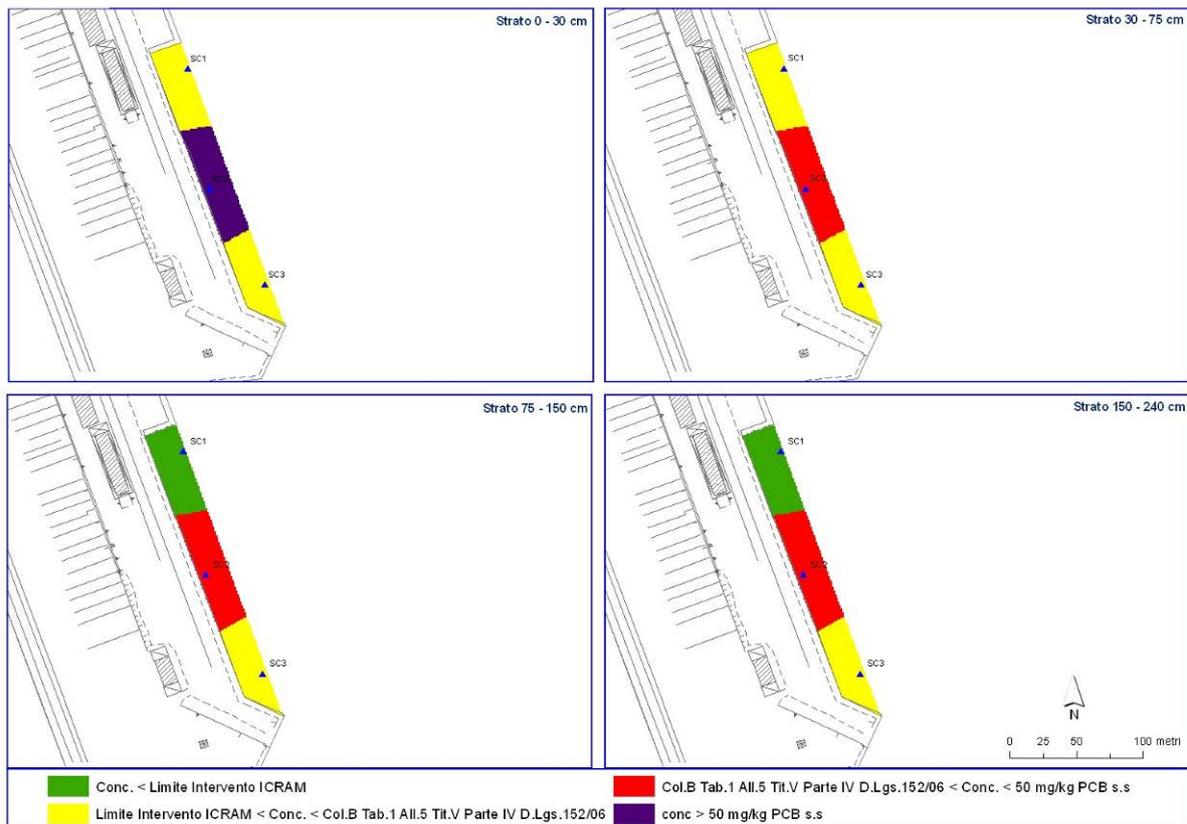


Figura 41: Molo San Cataldo - Superfici da sottoporre ad interventi di messa in sicurezza di emergenza e/o bonifica



## 6 QUALITA' E VOLUMI DEI SEDIMENTI OGGETTO DEGLI INTERVENTI PORTUALI FINALIZZATI ALLE DIVERSE OPZIONI DI GESTIONE

Sulla base dei risultati delle attività di caratterizzazione eseguite e tenendo in considerazione gli interventi previsti dal Piano Regolatore Portuale del Porto di Taranto si è evidenziato che una significativa percentuale dei sedimenti da movimentare presentano concentrazioni inferiori al valore di intervento. Secondo i criteri con i quali sono stati definiti tali valori (par. 5.1.1 e 5.1.2), questi sedimenti presentano concentrazioni che vanno dal valore di fondo alla concentrazione per la quale con probabilità si verificano effetti sugli organismi acquatici. Questo intervallo di concentrazioni, così ampio, non permette di definire opzioni di gestione alternative al conferimento in sistemi conterminati. Gli ingenti volumi coinvolti negli interventi portuali richiedono quindi un'ulteriore valore di riferimento che permetta questa diversificazione e la possibilità di prevedere opzioni alternative, quali ad esempio il ripascimento di arenili, la ricostruzione di strutture naturali in ambito marino costiero, l'immersione controllata in mare, ferma restando la necessità di procedere ad una verifica della compatibilità ambientale di tali sedimenti rispetto alla destinazione finale.

Una indicazione in merito è contenuta nell'art. 1, comma 996 della legge n. 296/2006, secondo il quale i materiali derivanti dalle attività di dragaggio possono essere destinati all'immersione in mare, alla formazione di terreni costieri od al ripascimento, quando essi presentino caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo ed idonee con riferimento al sito di destinazione.

Date le difficoltà oggettive legate alla individuazione del fondo naturale, un importante riferimento è riportato nel Manuale ICRAM-APAT per la movimentazione dei sedimenti marini, che sintetizza e riporta le azioni da intraprendere per una gestione ecosostenibile ai sensi della normativa vigente (art. 109 del D.M. 152/06) e nel quale la classificazione del sedimento è basata sulla integrazione delle informazioni fisico-chimiche ed ecotossicologiche.

Nel Manuale il valore di riferimento definito al fine di individuare i sedimenti da utilizzare senza un sistema di conterminazione è il Livello Chimico di Base (LCB) che, in particolare per ciò che concerne gli elementi in tracce (Tabella 9), rappresenta una situazione "media" nel contesto nazionale, rimandando quindi ad un'opportuna specifica determinazione del valore di riferimento locale che tenga conto delle caratteristiche geochimiche ed ecotossicologiche di specifici tratti di costa.

| Elementi in tracce | LCB (pelite < 10%) [mg kg <sup>-1</sup> ] p.s. | LCB [mg kg <sup>-1</sup> ] p.s. |
|--------------------|--|---------------------------------|
| As                 | 17   | 25                              |
| Cd                 | 0.2  | 0.35                            |
| Cr                 | 50   | 100                             |
| Cu                 | 15   | 40                              |
| Hg                 | 0.2  | 0.4                             |
| Ni                 | 40   | 70                              |
| Pb                 | 25   | 40                              |
| Zn                 | 50   | 100                             |

**Tabella 9:** Livello Chimico di Base (LCB)

Pertanto, per poter procedere ad una prima valutazione della qualità dei sedimenti indagati, ai fini di una possibile loro gestione in sistemi non conterminati, quali l'immersione controllata in mare, la formazione di terreni costieri o il ripascimento, sono stati utilizzati i valori riportati nella prima colonna della suddetta tabella (Tabella 9), ossia gli LCB riferiti a sedimenti con frazione pelitica



<10%, applicati in via cautelativa a tutte le classi granulometriche dei sedimenti coinvolti. Tale scelta è stata condizionata dal fatto che i valori di LCB individuati a livello nazionale per i sedimenti con granulometria più fine (pelite >10%) risultano troppo vicini ai valori di intervento definiti per il SIN di Taranto che, a differenza dei primi, sono sito-specifici.

Dalle elaborazioni dei risultati è stato quindi possibile suddividere le aree in differenti colori in base alla diversa qualità dei sedimenti.

Poiché dalle caratterizzazioni effettuate sono risultate essere presenti, tra i volumi da dragare, ingenti quantità di sedimenti appartenenti alla formazione delle argille, è necessario individuare i volumi corrispondenti in modo da prevederne una gestione specifica. I criteri e le modalità con cui sono state individuate queste formazioni sono già state riportate nel cap. 4 e nel par. 5.1.3.

Pertanto vengono indicati, ai fini della gestione, come:

- “ARGILLE” i sedimenti appartenenti alla formazione delle argille grigio-azzurre;
- “VERDISSIMO” i sedimenti in cui non si hanno superamenti degli LCB (Manuale ICRAM-APAT);
- “VERDE” i sedimenti per cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori agli LCB (Manuale ICRAM-APAT) ma inferiori ai valori di intervento definiti da ICRAM (ora ISPRA);
- “GIALLO” i sedimenti per cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di intervento ma inferiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06;
- “ROSSO” i sedimenti in cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06 ma inferiori ai valori limite per la classificazione dei “pericolosi” (valori limite riportati nell’Allegato D del D.Lgs 152/2006 Parte IV - Titolo I e II);
- “VIOLA” i sedimenti con concentrazioni superiori ai valori limite per la classificazione dei “pericolosi” (in linea con l’Allegato D del D.Lgs 152/2006 Parte IV - Titolo I e II).

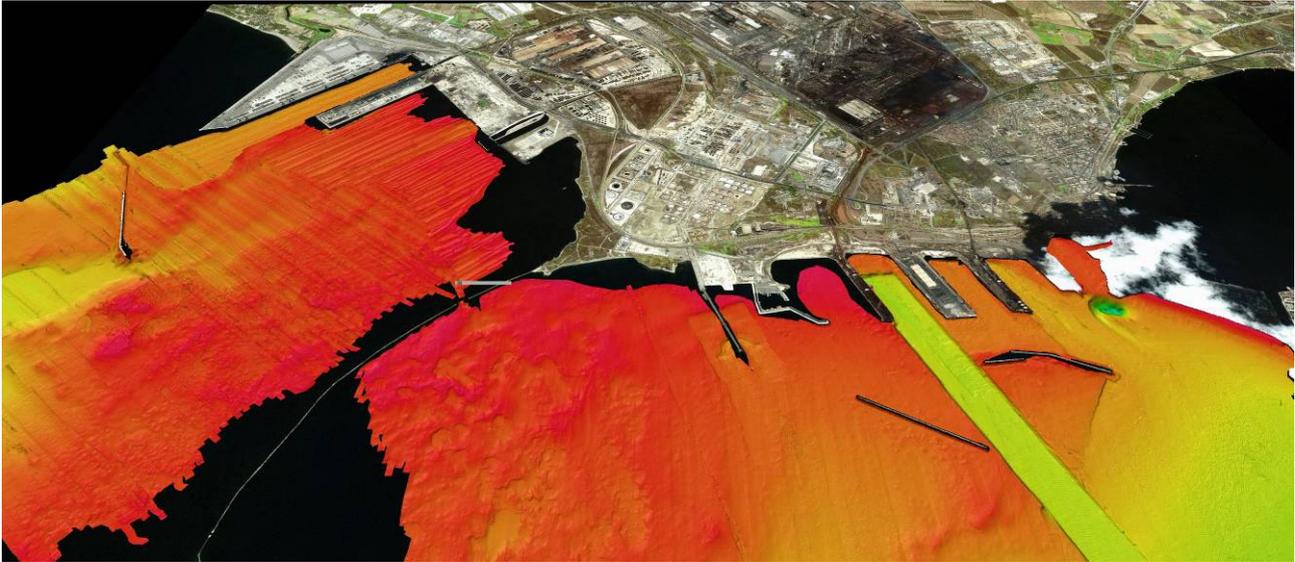
Nei paragrafi seguenti sono indicati i volumi di sedimento a differente qualità, suddivisi per strati contigui di 50 cm, fino alla profondità di 3 m, sia per le aree destinate ad interventi di escavo che per le aree destinate ad interventi di riempimento.

Inoltre, per le aree di escavo, sono riportati anche i volumi compresi tra la quota di elaborazione e la quota di escavo. Tali volumi risultano essere stati completamente caratterizzati solo nel caso del IV sporgente e della relativa darsena ad ovest; per quanto riguarda invece la Darsena Polisettoriale, non sempre è stato possibile spingere la caratterizzazione fino alla quota prevista, a causa di difficoltà di recupero emerse durante il campionamento; mentre nel caso delle aree del Molo V, del VI Sporgente ponente e testata, del VI Sporgente levante e del Pontile Petroli, il progetto di caratterizzazione non prevedeva il raggiungimento della quota di dragaggio.

### **6.1.1 Stima e visualizzazione dei volumi di escavo**

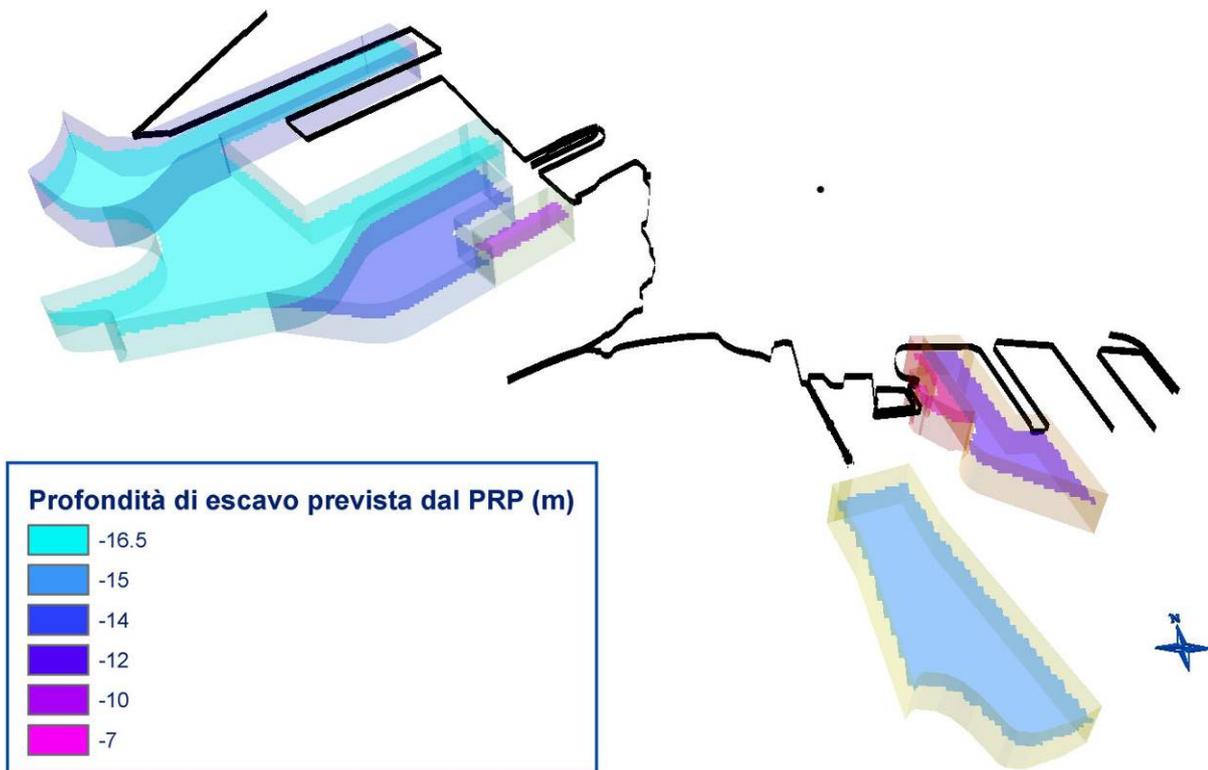
Al fine di stimare le volumetrie interessate dalle operazioni di escavo è stato seguito un processo di elaborazione, mediante il software ArcGis 9.3, che ha permesso di considerare, all’interno dello stesso *database*, dati di diversa natura e provenienti da fonti differenti.

In via preliminare è stato elaborato il dato batimetrico, mediante il software Fledermaus utilizzando una media pesata mobile di raggio 3, per poter determinare l’andamento del fondale, prima in tutta l’area (Figura 42) e poi in ogni area oggetto degli interventi di dragaggio.



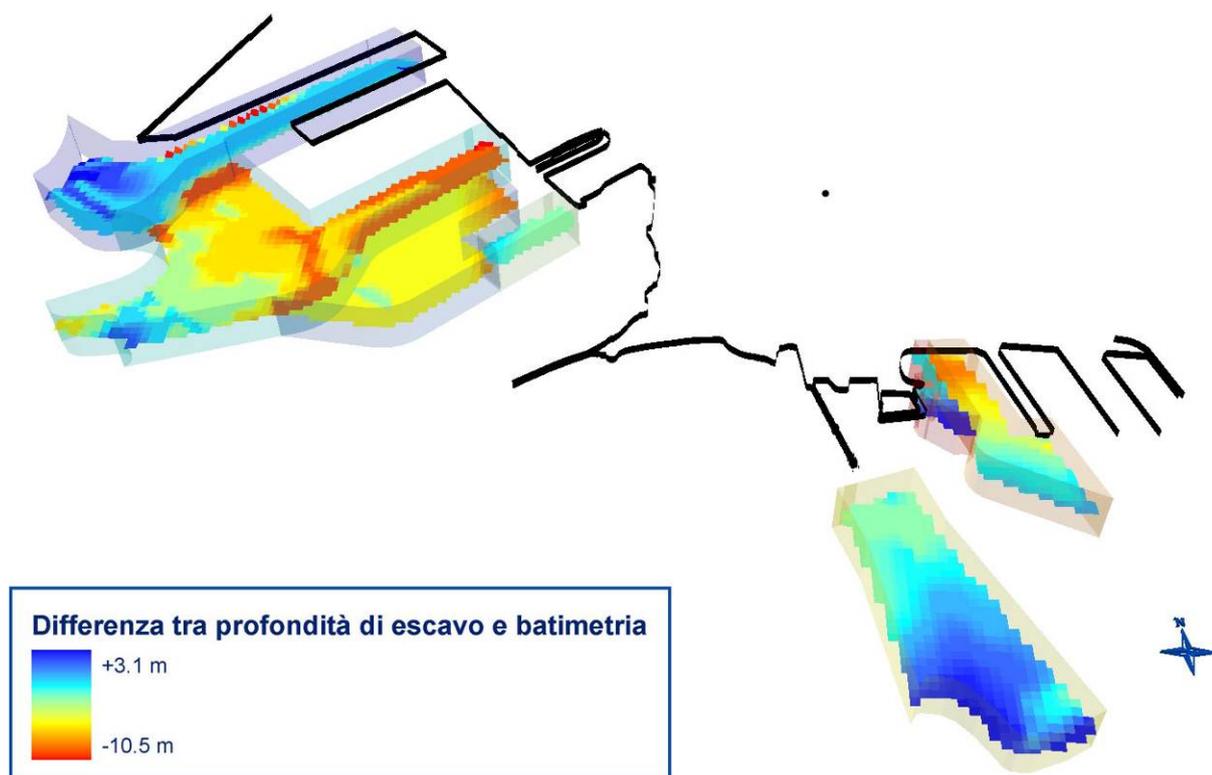
**Figura 42:** Batimetria dell'area ad ovest di Punta Rondinella e Mar Grande I Lotto

Sono state quindi considerate le aree di escavo tenendo conto della profondità di dragaggio prevista dal PRP (Figura 43).



**Figura 43:** Aree di escavo previste dal PRP con la profondità di progetto

Tutte le informazioni considerate sono georiferite, ovvero associate alle rispettive coordinate geografiche, e quindi l'andamento attuale del fondale e le superfici e le profondità di dragaggio previste sono perfettamente sovrapponibili; dalla loro intersezione è stato quindi possibile calcolare la differenza tra la quota di escavo prevista e quella attuale del fondale. Il dato risultante è stato discretizzato con celle di ampiezza pari a 50 m x 50 m, valutando il valor medio della differenza tra le due quote all'interno della cella (Figura 44).



**Figura 44:** Differenza tra la quota di escavo e la batimetria attuale

Successivamente è stata quindi determinata una nuova griglia contenente come informazione lo spessore del sedimento da rimuovere cella per cella, non considerando le celle che presentavano valori positivi, ovvero dove la quota attuale è uguale o minore di quella prevista da progetto (Figura 45).

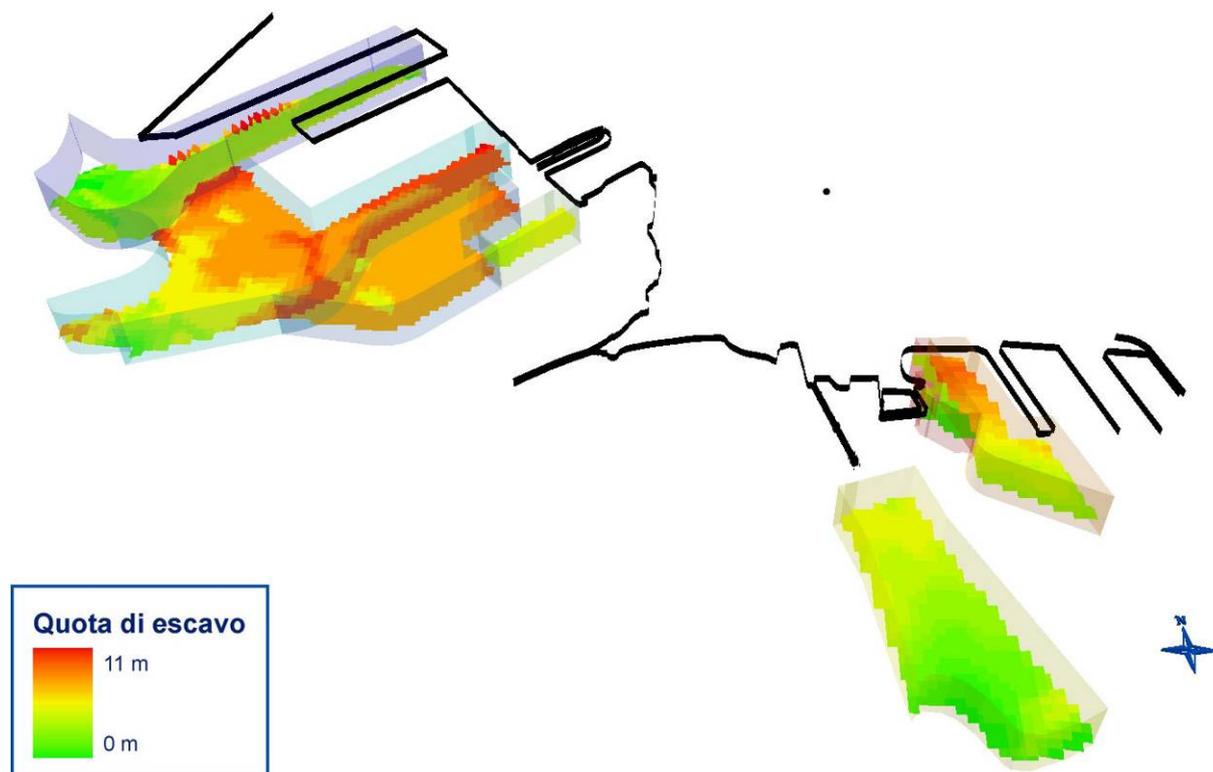


Figura 45: Spessore da rimuovere per il raggiungimento della quota di escavo

Tutte le informazioni ottenute, batimetria, profondità di escavo e quota di dragaggio, sono state aggiunte alla griglia realizzata inizialmente per l'elaborazione dei risultati della caratterizzazione.

Questo per poter avere un unico *dataset* che contenesse sia le informazioni chimico fisiche sulla natura dei sedimenti che le caratteristiche progettuali. Ogni cella contiene così al suo interno tutte le informazioni utili tanto alla determinazione numerica dei volumi di dragaggio (batimetria e profondità di escavo), che della loro qualità chimico-fisica.

Lavorando all'interno di un unico *dataset* è stato possibile individuare le celle interessate da interventi di dragaggio e quindi il relativo volume di escavo. Considerando che le celle elaborate hanno uno spessore pari a 50 cm, scendendo in profondità alcune di queste possono non essere interessate da dragaggio o esserlo solo in parte. Per tener conto di questa eventualità è stato inserito, all'interno del *dataset*, un'ulteriore livello informativo, denominato "indice di rimozione" (IR), che permette di valutare la quota parte di volume della cella rimosso. L'indice di rimozione (Figura 46) potrà quindi assumere valori compresi tra 1 (rimozione completa) e 0 (nessuna rimozione) che, moltiplicati per l'area della cella e per il suo spessore (50cm), permettono di ottenere il volume effettivamente rimosso.

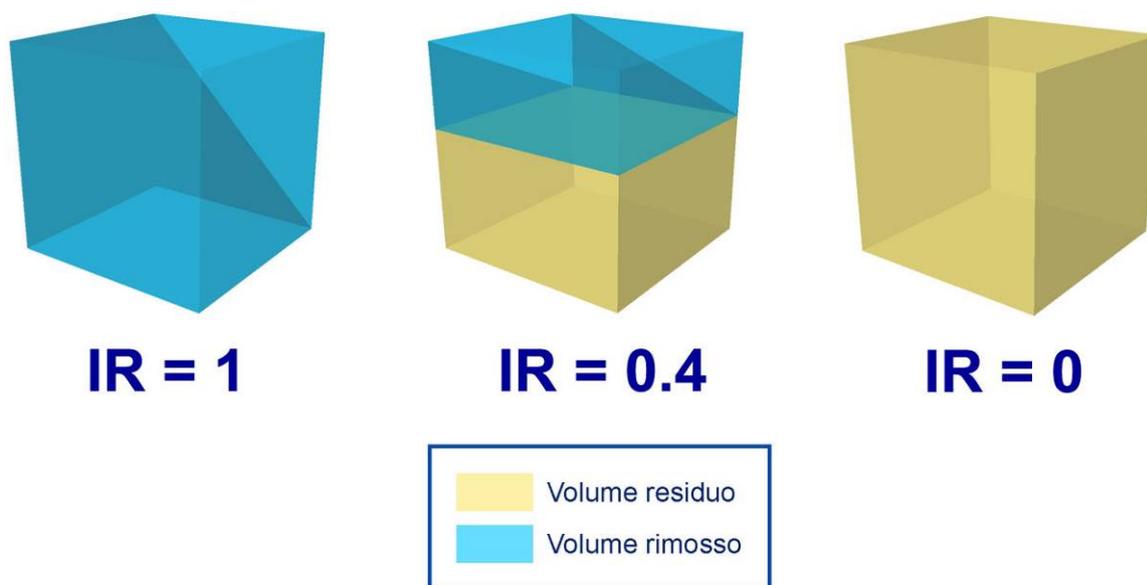


Figura 46: Esempi di rappresentazione dell'Indice di Rimozione (IR)

Le operazioni descritte hanno permesso quindi di determinare, per ogni intervento di escavo, la quantità e la qualità del sedimento, caratterizzato e non, da rimuovere.

Per puri fini rappresentativi viene presentata una carta in cui i sedimenti caratterizzati vengono visualizzati per livelli omogenei di 50 cm, con un fattore di scala pari a x10 per meglio rendere visibile i volumi in gioco. Si noti che, alcune aree vuote che compaiono all'interno delle rappresentazioni 3D non sono dovute ad una mancanza di dati, ma ad una esigenza di visualizzazione.

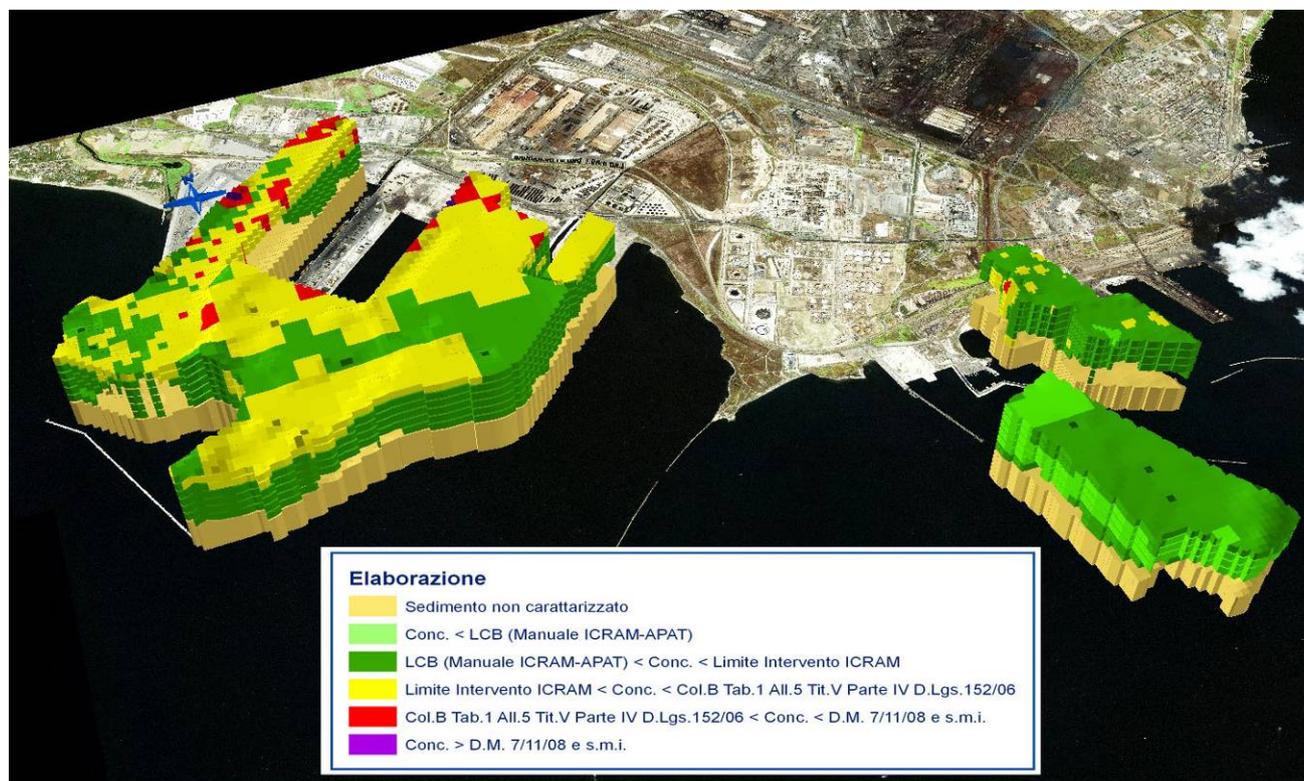
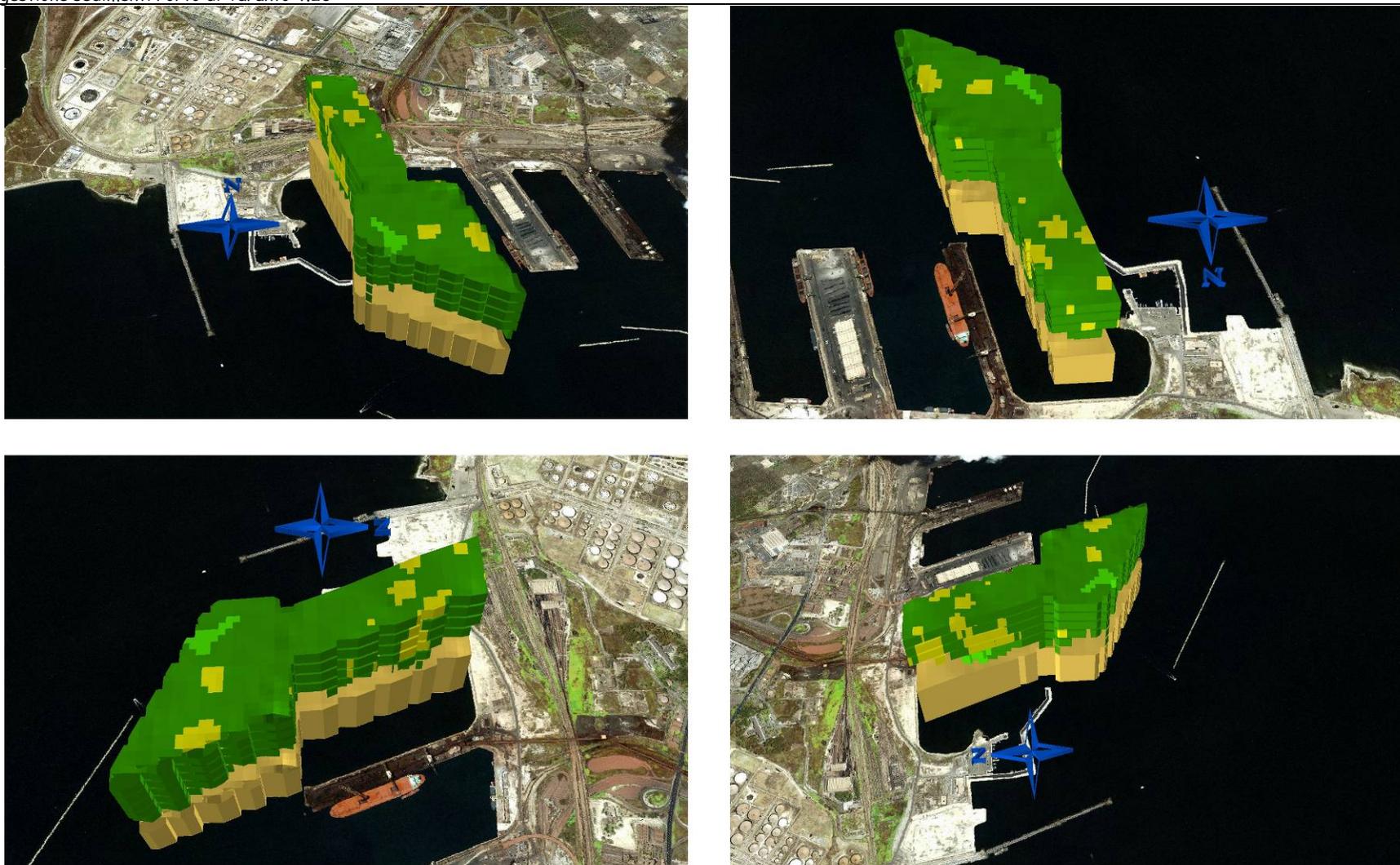


Figura 47: Rappresentazione delle volumetrie di escavo

**6.2 AREA DI DRAGAGGIO IV SPORGENTE E DARSENA AD OVEST (D6 E D7)**

| Strato                        | Argille        | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |
|-------------------------------|----------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|
| <b>0-50</b>                   | 0              | 3 570                            | 114 963  | 11 642   | 0  | 0                  |
| <b>50-100</b>                 | 0              | 2 400                            | 111 971  | 15 531   | 0  | 0                  |
| <b>100-150</b>                | 0              | 0                                | 110 280  | 18 955   | 600  | 0                  |
| <b>150-200</b>                | 688            | 600                              | 88 307   | 14 048   | 0  | 0                  |
| <b>200-250</b>                | 63 146         | 4 961                            | 25 326   | 0  | 0  | 0                  |
| <b>250-300</b>                | 90 327         | 1 400                            | 11 961   | 0  | 0  | 0                  |
| <b>Fino a quota di escavo</b> | 439 166        | 0                                | 0  | 0  | 0  | 0                  |
| <b>TOTALI</b>                 | <b>593 327</b> | <b>12 931</b>                    | <b>462 808</b>   | <b>60 176</b>  | <b>600</b>   | <b>0</b>           |
| <b>1 129 843</b>              |                |                                  |  |  |  |                    |

**Tabella 10:** Volumi di sedimento da dragare nell'area del IV Sporgente (m<sup>3</sup>)



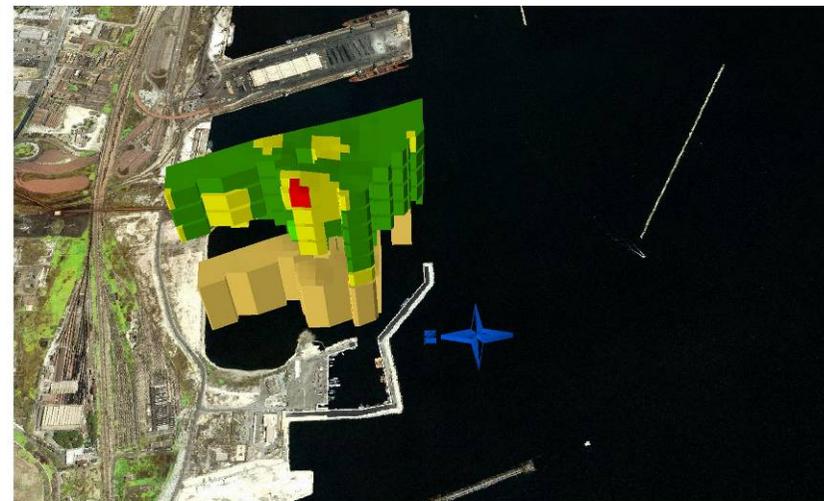
| Elaborazione   |   |
|--|---|
| Sedimento non caratterizzato                               | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
| Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
| LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |

Figura 48: IV Sporgente - Rappresentazione delle volumetrie di escavo



| Strato                 | Argille       | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |
|------------------------|---------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|
| 0-50                   | 300           | 0                                | 16 841   | 5 375  | 529  | 0                  |
| 50-100                 | 435           | 0                                | 11 505   | 8 233  | 0  | 0                  |
| 100-150                | 300           | 335                              | 8 503  | 7 610  | 0  | 0                  |
| 150-200                | 435           | 289                              | 5 182  | 2 454  | 0  | 0                  |
| 200-250                | 8 012         | 0                                | 0  | 0  | 0  | 0                  |
| 250-300                | 7 035         | 0                                | 0  | 0  | 0  | 0                  |
| Fino a quota di escavo | 9 641         | 0                                | 0  | 0  | 0  | 0                  |
| <b>TOTALI</b>          | <b>26 158</b> | <b>625</b>                       | <b>42 031</b>  | <b>23 672</b>  | <b>529</b>   | <b>0</b>           |
| <b>93 014</b>          |               |                                  |  |  |  |                    |

Tabella 11: Volumi di sedimento da dragare nell'area della Darsena ad ovest del IV Sporgente (m<sup>3</sup>)



| Elaborazione  |  |   |   |
|---|--|---|---|
|  | Sedimento non caratterizzato                               |  | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
|  | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           |  | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
|  | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM |  | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |



Figura 49: Darsena ad ovest del IV Sporgente - Rappresentazione delle volumetrie di escavo

### 6.3 AREA DI DRAGAGGIO MOLO POLISETTORIALE (D1)

In tale area, gli spessori di sedimento da caratterizzare non hanno raggiunto sempre la quota prevista a causa delle difficoltà emerse durante il campionamento. La difficoltà di recupero riscontrata dal vibrocarotiere utilizzato può essere imputabile a diversi fattori, quali la presenza di trovanti sul fondale e/o il raggiungimento di un sedimento con caratteristiche geotecniche tali da non risultare campionabile con la strumentazione adottata. Questo tipo di sedimento è riconducibile ad un'argilla fortemente consolidata, ascrivibile alla formazione delle argille grigio-azzurro plio-pleistoceniche (cfr. cap. 4), che rappresenta un substrato per i sedimenti incoerenti recenti sovrastanti. Il suo assetto, estremamente variabile, tende a farlo affiorare allontanandosi dalla radice del molo, secondo quanto riportato in Figura 50.

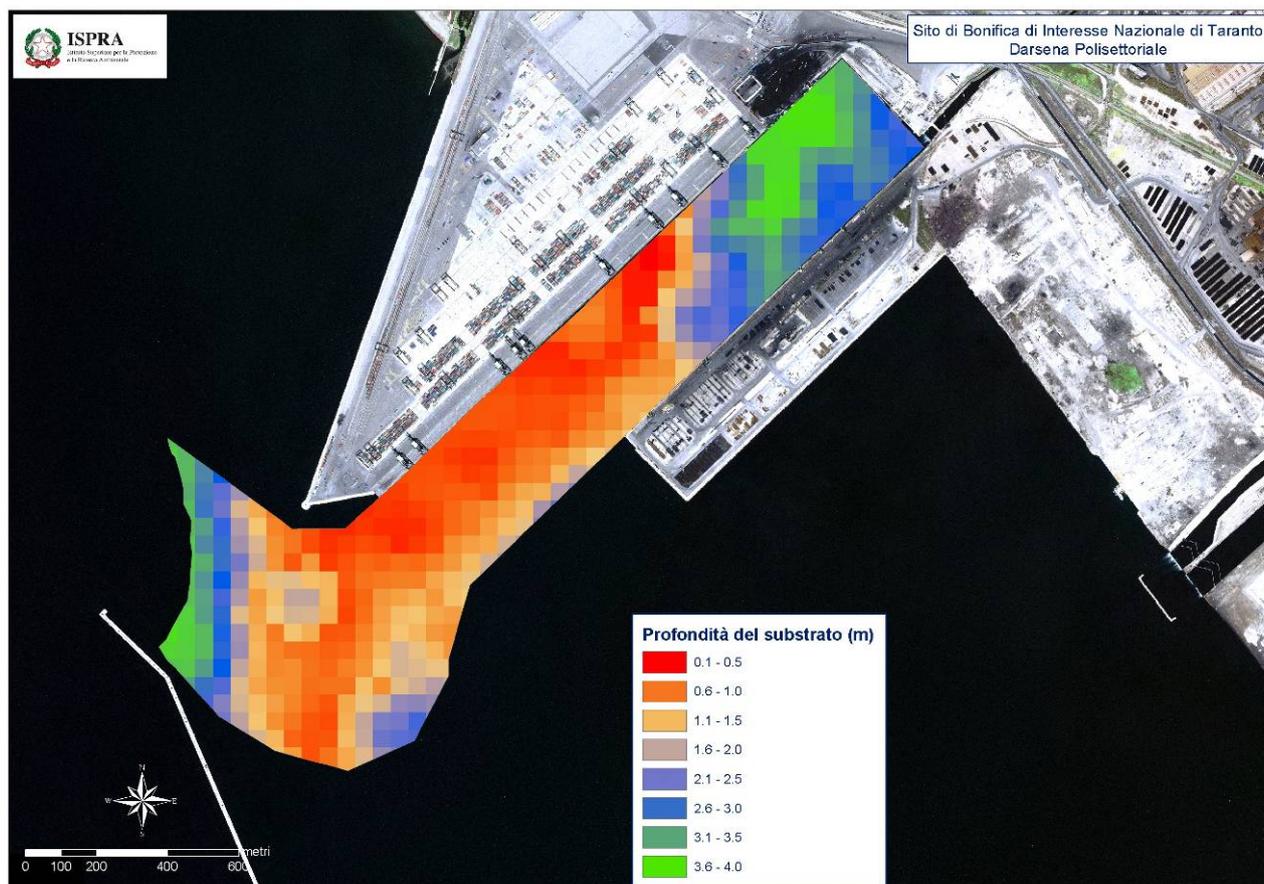


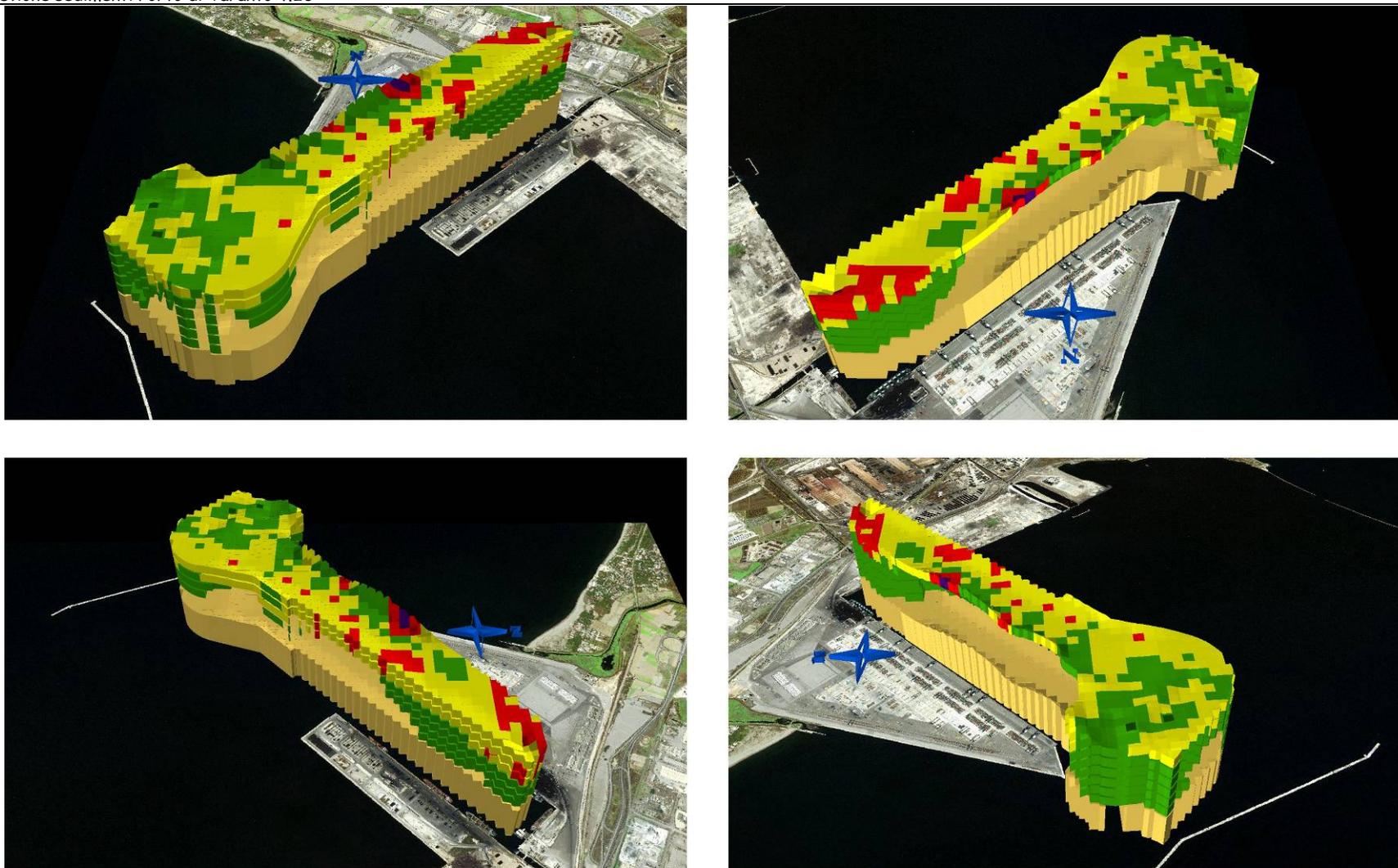
Figura 50: andamento del substrato

Tale informazione è confermata anche da indagini geognostiche (Campagna di indagini geognostiche propedeutica all'adeguamento e riqualificazione di un tratto di banchina di ormeggio del Molo Polisetoriale di Taranto) eseguite nel settembre 2008 dalla Taranto Container Terminal S.p.A., lungo il profilo banchina, e da indagini ambientali (Lavori di caratterizzazione ambientale per le aree sottoposte a progetti di escavo e banchina mento nel Porto di Taranto) eseguite nel luglio 2004 dall'Autorità Portuale di Taranto nel settore meridionale della Darsena Polisetoriale.



| Strato                 | SEDIMENTI CARATTERIZZATI         |  |  |  |                    | SEDIMENTI NON CARATTERIZZATI / ARGILLE |
|------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|--|
|                        | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |  |
| 0-50                   | 0                                | 93 040   | 236 819  | 46 481   | 1 987              | 79 623                                 |
| 50-100                 | 0                                | 72 571   | 92 131   | 21 605   | 0                  | 239 957                                |
| 100-150                | 0                                | 98 397   | 16 281   | 2 315  | 0                  | 289 754                                |
| 150-200                | 0                                | 94 815   | 186  | 0  | 0                  | 290 720                                |
| 200-250                | 0                                | 65 661   | 0  | 0  | 0                  | 292 966                                |
| 250-300                | 0                                | 9 914  | 0  | 0  | 0                  | 74 199                                 |
| Fino a quota di escavo |                                  |  |  |  |                    | 151 095                                |
| TOTALI                 | 0                                | 434 398  | 345 417  | 70 400   | 1 987              | 1 418 314                              |
|                        | 852 201                          |  |  |  |                    | 1 418 314                              |
|                        | 2 270 515                        |  |  |  |                    |  |

Tabella 12: Volumi di sedimento da dragare nell'area del Molo Polisettoriale (m<sup>3</sup>)



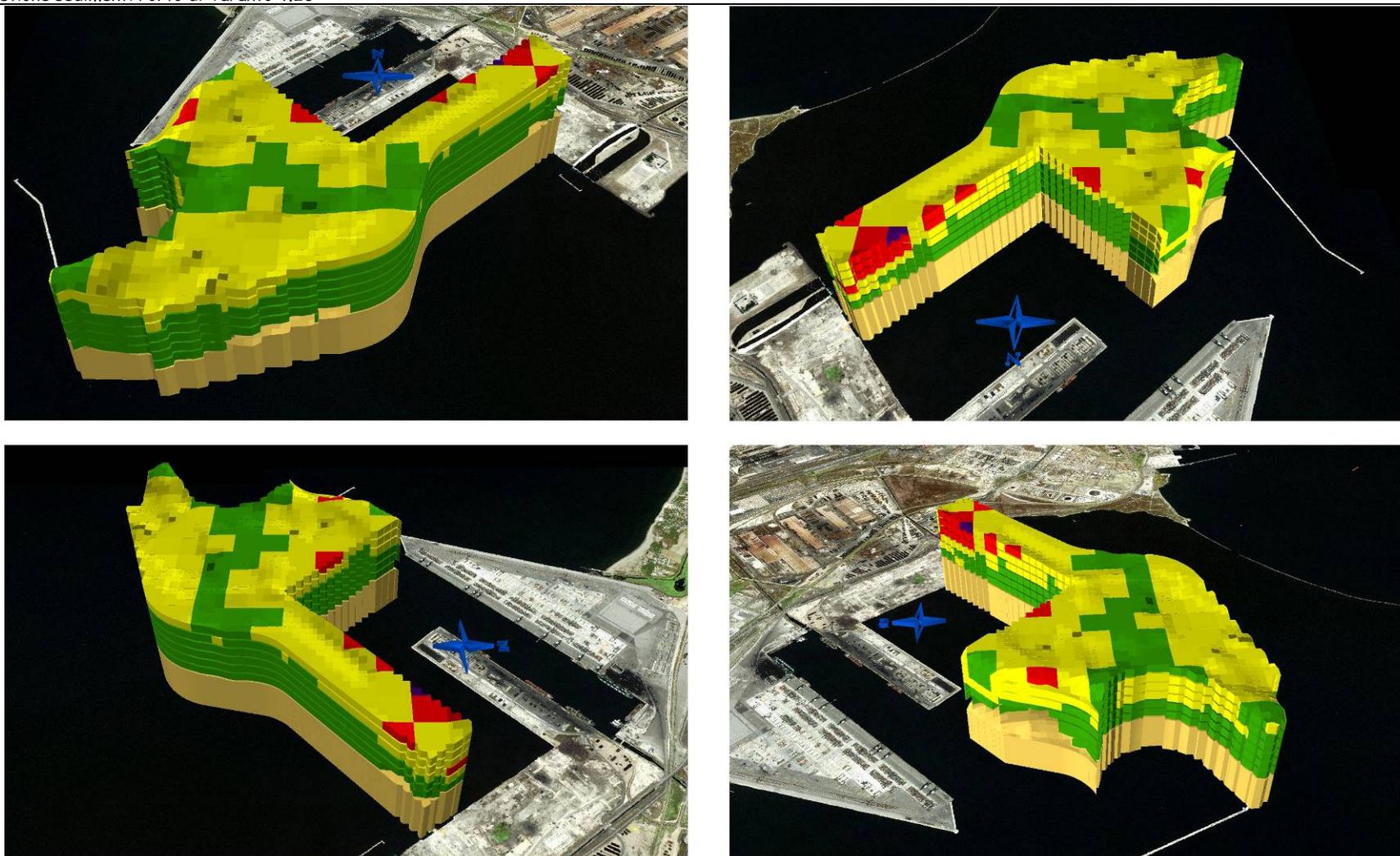
| Elaborazione   |   |
|--|---|
| Sedimento non caratterizzato                               | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
| Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
| LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |

Figura 51: Molo Polisetoriale - Rappresentazione delle volumetrie di escavo

**6.4 AREA DI DRAGAGGIO MOLO V (D2)**

| Strato                 | SEDIMENTI CARATTERIZZATI         |  |  |  |                    | SEDIMENTI NON CARATTERIZZATI |
|------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|------------------------------|
|                        | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |                              |
| 0-50                   | 0                                | 184 228  | 579 140  | 33 772   | 1 515              | 0                            |
| 50-100                 | 0                                | 310 083  | 465 892  | 15 066   | 0                  | 1 271                        |
| 100-150                | 0                                | 526 445  | 244 154  | 12 813   | 0                  | 5 760                        |
| 150-200                | 0                                | 626 698  | 119 874  | 4 412  | 0                  | 35 254                       |
| 200-250                | 0                                | 603 034  | 5 862  | 0  | 0                  | 171 998                      |
| 250-300                | 0                                | 333 619  | 9 848  | 0  | 0                  | 409 085                      |
| Fino a quota di escavo |                                  |  |  |  |                    | 5 343 881                    |
| TOTALI                 | 0                                | 2 584 108  | 1 424 770  | 66 064   | 1 515              | 5 967 249                    |
|                        | 4 076 457                        |  |  |  |                    | 5 967 249                    |
|                        | 10 043 706                       |  |  |  |                    |                              |

Tabella 13: Volumi di sedimento da dragare per l'ampliamento del Molo V (m<sup>3</sup>)



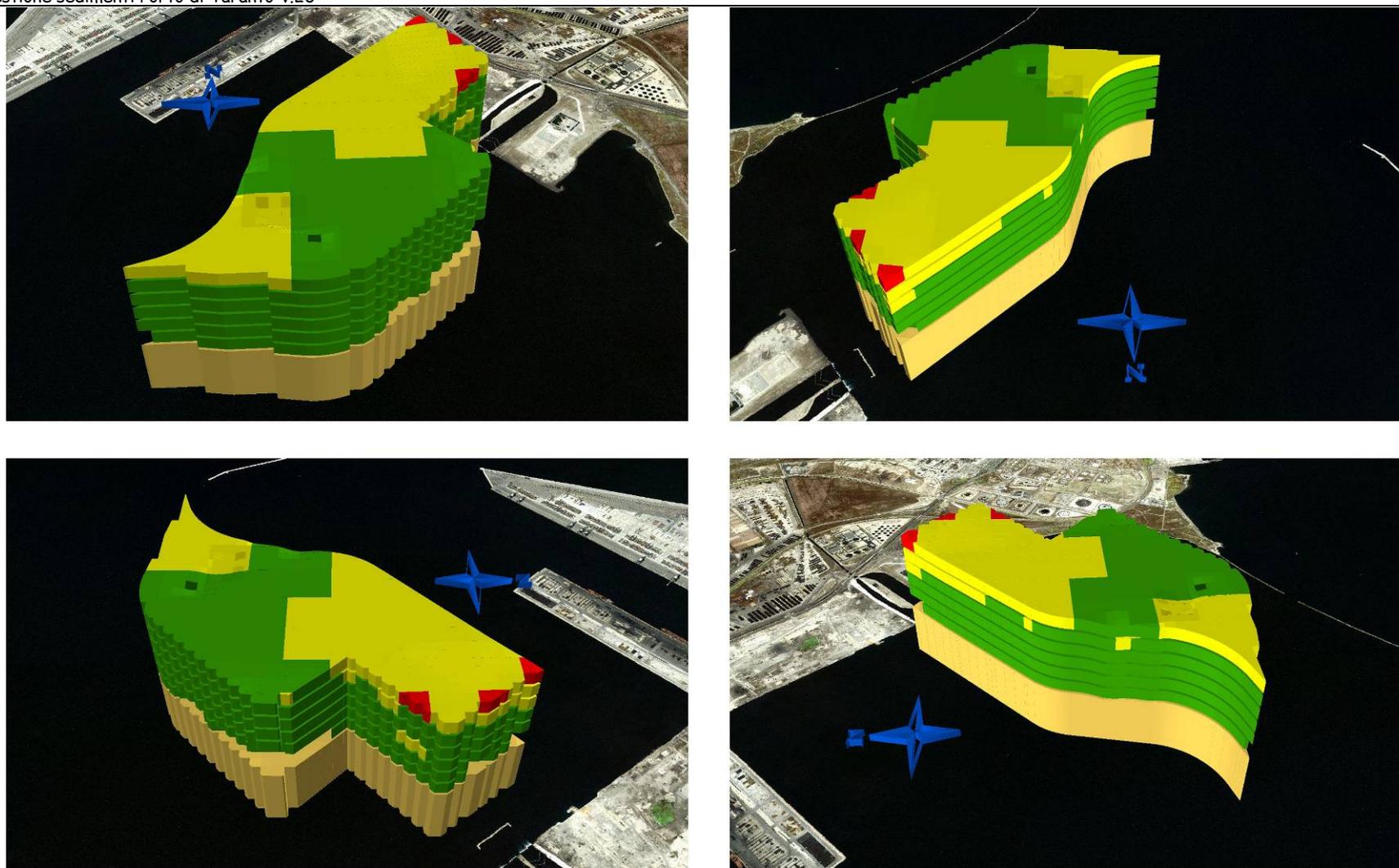
| Elaborazione   |   |
|--|---|
| Sedimento non caratterizzato                               | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
| Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
| LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |

Figura 52: Molo V - Rappresentazione delle volumetrie di escavo

**6.5 AREA DI DRAGAGGIO VI SPORGENTE PONENTE E TESTATA (D3)**

| Strato                 | SEDIMENTI CARATTERIZZATI         |  |  |  |                    | SEDIMENTI NON CARATTERIZZATI |
|------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|------------------------------|
|                        | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |                              |
| 0-50                   | 0                                | 155 934  | 206 052  | 5 162  | 0                  | 0                            |
| 50-100                 | 0                                | 216 199  | 150 949  | 0  | 0                  | 0                            |
| 100-150                | 0                                | 365 227  | 1 921  | 0  | 0                  | 0                            |
| 150-200                | 0                                | 365 269  | 1 795  | 0  | 0                  | 84                           |
| 200-250                | 0                                | 350 235  | 0  | 0  | 0                  | 16 913                       |
| 250-300                | 0                                | 203 231  | 0  | 0  | 0                  | 163 917                      |
| Fino a quota di escavo |                                  |  |  |  |                    | 2 308 551                    |
| TOTALI                 | 0                                | 1 656 095  | 360 716  | 5 162  | 0                  | 2 489 464                    |
|                        | 2 021 973                        |  |  |  |                    | 2 489 464                    |
|                        | 4 511 438                        |  |  |  |                    |                              |

**Tabella 14:** Volumi di sedimento da dragare nell'area del VI Sporgente Ponente e Testata (m<sup>3</sup>)



| Elaborazione   |   |
|--|---|
| Sedimento non caratterizzato                               | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
| Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
| LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |

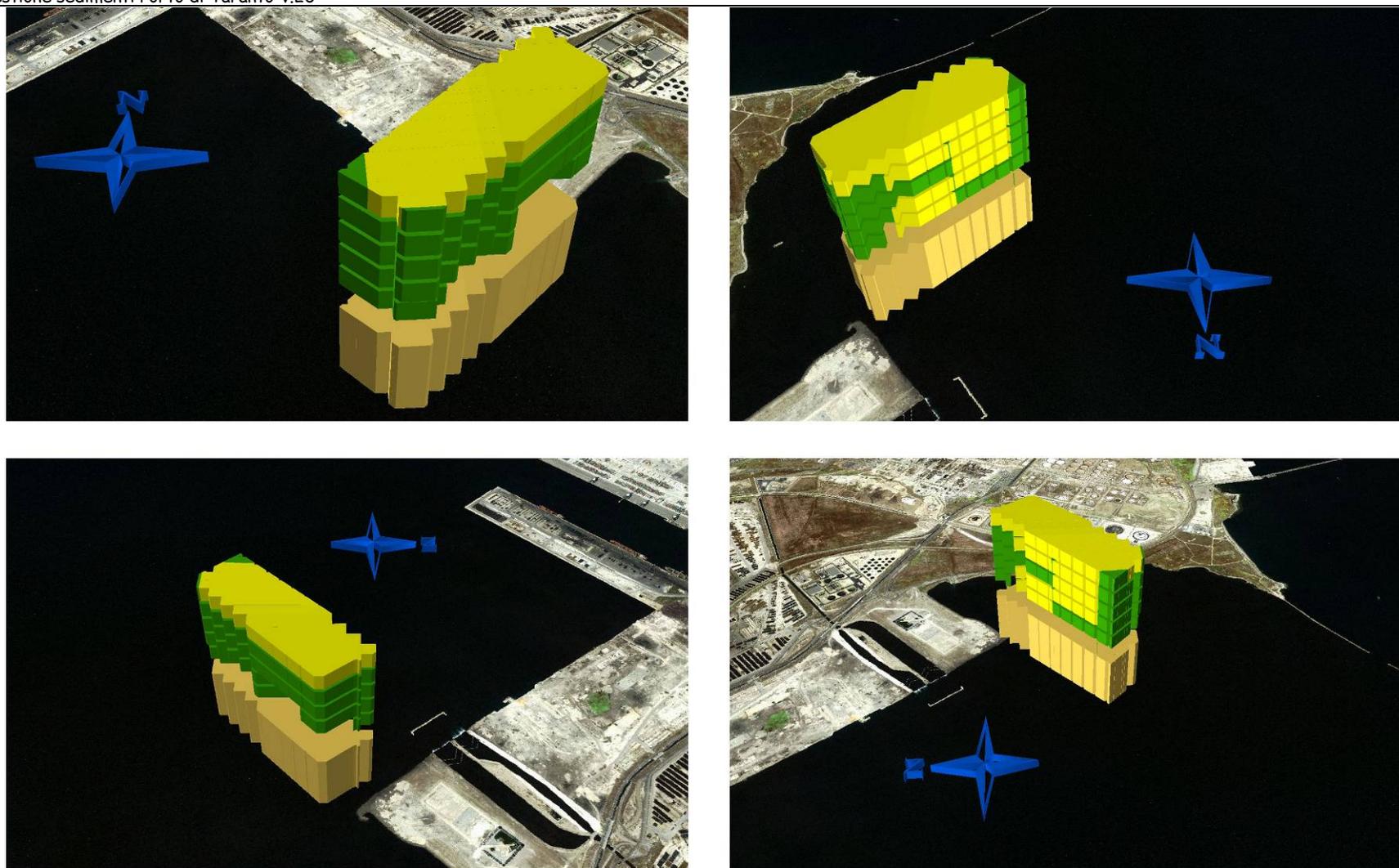
Figura 53: VI Sporgente Ponente e Testata - Rappresentazione delle volumetrie di escavo



## 6.6 AREA DI DRAGAGGIO VI SPORGENTE LEVANTE (D4)

| Strato                 | SEDIMENTI CARATTERIZZATI         |  |  |  |                    | SEDIMENTI NON CARATTERIZZATI |
|------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|------------------------------|
|                        | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |                              |
| 0-50                   | 0                                | 1 430  | 53 480   | 0  | 0                  | 0                            |
| 50-100                 | 0                                | 44 521   | 10 388   | 0  | 0                  | 0                            |
| 100-150                | 0                                | 46 782   | 5 579  | 0  | 0                  | 2 549                        |
| 150-200                | 0                                | 36 886   | 10 388   | 0  | 0                  | 7 635                        |
| 200-250                | 0                                | 11 682   | 4 329  | 0  | 0                  | 38 899                       |
| 250-300                | 0                                | 0  | 0  | 0  | 0                  | 52 209                       |
| Fino a quota di escavo |                                  |  |  |  |                    | 77 854                       |
| TOTALI                 | 0                                | 141 301  | 84 164   | 0  | 0                  | 179 147                      |
|                        | 225 464                          |  |  |  |                    | 179 147                      |
|                        | 404 611                          |  |  |  |                    |                              |

Tabella 15: Volumi di sedimento da dragare nell'area del VI Sporgente Levante (m<sup>3</sup>)



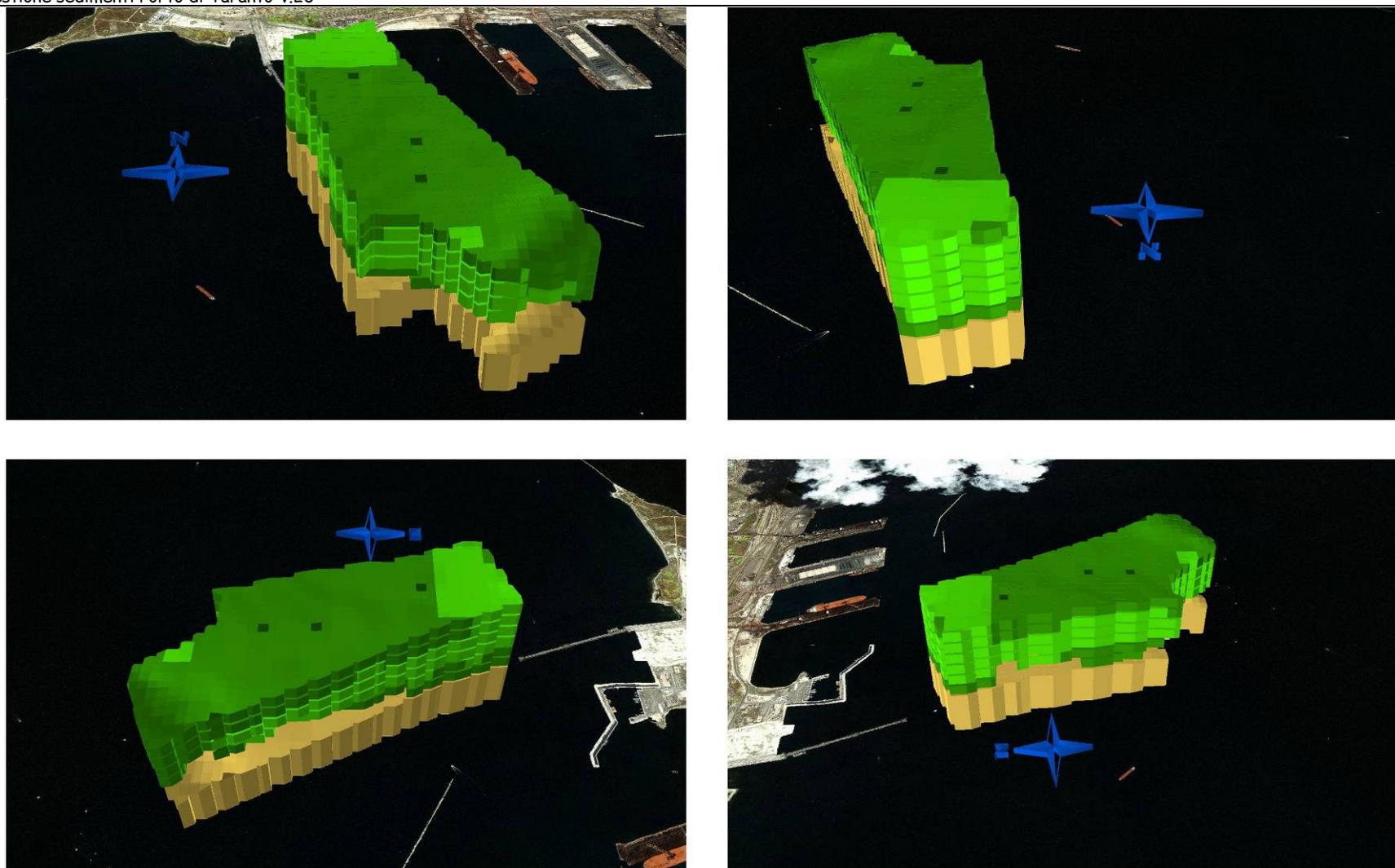
| Elaborazione   |   |
|--|---|
| Sedimento non caratterizzato                               | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
| Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
| LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |

Figura 54: VI Sporgente Levante - Rappresentazione delle volumetrie di escavo

**6.7 AREA DI DRAGAGGIO PONTILE PETROLI (D5)**

| Strato                 | SEDIMENTI CARATTERIZZATI         |  |  |  |                    | SEDIMENTI NON CARATTERIZZATI |
|------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|------------------------------|
|                        | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |                              |
| 0-50                   | 51 866                           | 247 718  | 0  | 0  | 0                  | 0                            |
| 50-100                 | 107 209                          | 168 220  | 0  | 0  | 0                  | 0                            |
| 100-150                | 225 735                          | 4 938  | 0  | 0  | 0                  | 1 139                        |
| 150-200                | 174 130                          | 580  | 0  | 0  | 0                  | 26 371                       |
| 200-250                | 46 625                           | 50 447   | 0  | 0  | 0                  | 97 072                       |
| 250-300                | 0                                | 52 646   | 0  | 0  | 0                  | 81 103                       |
| Fino a quota di escavo |                                  |  |  |  |                    | 147 221                      |
| TOTALI                 | 605 564                          | 524 551  | 0  | 0  | 0                  | 352 905                      |
|                        | 1 130 115                        |  |  |  |                    | 352 905                      |
|                        | 1 483 021                        |  |  |  |                    |                              |

Tabella 16: Volumi di sedimento da dragare nell'area del Pontile Petroli (m<sup>3</sup>)



| Elaborazione   |   |
|--|---|
| Sedimento non caratterizzato                               | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 |
| Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT)                           | Col.B Tab.1 All.5 Tit.V Parte IV D.Lgs.152/06 < Conc. < D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |
| LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Conc. > D.M. 7/11/08 e s.m.i.   |

Figura 55: Pontile Petroli - Rappresentazione delle volumetrie di escavo



## 6.8 RIEPILOGO VOLUMI E QUALITÀ DEI SEDIMENTI DI DRAGAGGIO

Nella Tabella 17 è riportato lo schema riassuntivo delle volumetrie di sedimenti da sottoporre ad interventi di escavo suddivise tra sedimenti caratterizzati e non, e, relativamente ai sedimenti caratterizzati, ulteriormente suddivise secondo le classi precedentemente individuate in funzione della loro qualità.

Nelle figure seguenti (da Figura 56 a Figura 61) viene riportata la rappresentazione dei sedimenti a differente qualità presenti nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo, per strati consecutivi di 50 cm e fino alla profondità di 3 m.

| AREE DI DRAGAGGIO   | SEDIMENTI CARATTERIZZATI |                                  |  |  |  |                    | SEDIMENTI NON CARATTERIZZATI | Volumi totali aree |
|---|--------------------------|----------------------------------|--|--|--|--------------------|------------------------------|--------------------|
|   | Argille                  | Conc. < LCB (Manuale ICRAM-APAT) | LCB (Manuale ICRAM-APAT) < Conc. < Limite Intervento ICRAM | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |                              |                    |
| <b>D7: IV Sporgente</b>                                   | 593 327                  | 12 931                           | 462 808  | 60 176   | 600  | 0                  |                              | 1 129 843          |
| <b>D6: Darsena Servizi (darsena a ovest IV Sporgente)</b> | 26 158                   | 625                              | 42 031   | 23 672   | 529  | 0                  |                              | 93 014             |
| <b>D1: Molo Polisettoriale</b>                            |                          | 0                                | 434 398  | 345 417  | 70 400   | 1 987              | 1 418 314                    | 2 270 515          |
| <b>D2: Molo V</b>   |                          | 0                                | 2 584 108  | 1 424 770  | 66 064   | 1 515              | 5 967 249                    | 10 043 706         |
| <b>D3: VI Sporgente Ponente e Testata</b>                 |                          | 0                                | 1 656 095  | 360 716  | 5 162  | 0                  | 2 489 464                    | 4 511 438          |
| <b>D4: VI Sporgente Levante</b>                           |                          | 0                                | 141 301  | 84 164   | 0  | 0                  | 179 147                      | 404 611            |
| <b>D5: Pontile petroli</b>                                |                          | 605 564                          | 524 551  | 0  | 0  | 0                  | 352 905                      | 1 483 021          |
| <b>TOTALI</b>   | <b>619 485</b>           | <b>619 121</b>                   | <b>5 845 291</b>   | <b>2 298 915</b>   | <b>142 755</b>   | <b>3 502</b>       | <b>10 407 080</b>            |                    |
|   | <b>9 529 069</b>         |                                  |  |  |  |                    | <b>10 407 080</b>            |                    |
|   | <b>19 936 149</b>        |                                  |  |  |  |                    |                              |                    |

Tabella 17: Volumi totali di sedimenti da dragare (m<sup>3</sup>)

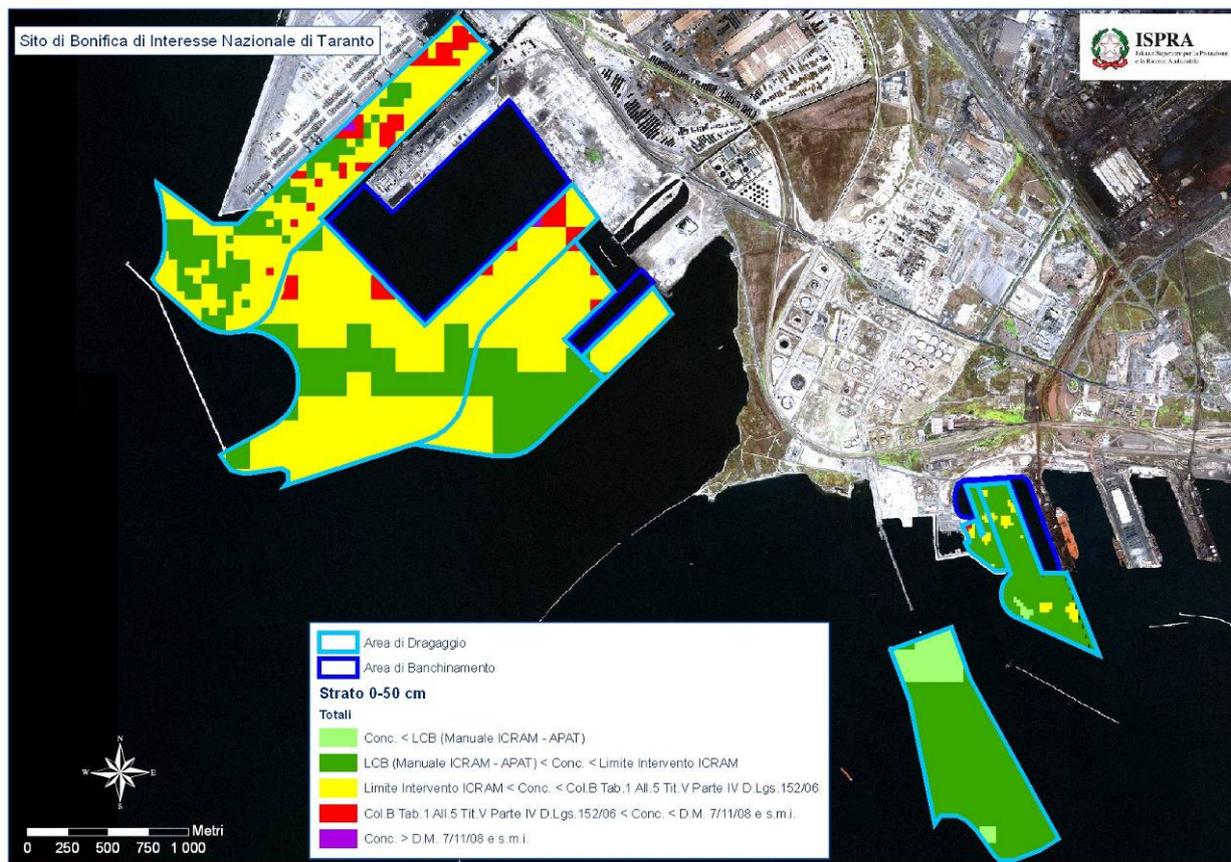


Figura 56: Aree da sottoporre ad interventi di escavo - Strato 0-50 cm

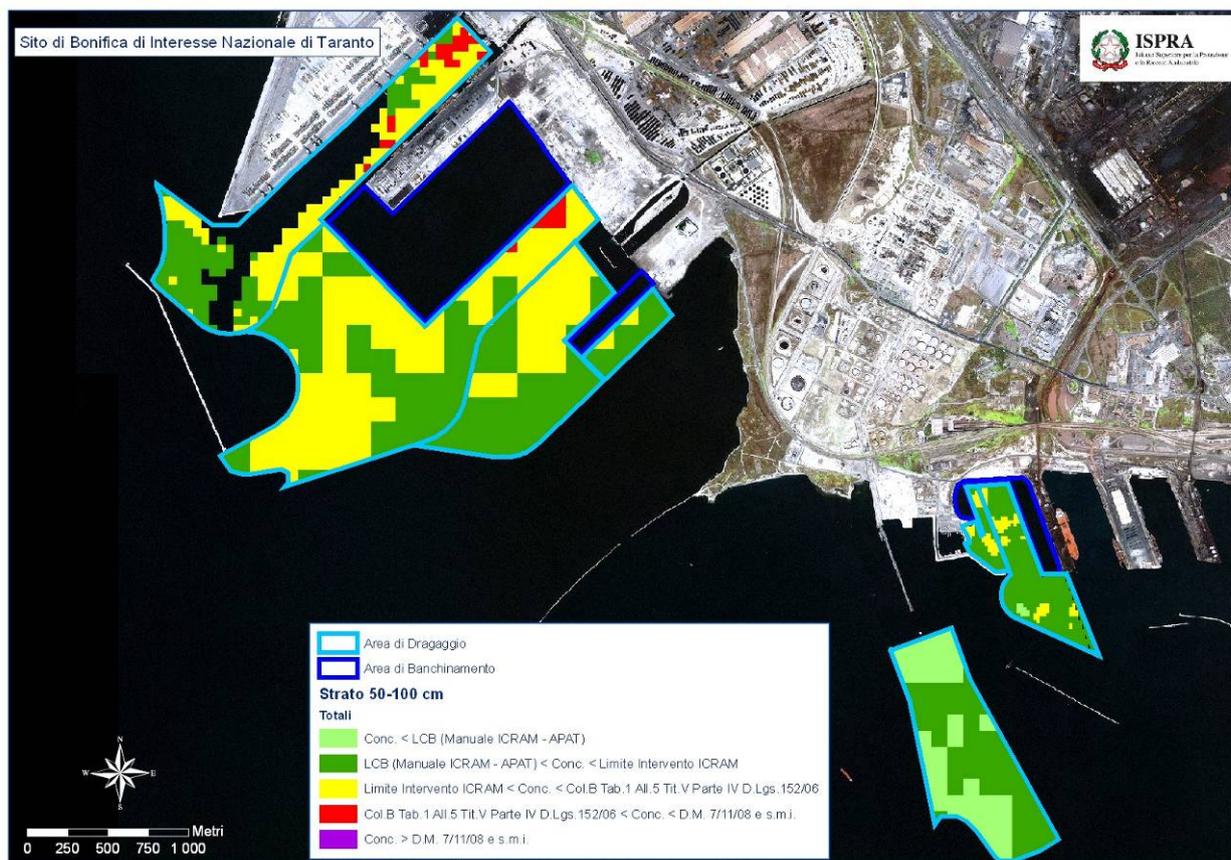


Figura 57: Aree da sottoporre ad interventi di escavo - Strato 50-100 cm

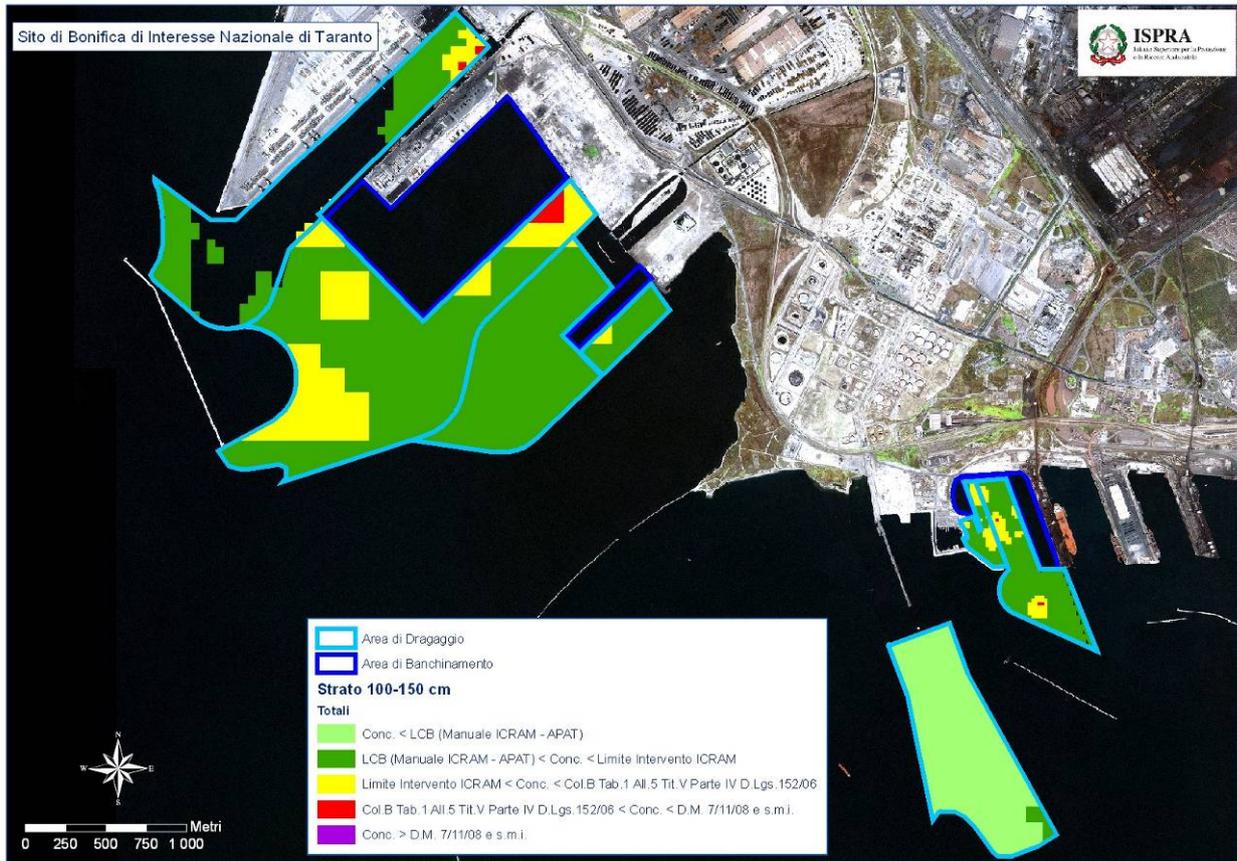


Figura 58: Aree da sottoporre ad interventi di escavo - Strato 100-150 cm

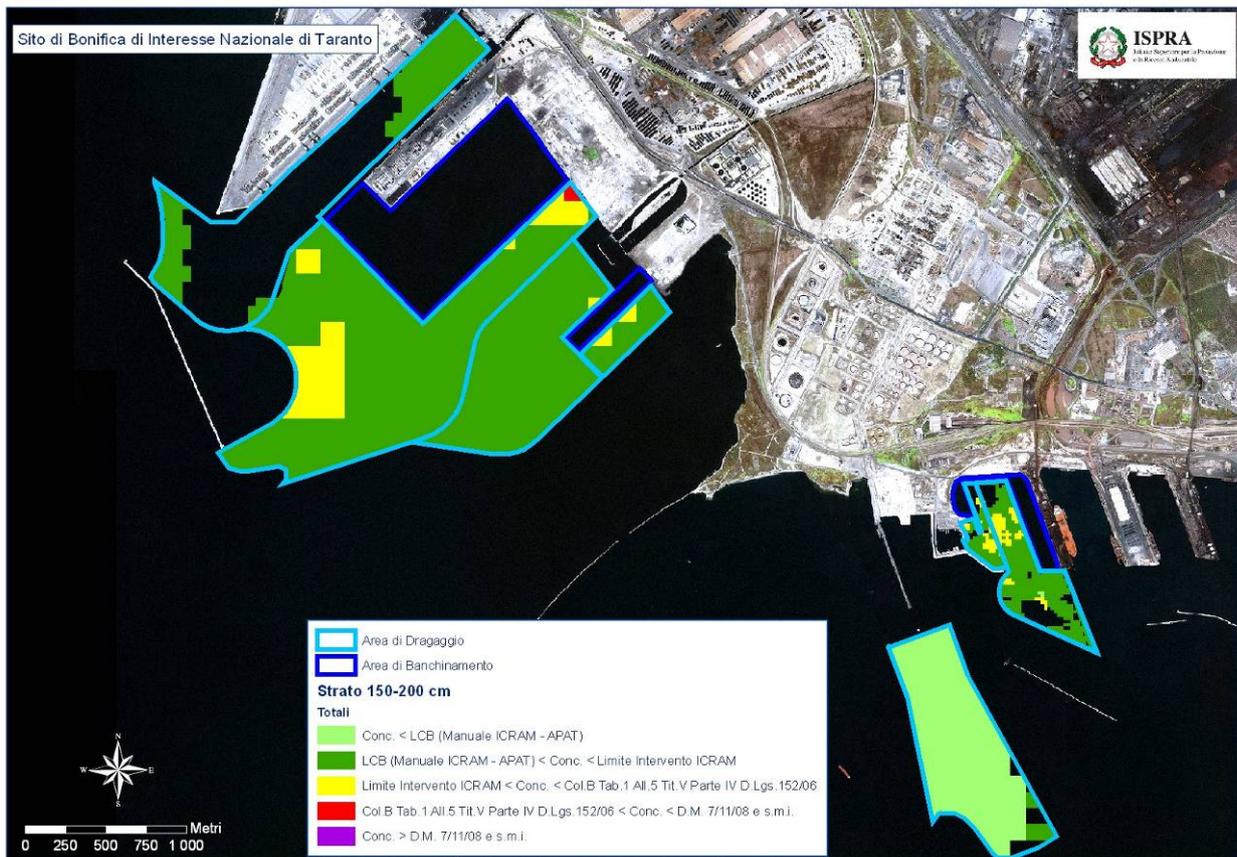


Figura 59: Aree da sottoporre ad interventi di escavo - Strato 150-200 cm

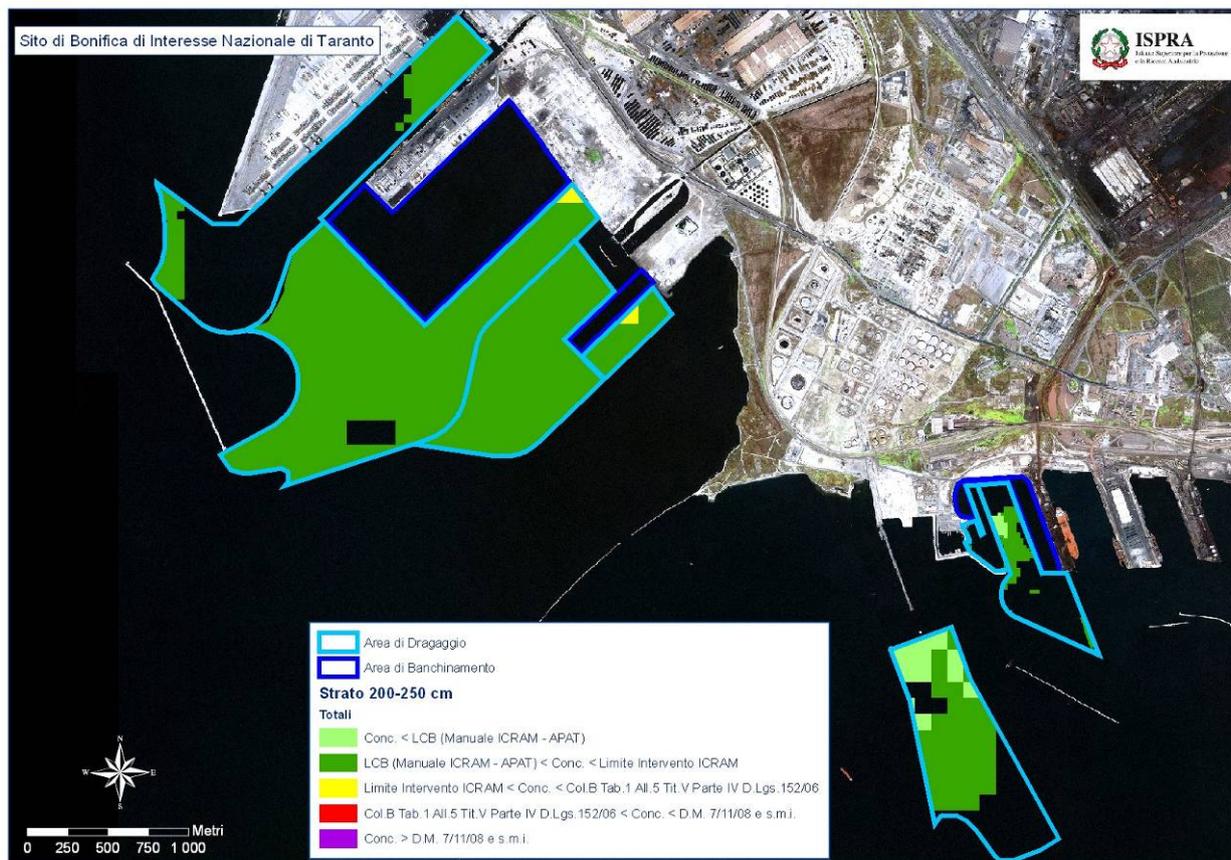


Figura 60: Aree da sottoporre ad interventi di escavo - Strato 200-250 cm

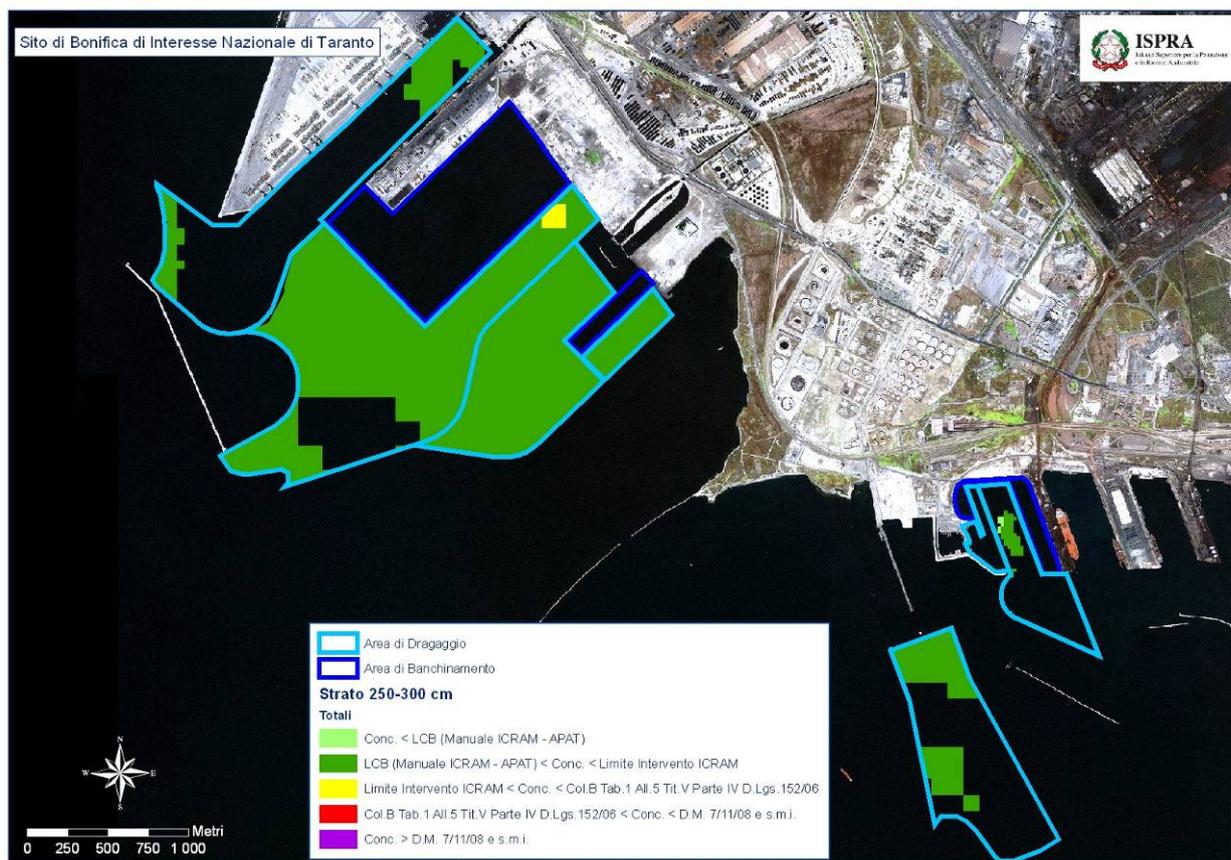
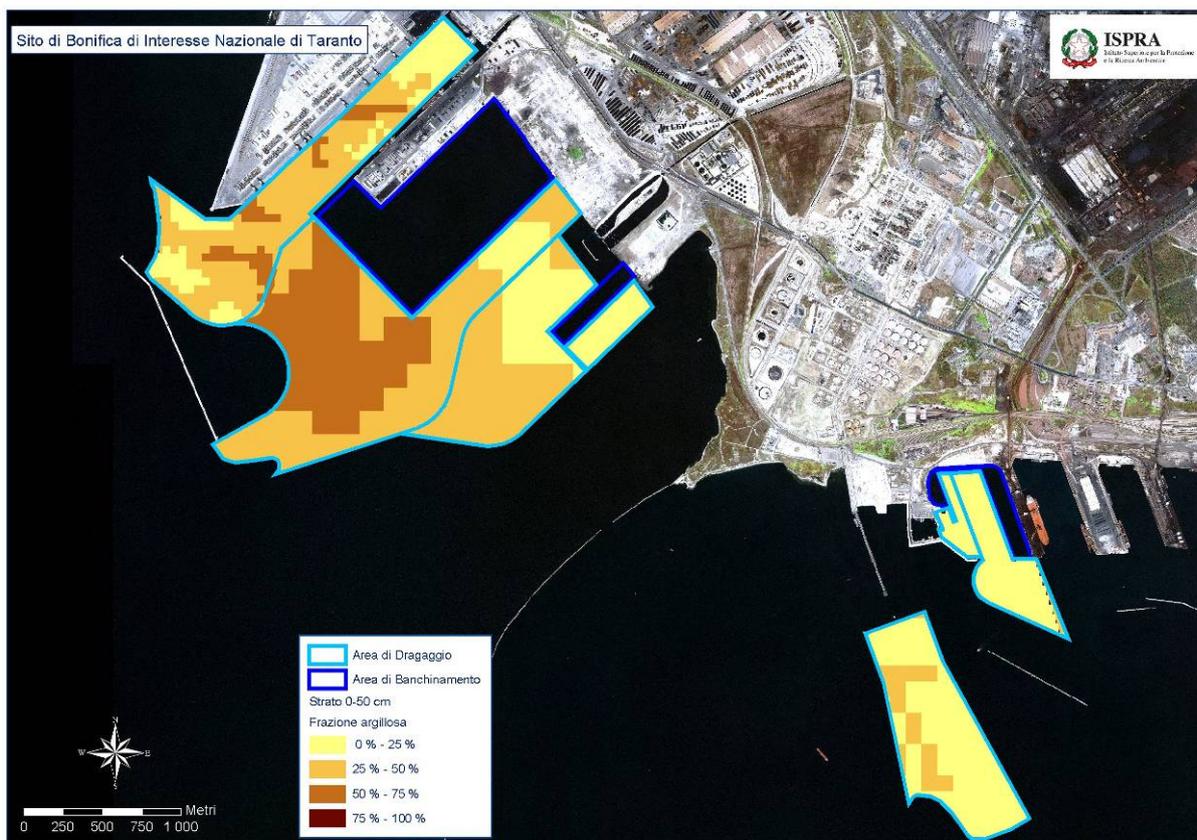


Figura 61: Aree da sottoporre ad interventi di escavo - Strato 250-300 cm

Ai fini della gestione del sedimento dragato, è opportuno considerare la percentuale delle diverse frazioni granulometriche presenti, per valutare la fattibilità di un trattamento di separazione granulometrica finalizzato alla selezione delle frazioni granulometriche più idonee per un determinato utilizzo (ad. esempio sabbia per ripascimenti).

Per tale motivo, si riportano nel seguito, per strati consecutivi di sedimento con spessore pari a 50 cm: le percentuali della frazione argillosa ( $< 4 \mu\text{m}$ ) riscontrata fino a 3 m (da Figura 62 a Figura 67), le percentuali della frazione limosa ( $4 \mu\text{m} \div 63 \mu\text{m}$ ) riscontrata fino a 3 m di profondità (da Figura 68 a Figura 73), le percentuali della frazione sabbiosa ( $63 \mu\text{m} \div 2 \text{mm}$ ) riscontrata fino a 3 m di profondità (da Figura 74 a Figura 79) e le percentuali della frazione ghiaiosa ( $> 2 \text{mm}$ ) riscontrata fino a 3 m di profondità (da Figura 80 a Figura 85).



**Figura 62:** Percentuale della frazione argillosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 0-50 cm

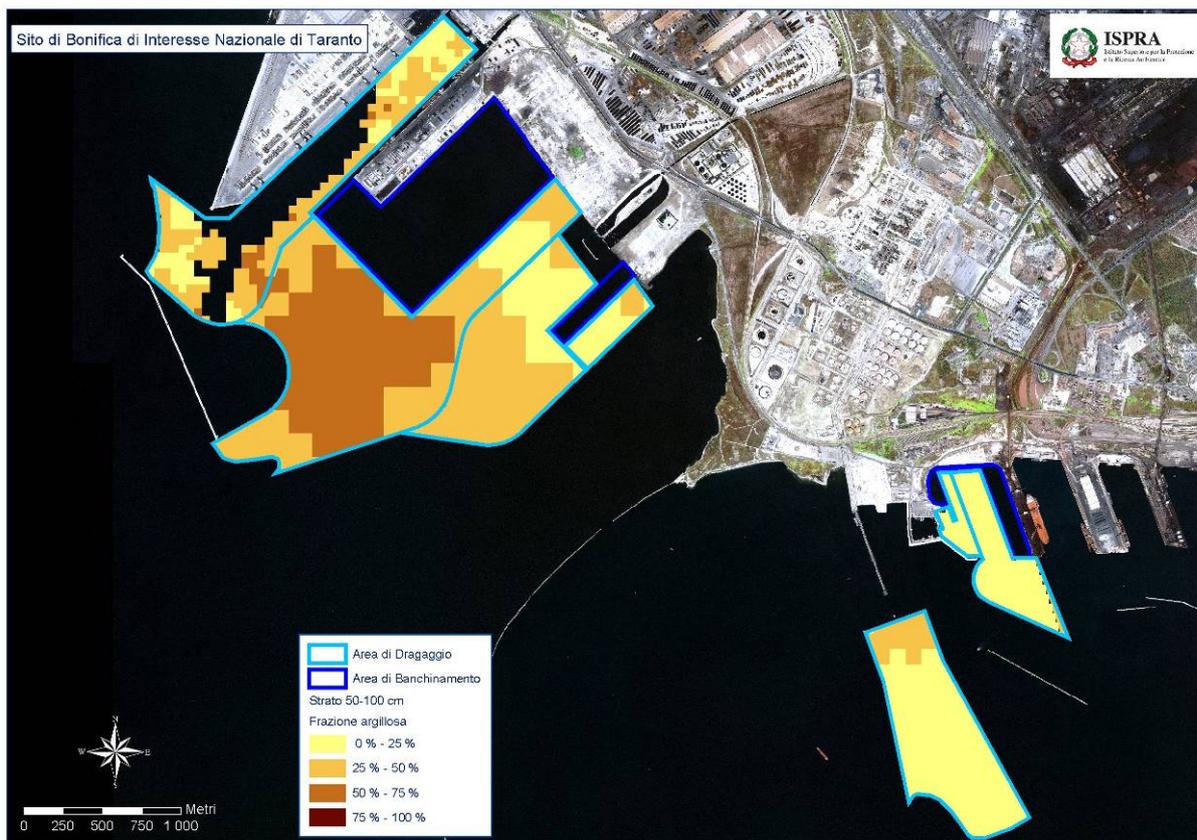


Figura 63: Percentuale della frazione argillosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 50-100 cm

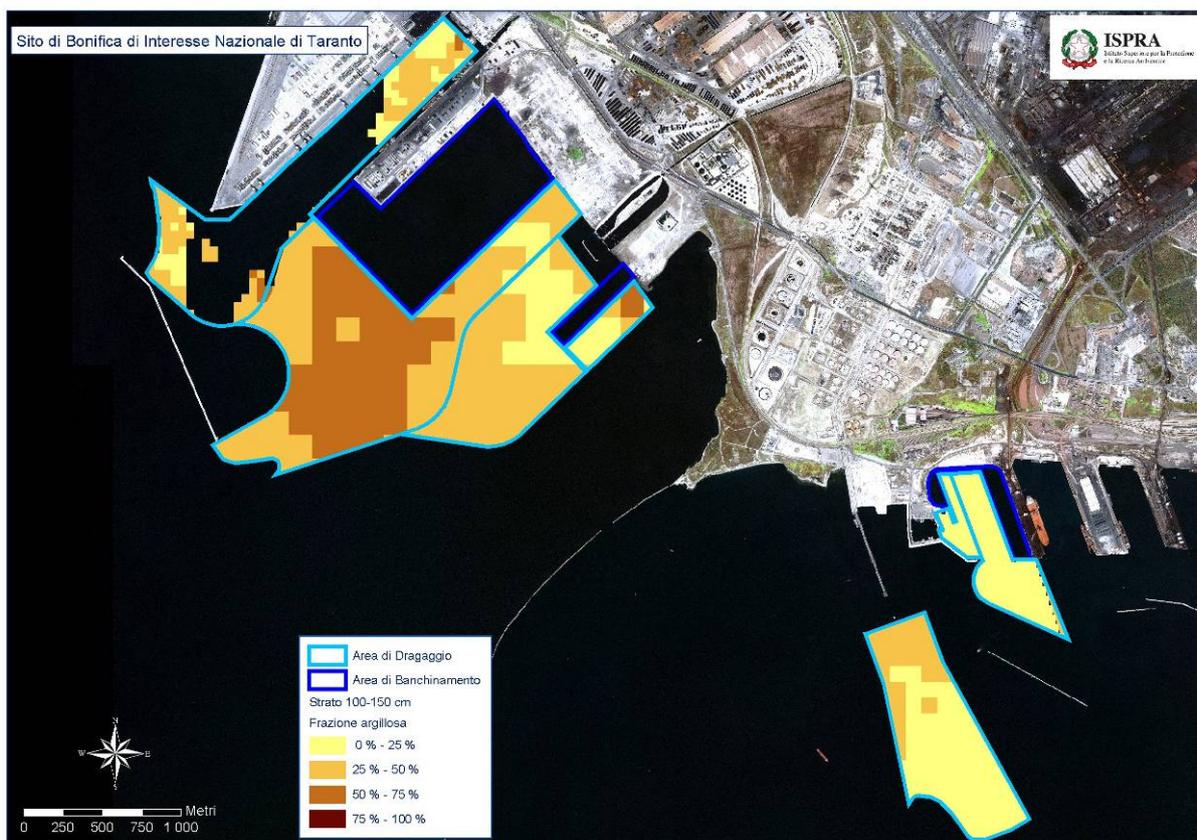


Figura 64: Percentuale della frazione argillosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 100-150 cm

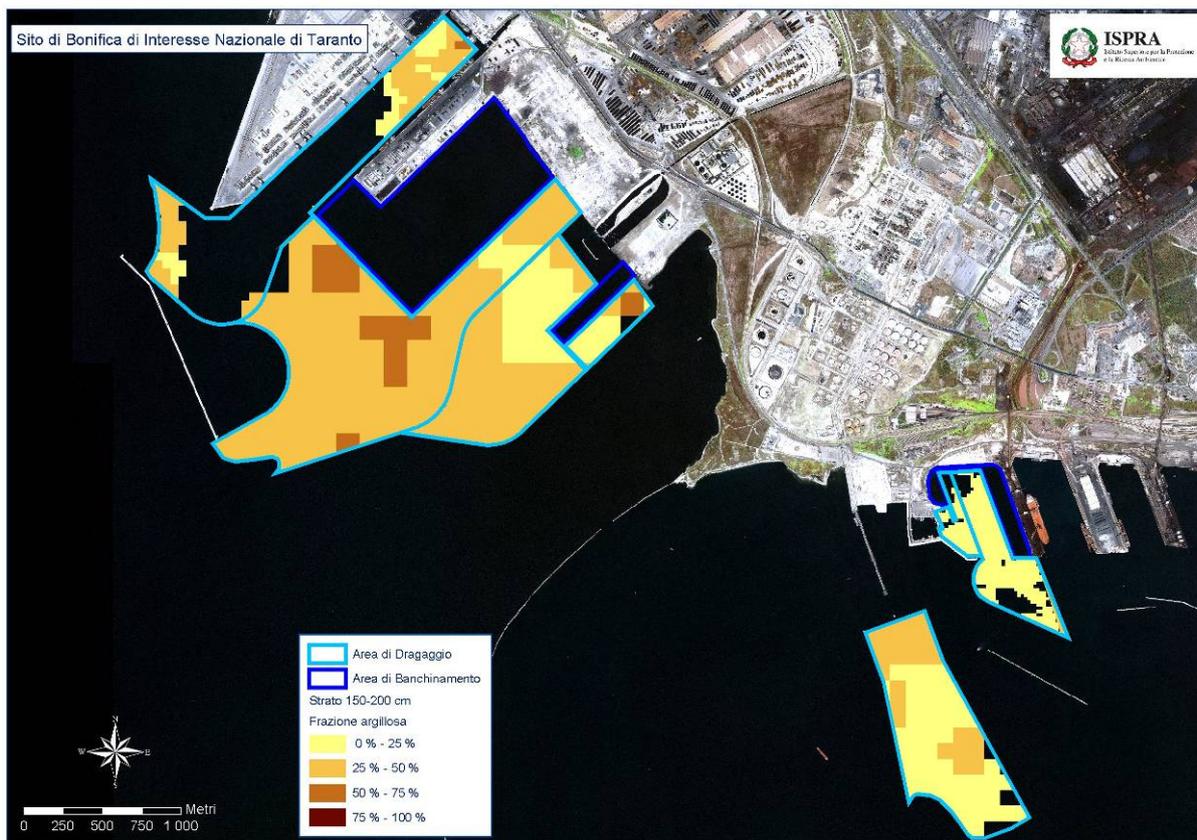


Figura 65: Percentuale della frazione argillosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 150-200 cm

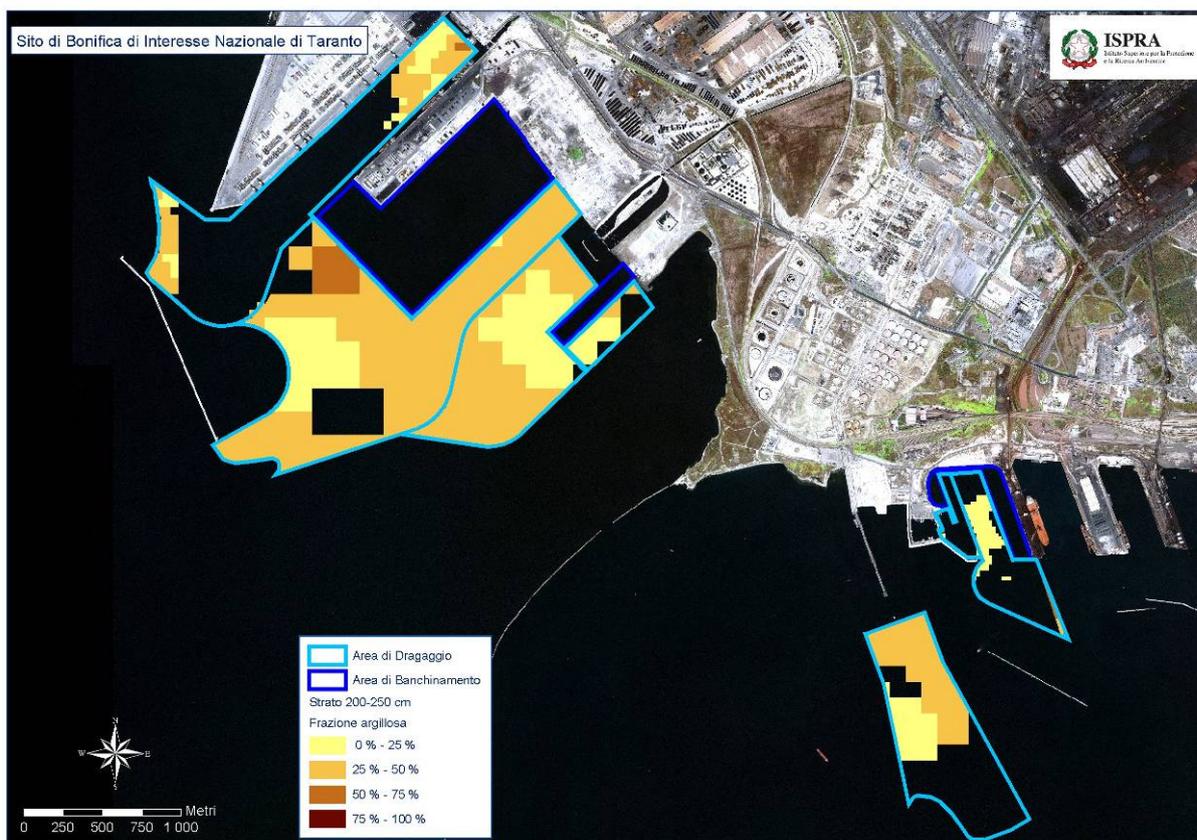


Figura 66: Percentuale della frazione argillosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 200-250 cm

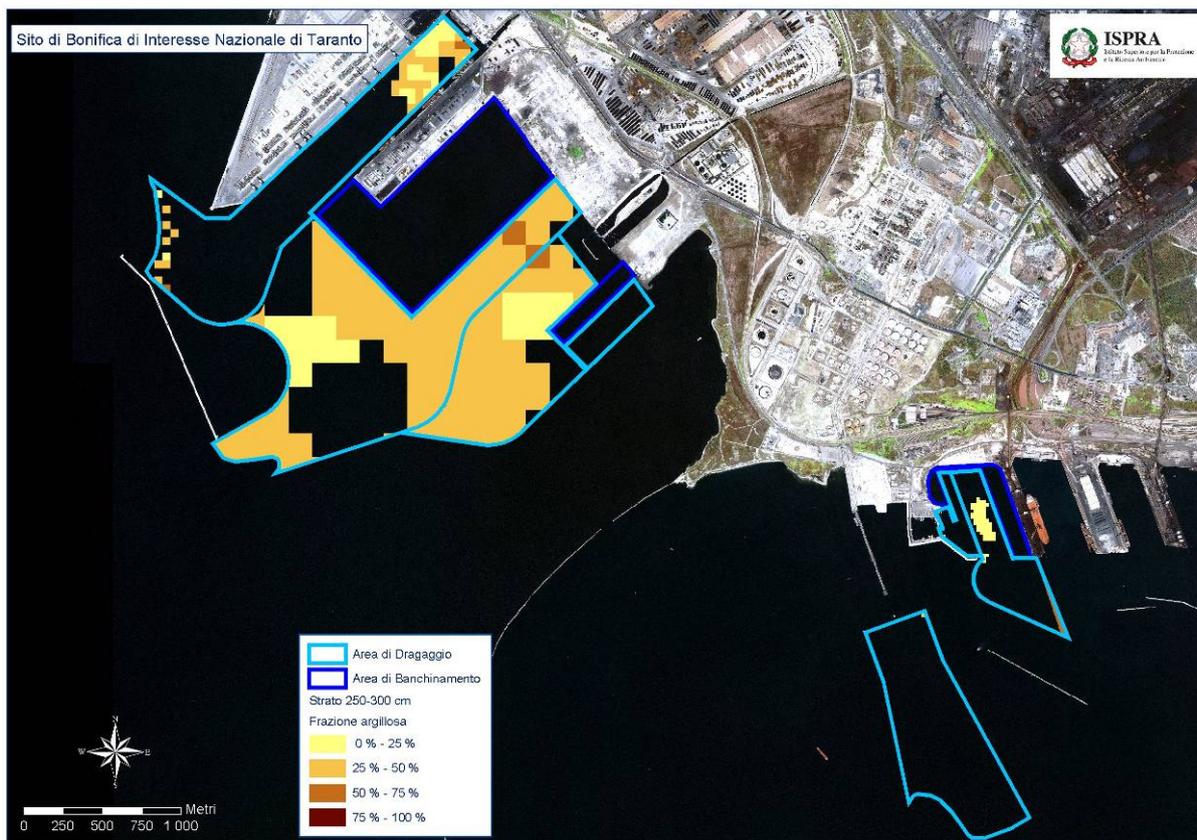


Figura 67: Percentuale della frazione argillosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 250-300 cm

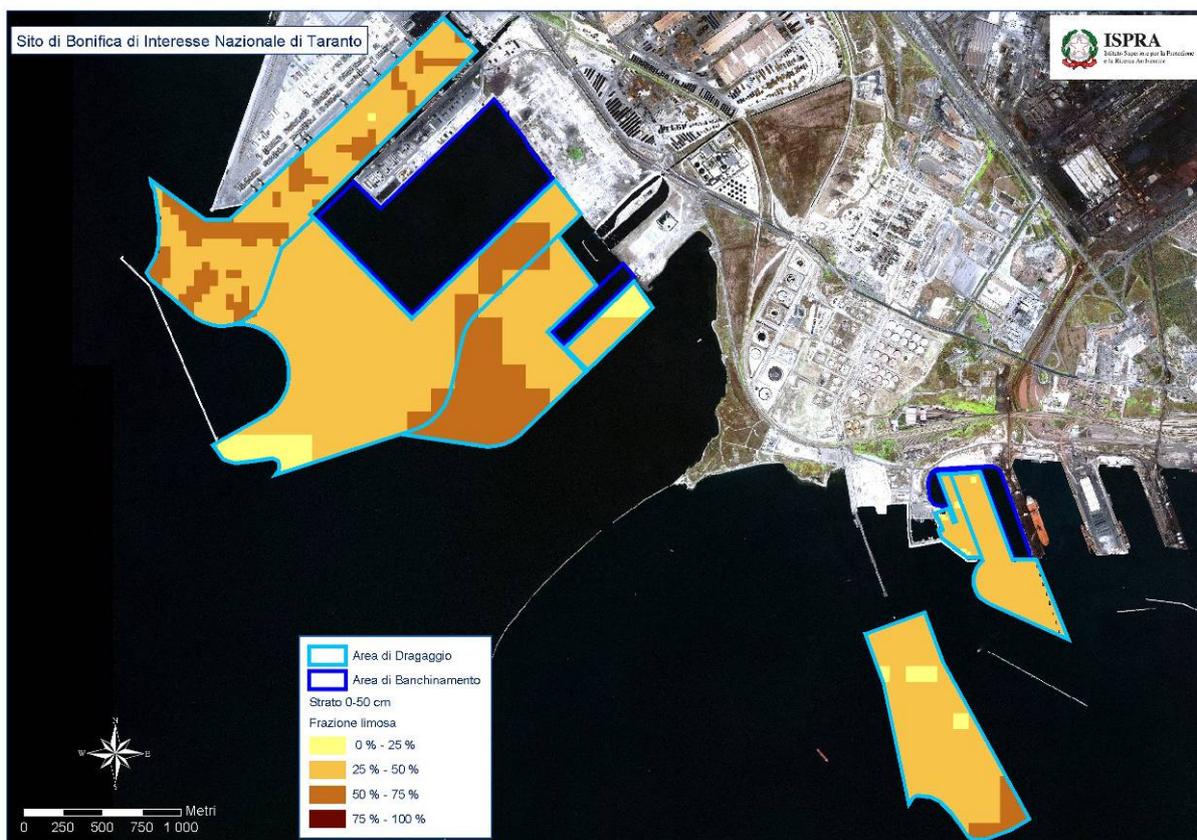


Figura 68: Percentuale della frazione limosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 0-50 cm

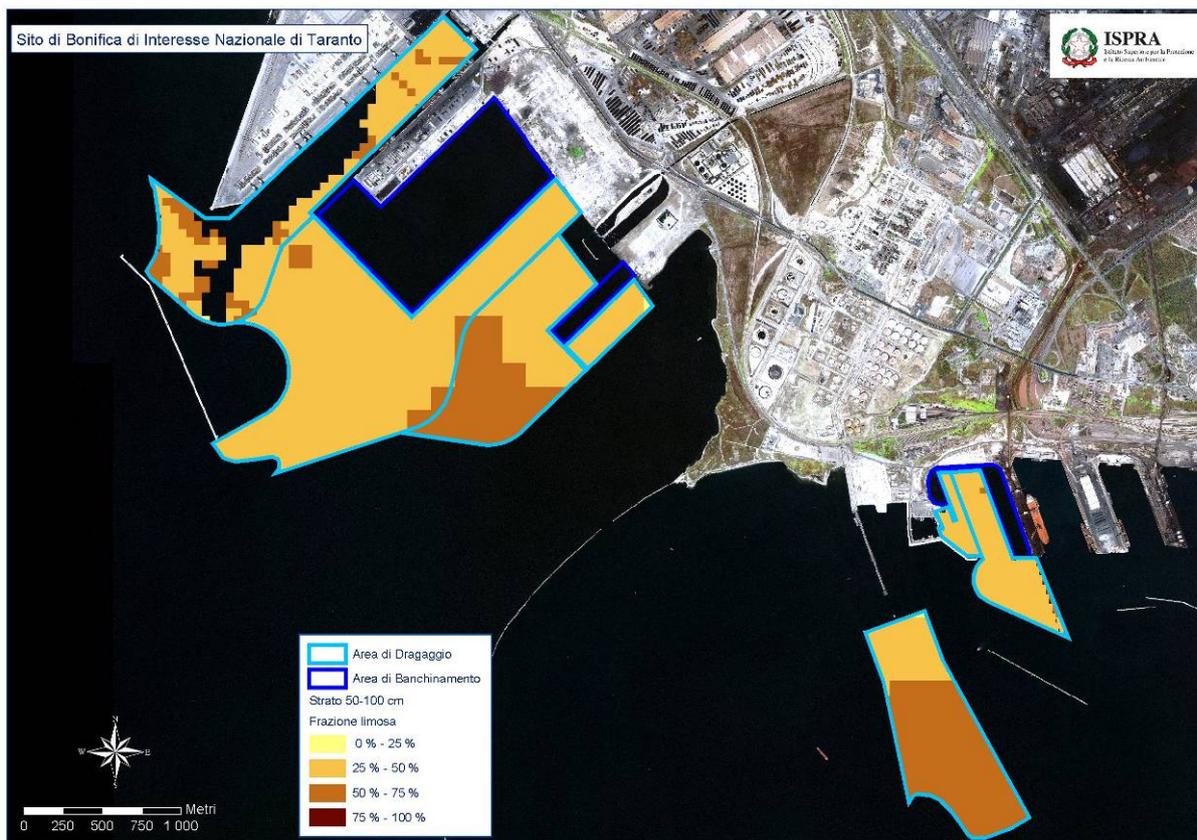


Figura 69: Percentuale della frazione limosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 50-100 cm

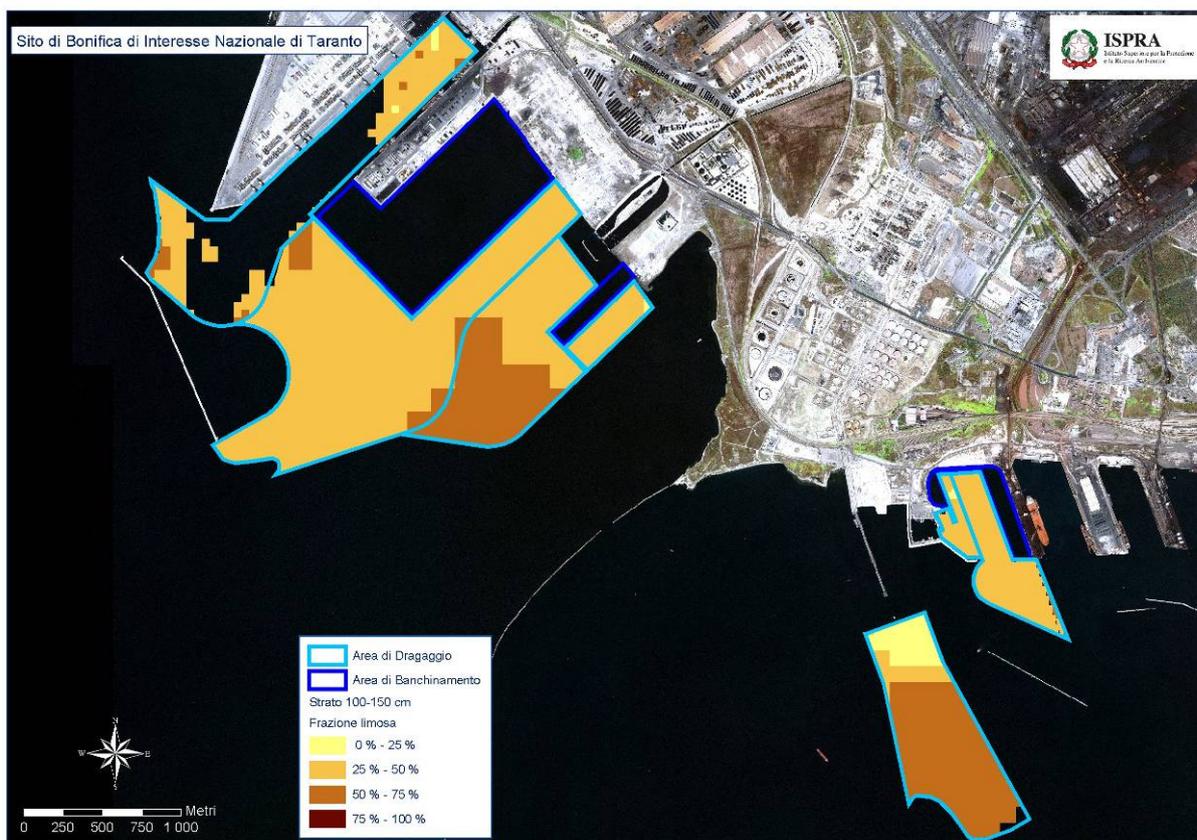


Figura 70: Percentuale della frazione limosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 100-150 cm

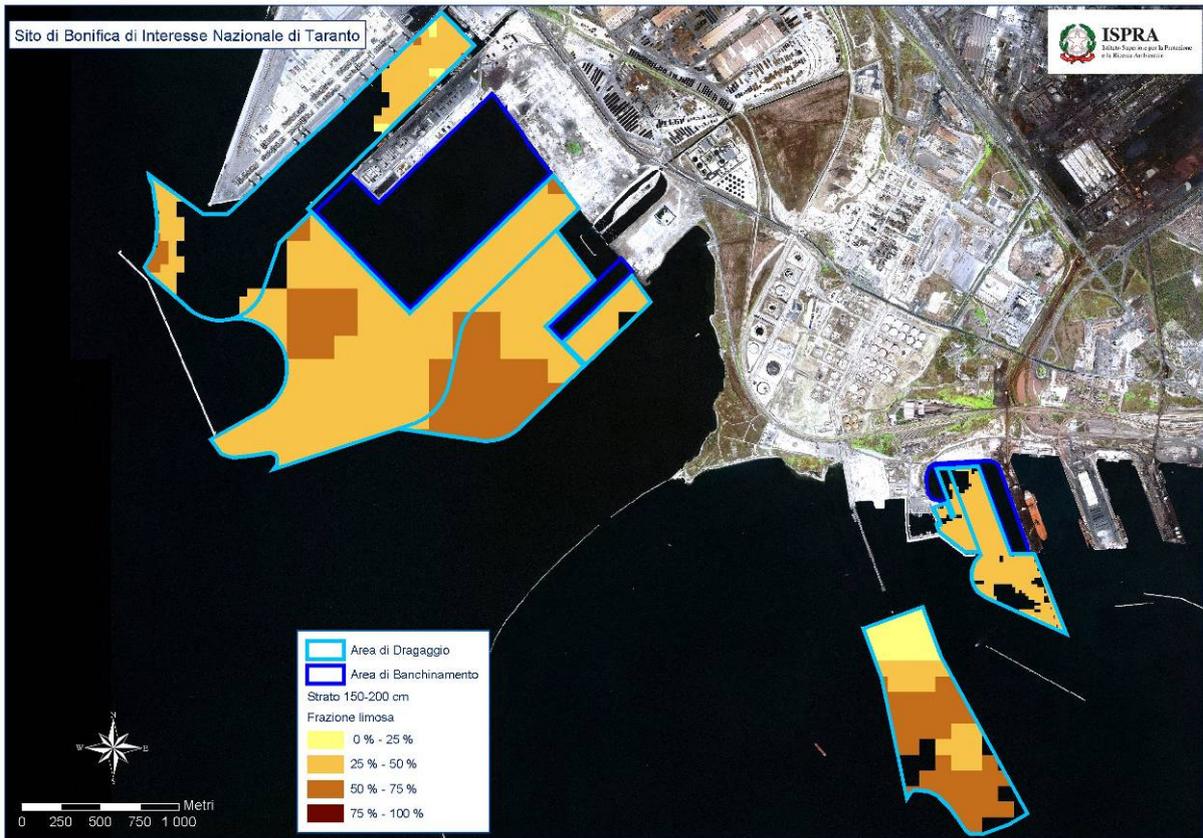


Figura 71: Percentuale della frazione limosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 150-200 cm

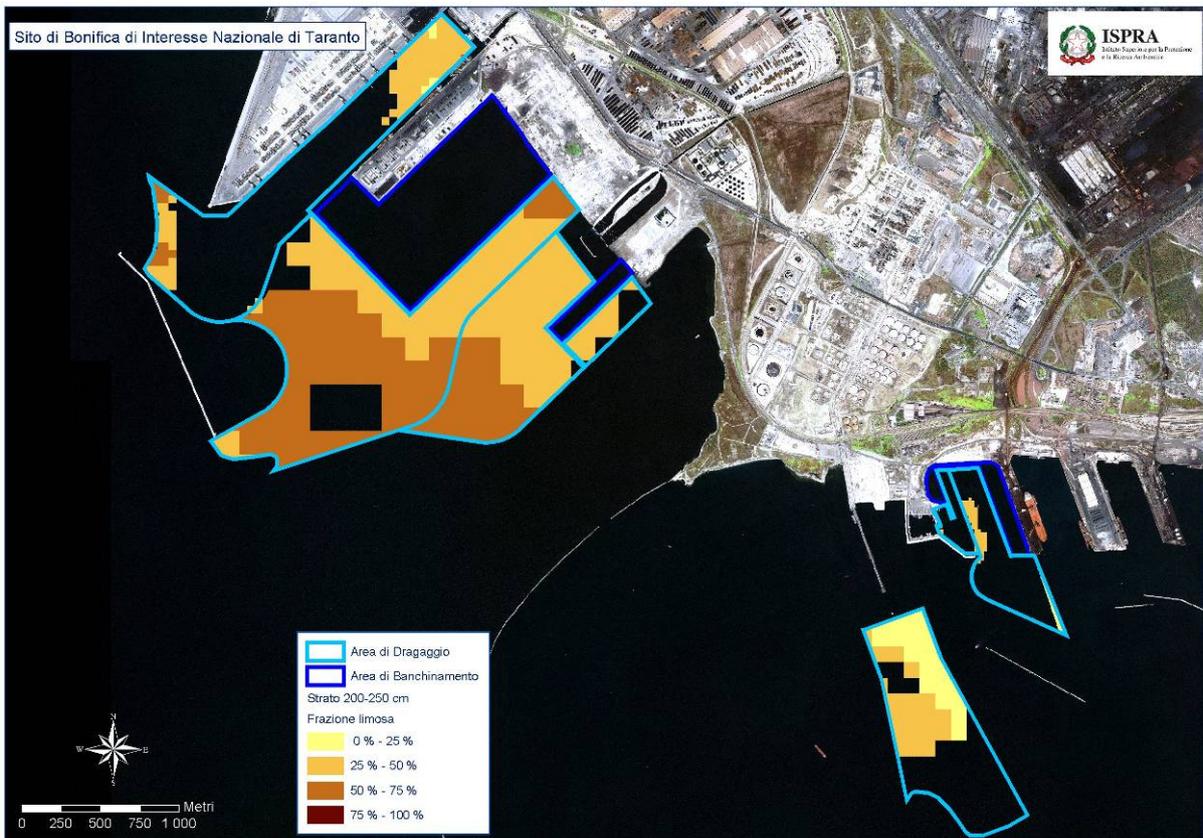


Figura 72: Percentuale della frazione limosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 200-250 cm

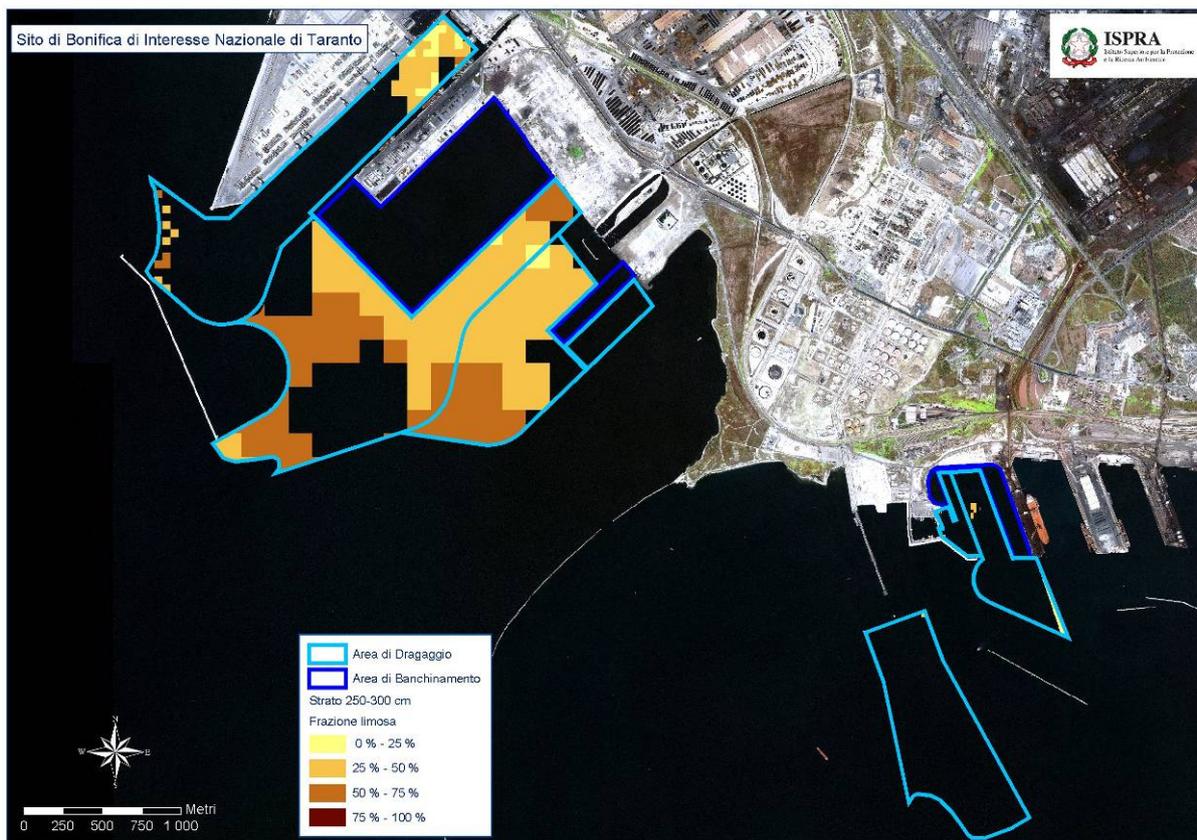


Figura 73: Percentuale della frazione limosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 250-300 cm

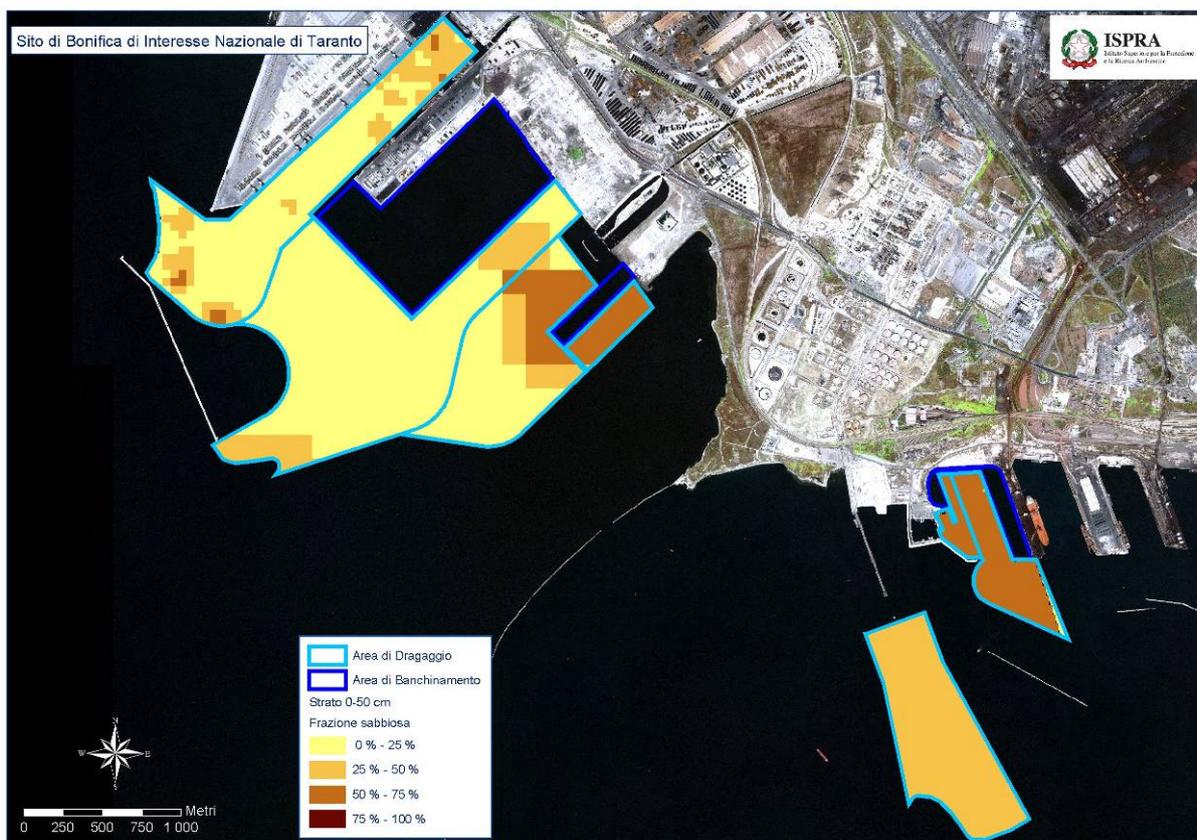


Figura 74: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 0-50 cm

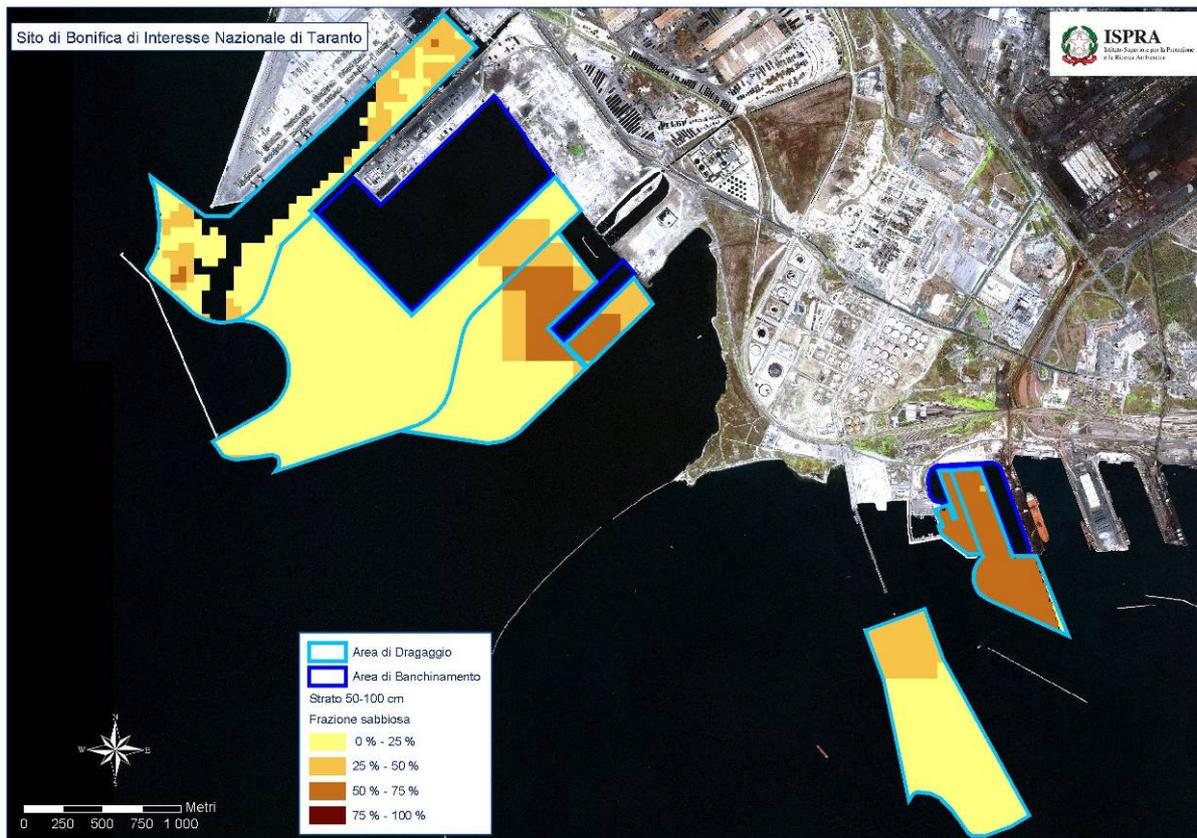


Figura 75: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 50-100 cm

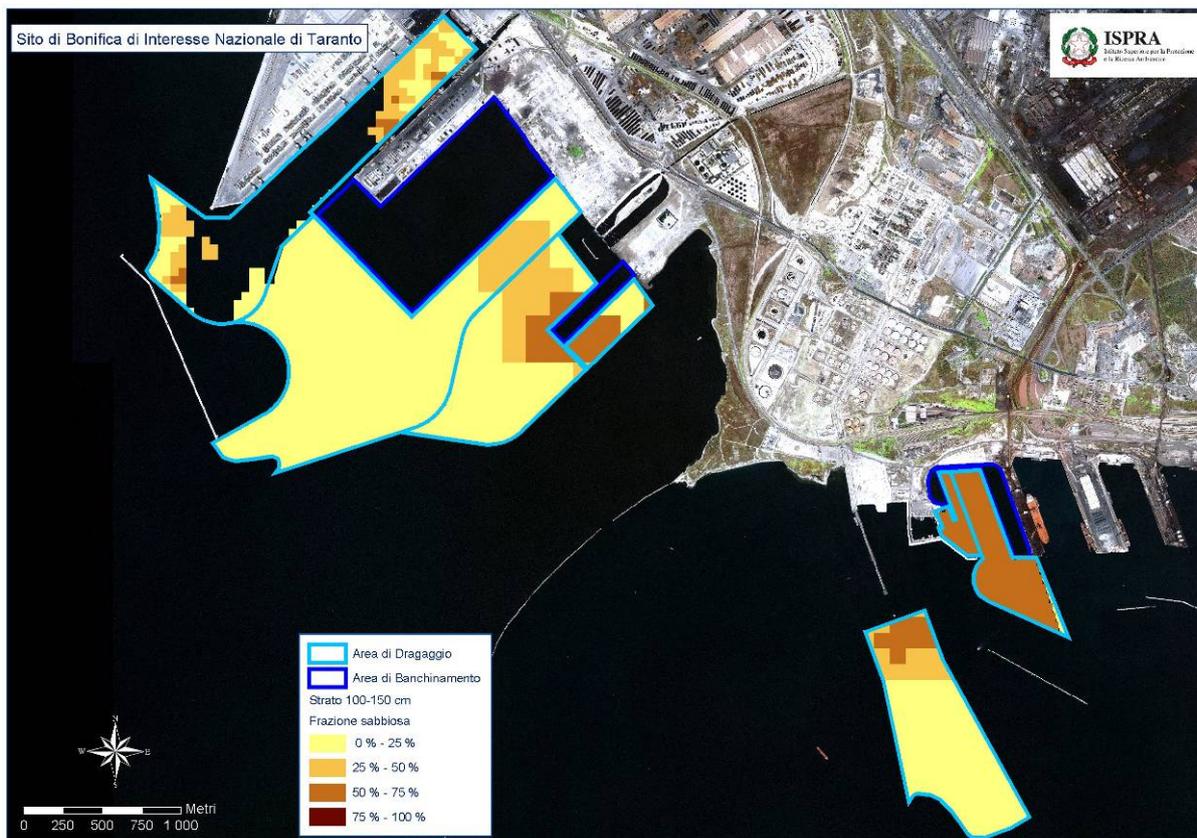


Figura 76: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 100-150 cm

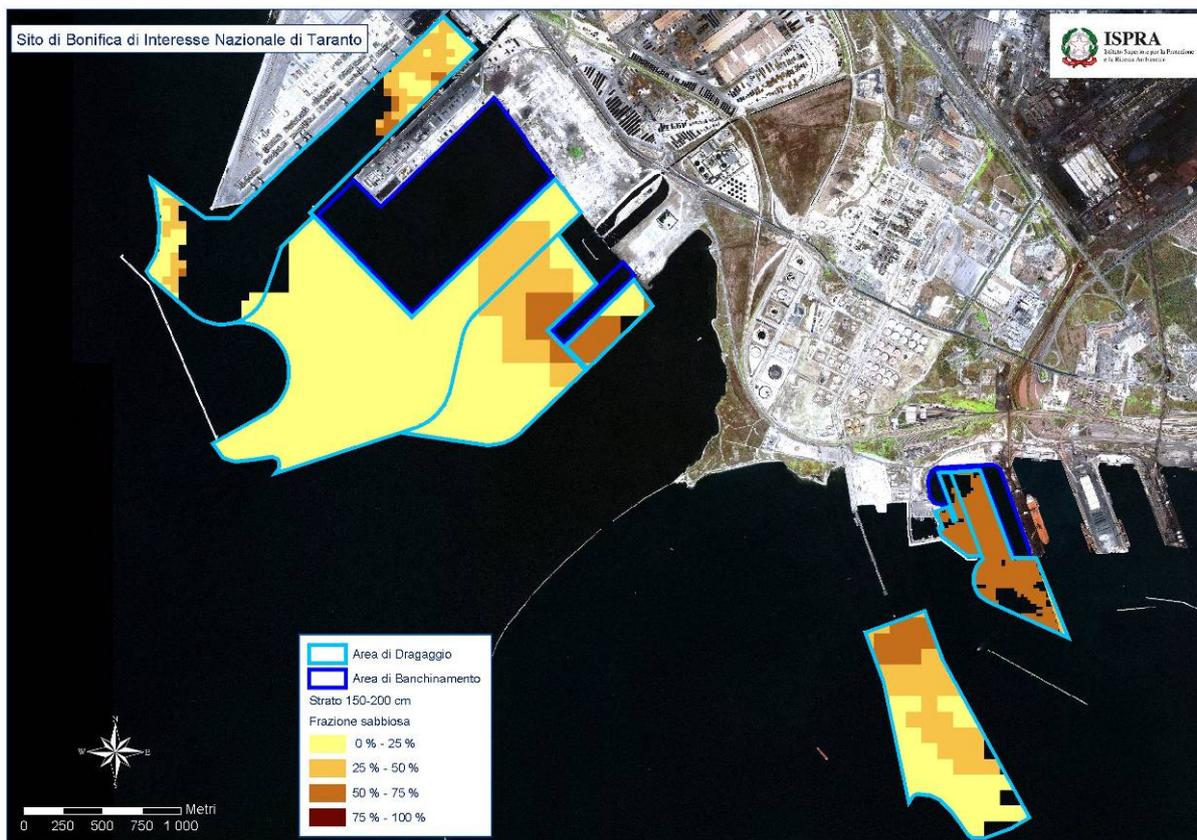


Figura 77: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 150-200 cm

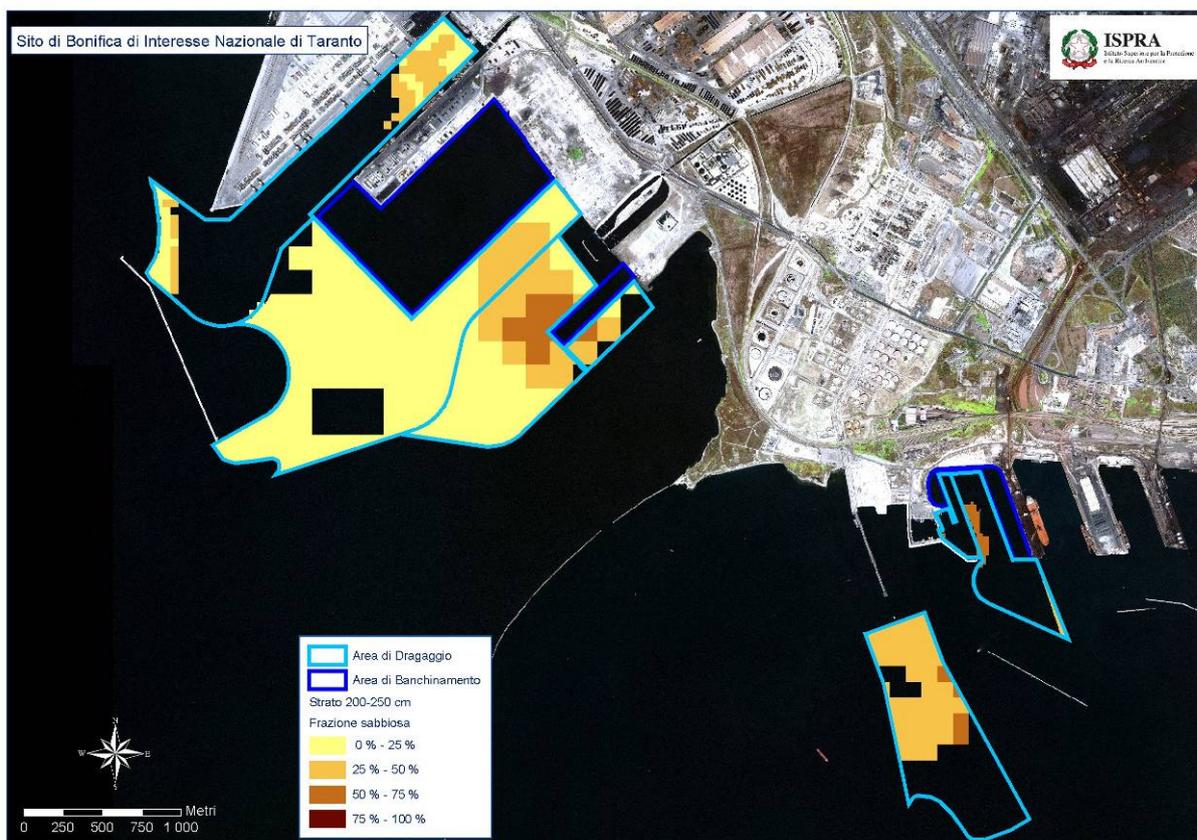


Figura 78: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 200-250 cm

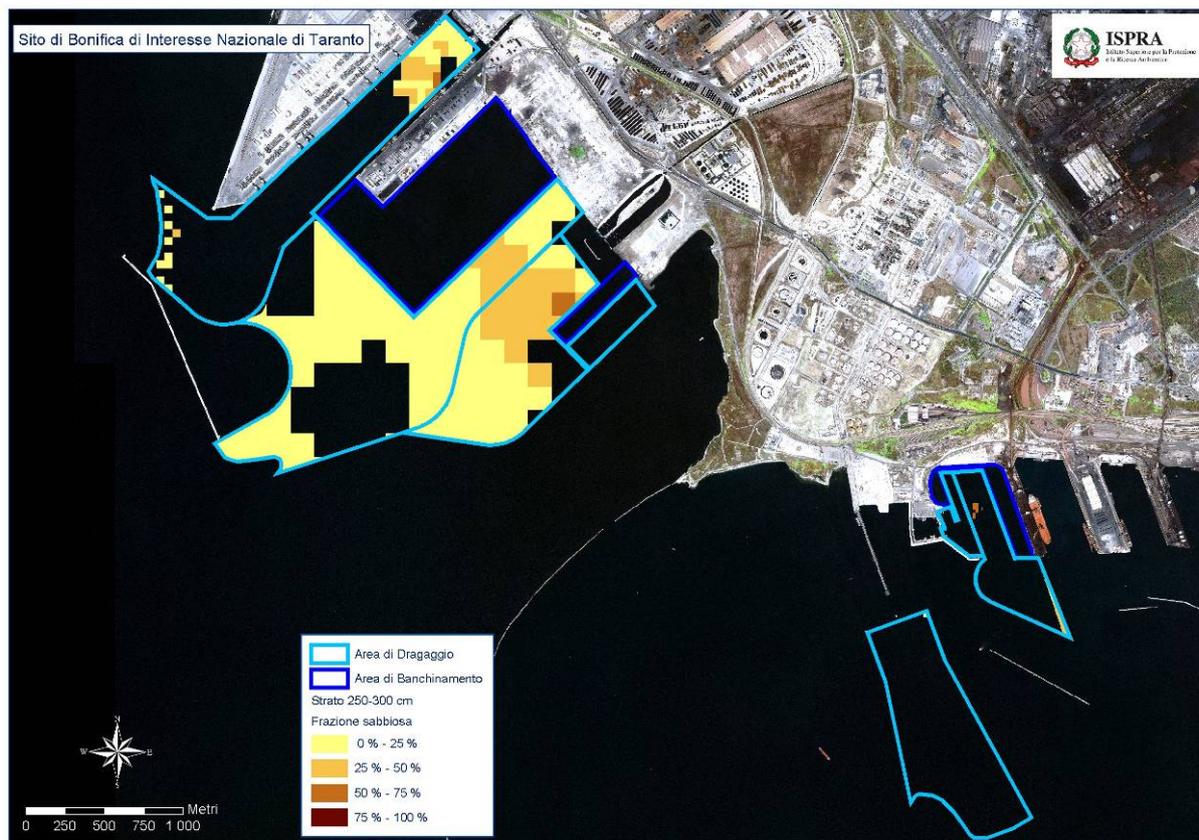


Figura 79: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 250-300 cm

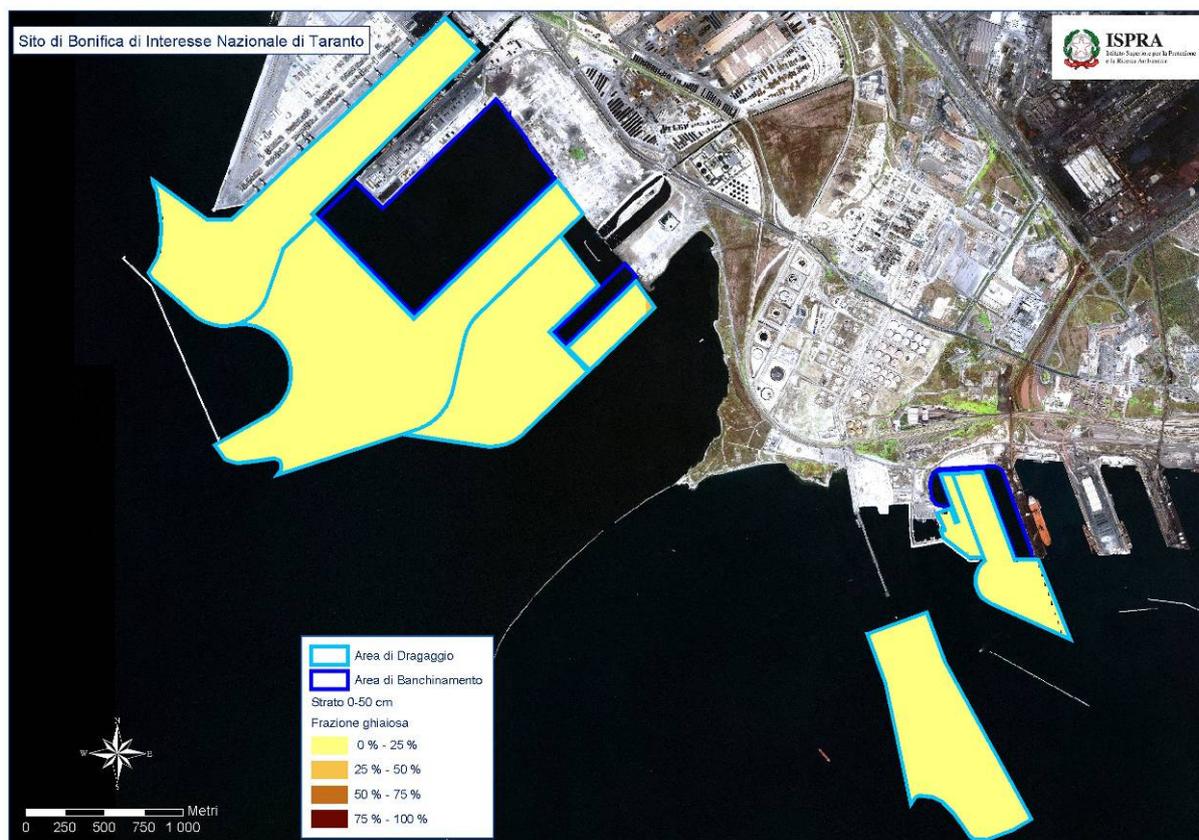


Figura 80: Percentuale della frazione ghiaiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 0-50 cm

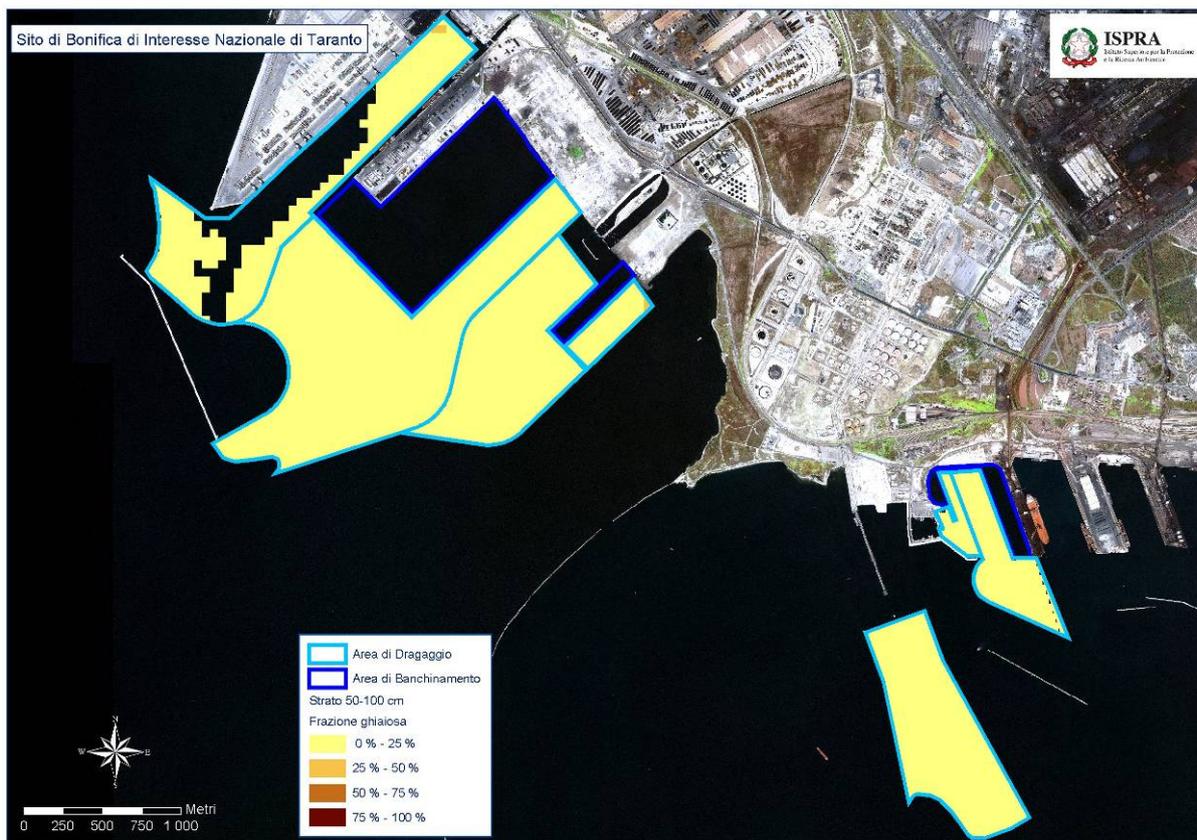


Figura 81: Percentuale della frazione ghiaiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 50-100 cm

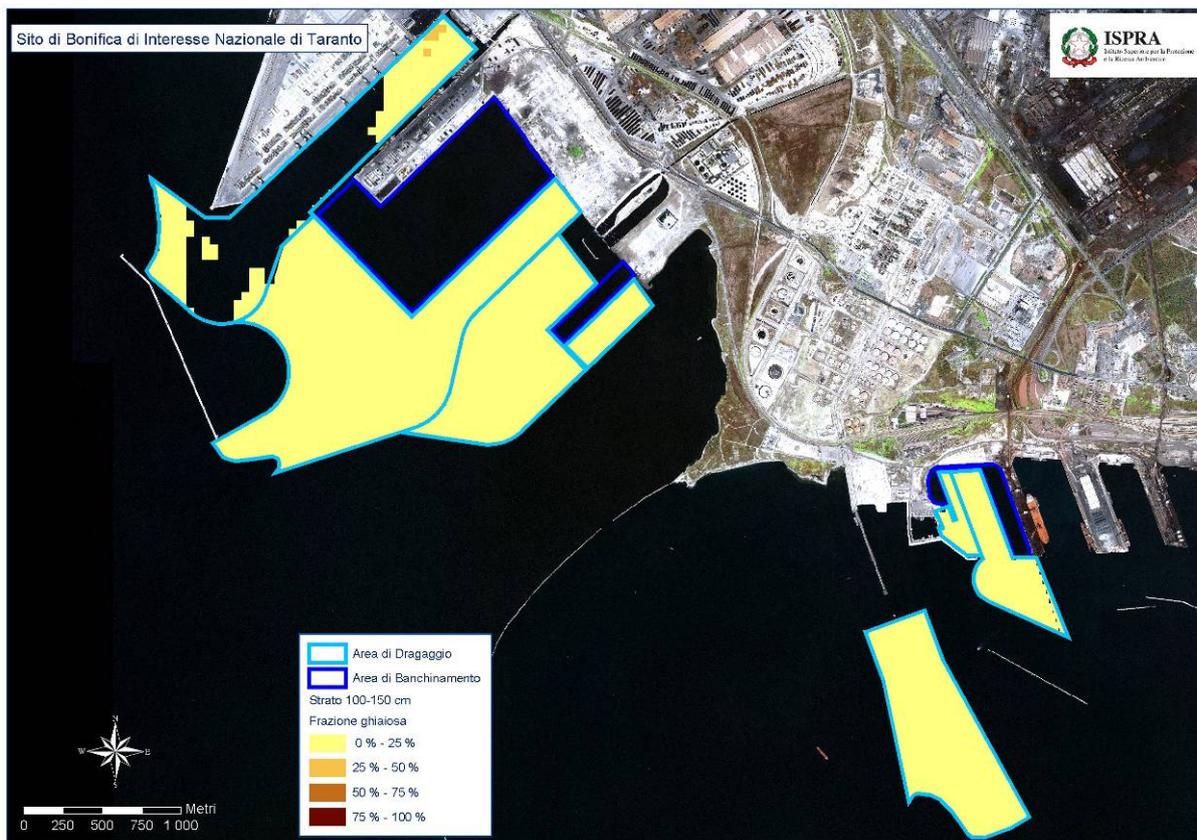


Figura 82: Percentuale della frazione ghiaiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 100-150 cm

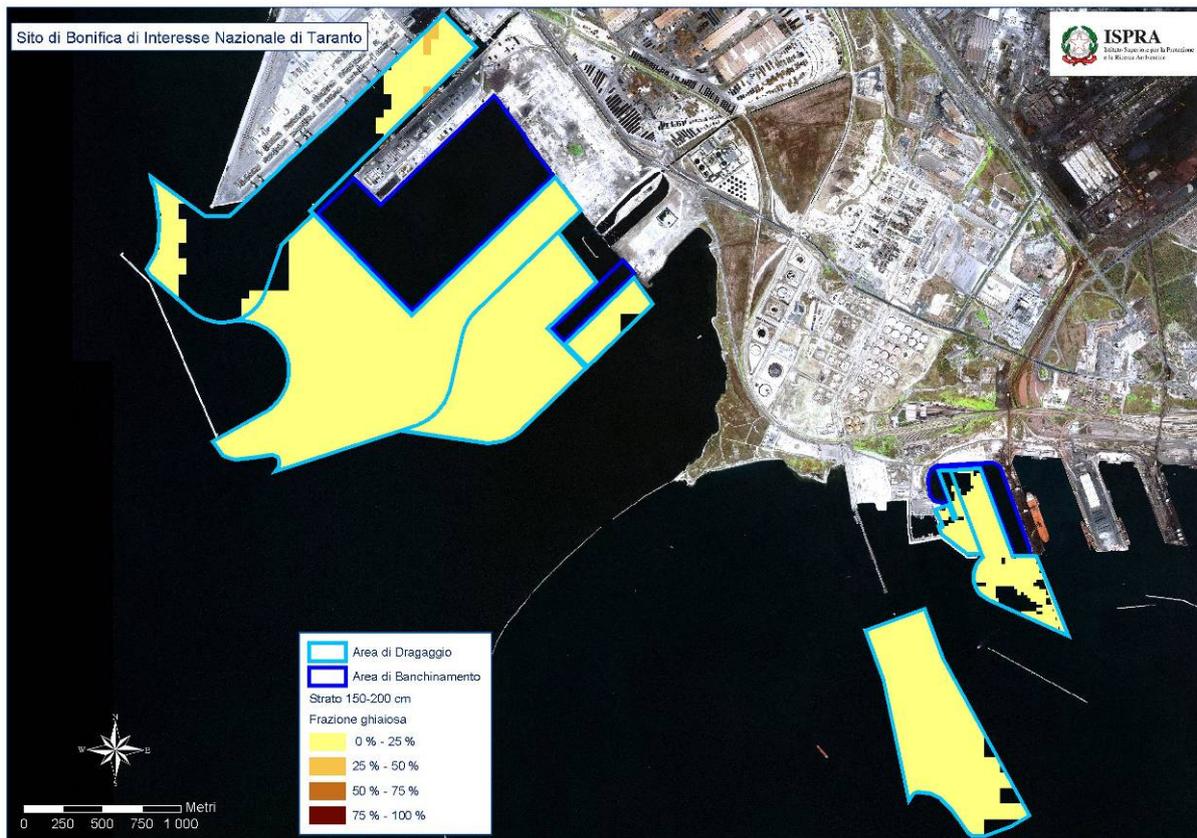


Figura 83: Percentuale della frazione ghiaiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 150-200 cm

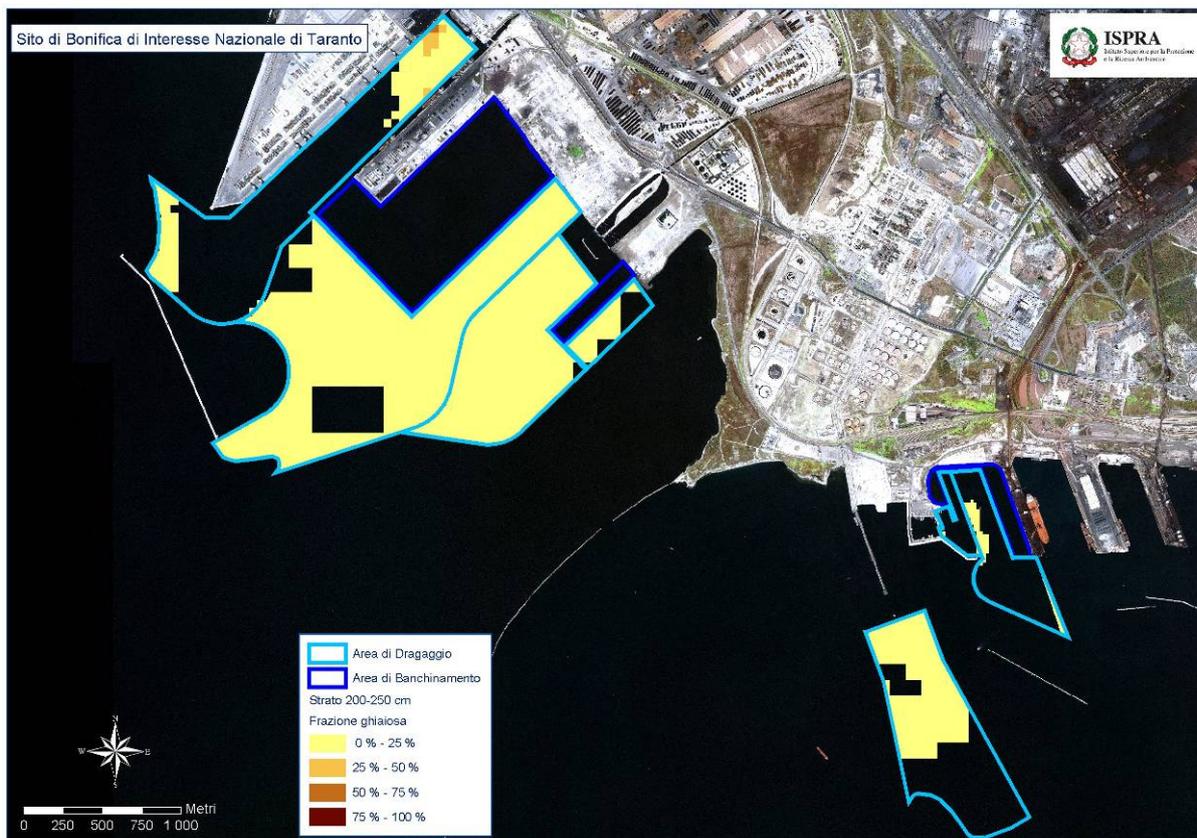


Figura 84: Percentuale della frazione ghiaiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 200-250 cm

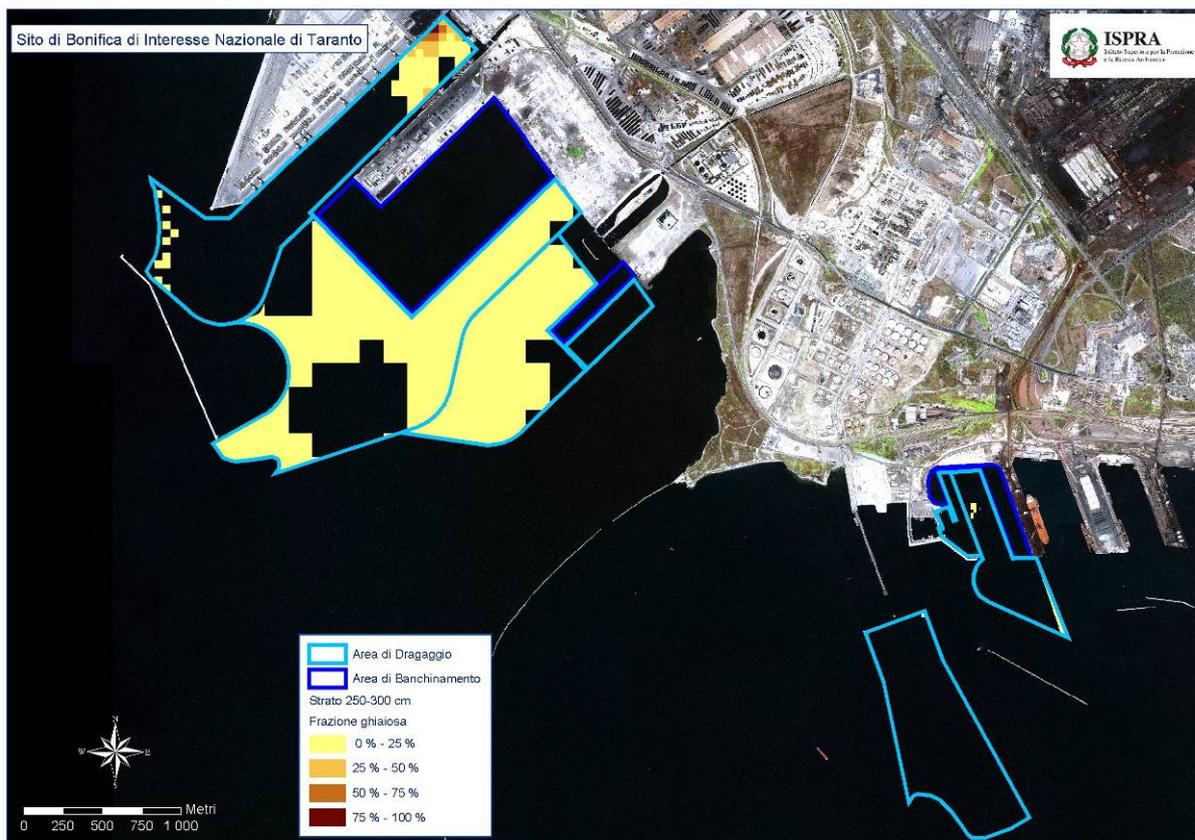


Figura 85: Percentuale della frazione ghiaiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo – Strato 250-300 cm

## 6.9 VOLUMI E QUALITÀ DEI SEDIMENTI DELLE AREE DI RIEMPIMENTO

Per quanto riguarda le aree di riempimento previste dal PRP, si fa riferimento a quanto indicato nell'articolo 5 della Legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come aggiornato dall'art. 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n.296 e relativa attuazione, secondo cui tali aree, se conterminate opportunamente (*requisiti di permeabilità almeno equivalenti a  $K$  minore o uguale  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m*) possono contenere sedimenti con valori di concentrazione dei contaminanti anche superiori alla Colonna B Tabella 1 Allegato 5 al titolo V alla parte IV del D.Lgs. 152/06, purché non pericolosi.

Per tale motivo si riporta nel seguito (da Figura 86 a Figura 91) la rappresentazione dei sedimenti a differente contaminazione presenti nelle aree da sottoporre ad interventi di riempimento, per strati consecutivi di 50 cm e fino alla profondità di 3 m.

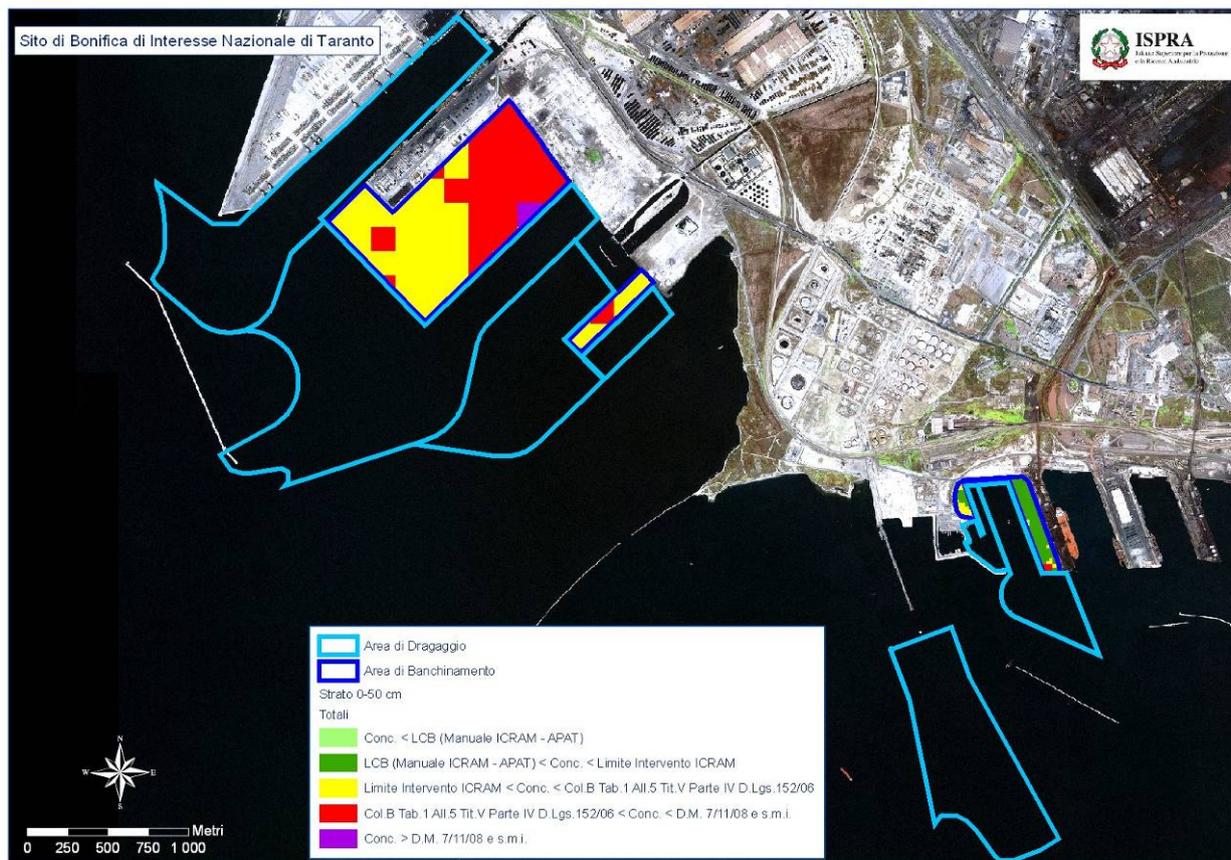


Figura 86: Aree da sottoporre ad interventi di riempimento - Strato 0-50 cm

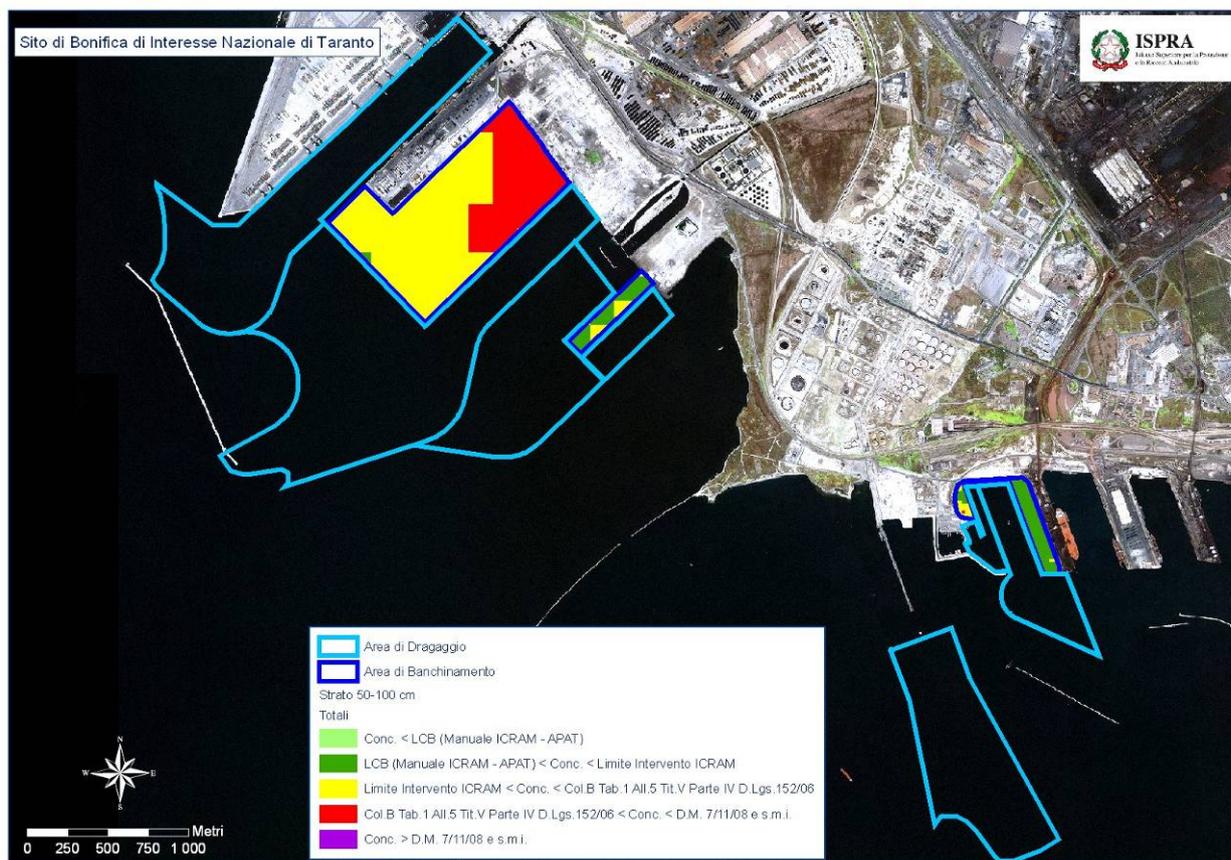


Figura 87: Aree da sottoporre ad interventi di riempimento - Strato 50-100 cm

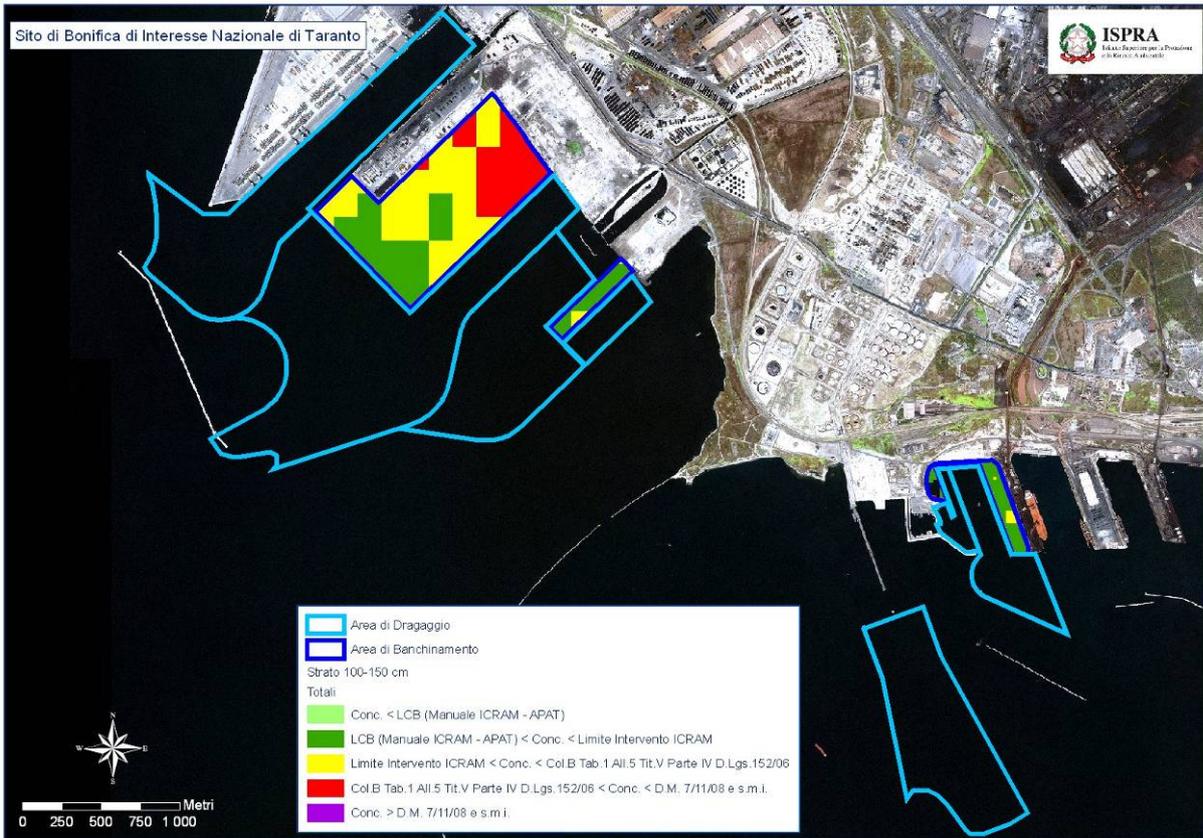


Figura 88: Aree da sottoporre ad interventi di riempimento - Strato 100-150 cm

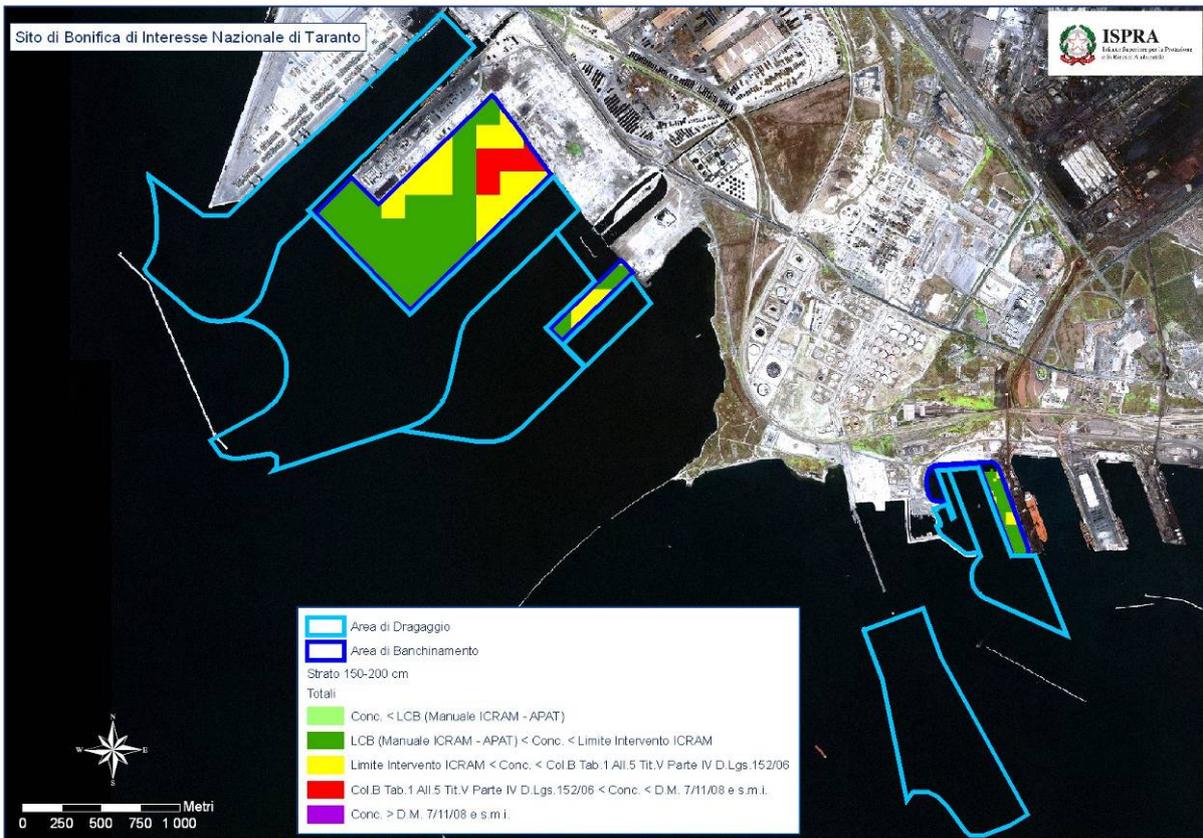


Figura 89: Aree da sottoporre ad interventi di riempimento - Strato 150-200 cm

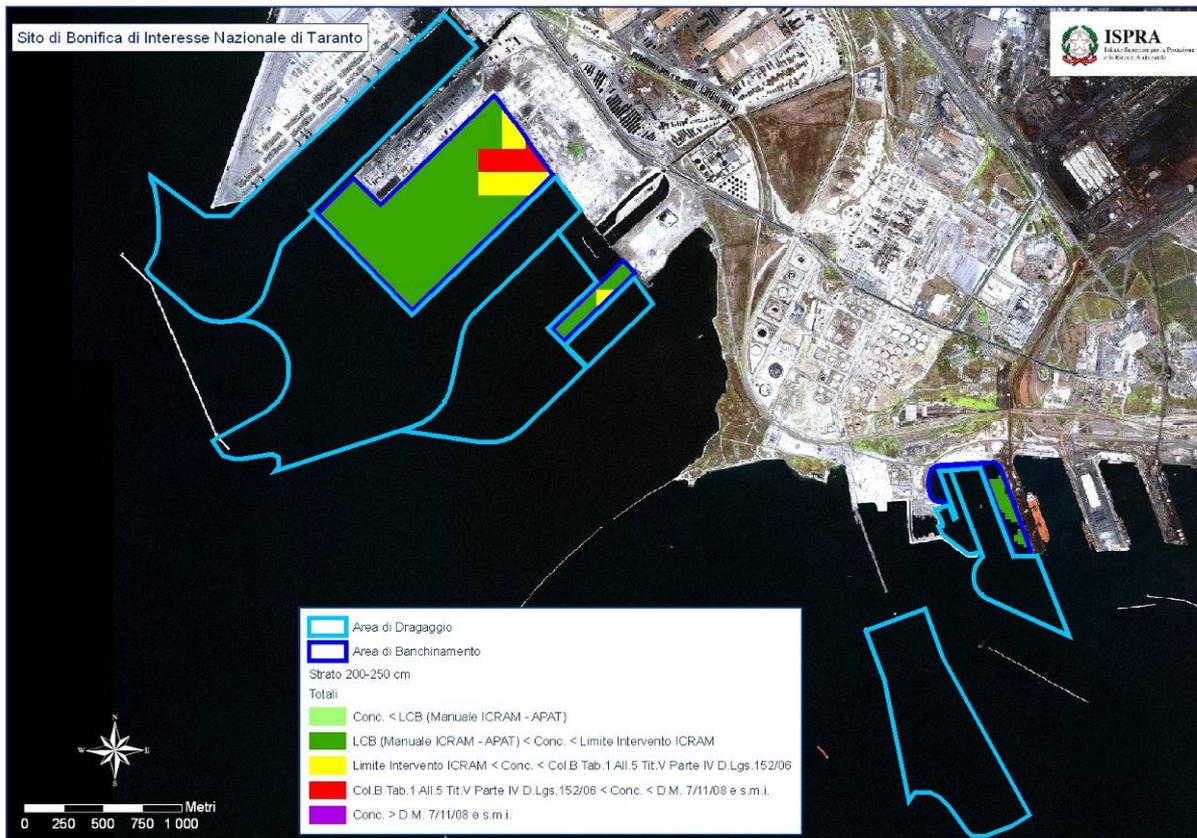


Figura 90: Aree da sottoporre ad interventi di riempimento - Strato 200-250 cm

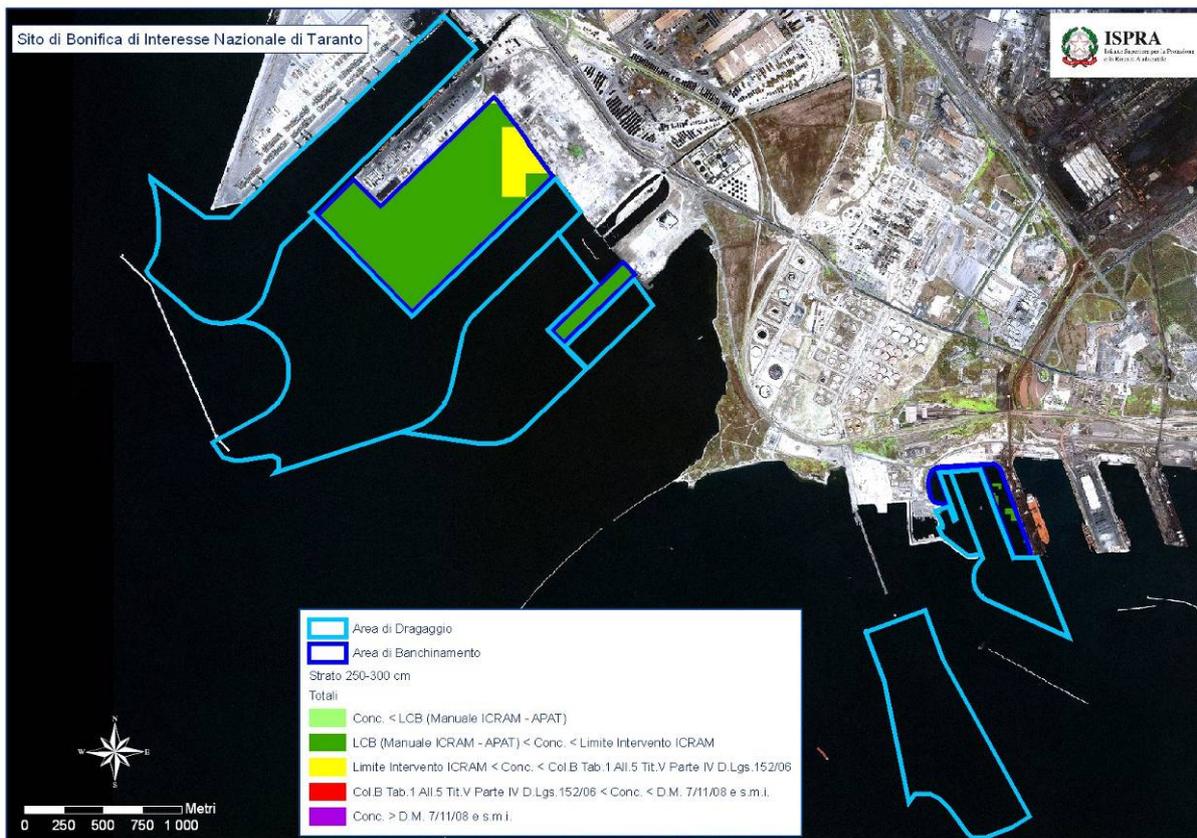


Figura 91: Aree da sottoporre ad interventi di riempimento - Strato 250-300 cm



Nella tabelle seguenti (da Tabella 18 a Tabella 21) sono riportati i volumi di sedimento, suddivisi per differente grado di contaminazione, ricadenti all'interno delle aree di banchinamento.

In particolare, si fa notare che solo nell'area Molo V sono presenti sedimenti con valori di concentrazione superiore ai limiti per l'attribuzione della pericolosità, definiti sulla base dei criteri definiti nel D.M. 7 novembre 2008 e s.m.i., facendo specifico riferimento all'aggiornamento associato al parere ISS n. 0032074 del 23 giugno 2009 " *Criteri di classificazione dei rifiuti contenenti idrocarburi \_ Integrazione del parere ISS del 05/07/2006 n. 0036565* ", per un totale di circa 7.390 m<sup>3</sup>. Tali sedimenti *pericolosi* dovranno essere rimossi prima di adibire l'area del Molo V a vasca di colmata impermeabilizzata.

| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi |
|---------------------------------------|--|--|
| 0-50                                  | 5 473  | 1 177  |
| 50-100                                | 4 665  | 200  |
| 100-150                               | 3 603  | 89   |
| 150-200                               | 5 169  | 0  |
| 200-250                               | 0  | 0  |
| 250-300                               | 0  | 0  |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>18 911</b>  | <b>1 466</b>   |
|                                       | <b>20 377</b>  |  |

**Tabella 18:** Volumi di sedimento presenti nell'area Molo IV da destinare a riempimento

| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi |
|---------------------------------------|--|--|
| 0-50                                  | 32 506   | 700  |
| 50-100                                | 13 463   | 700  |
| 100-150                               | 4 138  | 500  |
| 150-200                               | 3 175  | 0  |
| 200-250                               | 913  | 0  |
| 250-300                               | 0  | 0  |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>54 194</b>  | <b>1 900</b>   |
|                                       | <b>56 094</b>  |  |

**Tabella 19:** Volumi di sedimento presenti nell'area della Vasca di colmata a ovest di Punta Rondinella da destinare a riempimento



| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi | Conc. > Pericolosi |
|---------------------------------------|--|--|--------------------|
| 0-50                                  | 216 427  | 204 776  | 7 390              |
| 50-100                                | 281 166  | 145 555  | 0                  |
| 100-150                               | 202 985  | 106 679  | 0                  |
| 150-200                               | 117 929  | 41 555   | 0                  |
| 200-250                               | 42 935   | 30 305   | 0                  |
| 250-300                               | 40 877   | 0  | 0                  |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>902 320</b>   | <b>528 870</b>   | <b>7 390</b>       |
| <b>1 438 580</b>                      |  |  |                    |

Tabella 20: Volumi di sedimento presenti nell'area Molo V da destinare a riempimento

| Volume di sedimento (m <sup>3</sup> ) | Limite Intervento ICRAM < Conc. < Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 | Col.B Tab.1 All.5 Tit. V Parte IV D.Lgs.152/06 50 < Conc. < Pericolosi |
|---------------------------------------|--|--|
| 0-50                                  | 23 705   | 6 933  |
| 50-100                                | 8 187  | 0  |
| 100-150                               | 4 104  | 0  |
| 150-200                               | 14 854   | 0  |
| 200-250                               | 3 930  | 0  |
| 250-300                               | 0  | 0  |
| <b>TOTALI</b>                         | <b>54 781</b>  | <b>6 933</b>   |
| <b>61 713</b>                         |  |  |

Tabella 21: Volumi di sedimento presenti nell'area del VI Sporgente da destinare a riempimento



## 7 RICERCA DI MASSE METALLICHE

Prima dell'esecuzione di interventi di rimozione dei sedimenti e riempimento di aree di colmata è necessario effettuare indagini estensive finalizzate all'individuazione di eventuali residuati bellici sepolti nei fondali marini su ciascuna area interessata dagli interventi, anche nel caso in cui siano state eseguite indagini puntuali contestualmente all'attività di campionamento dei sedimenti.

Il rilievo per la ricerca e localizzazione nell'area marina interessata da attività di dragaggio e riempimento di eventuali residuati bellici, masse metalliche, trovanti, corpi morti e catenarie viene effettuato mediante sistemi magnetometrici, manovrati da idonea imbarcazione, integrando le indagini con rilievi a mezzo di *Side Scan Sonar*. Qualora siano individuate eventuali anomalie magnetiche ascrivibili ad oggetti sepolti (non indagabili pertanto mediante osservazione diretta), a completamento dell'indagine può essere effettuato un rilievo sismostratigrafico del fondale fino alla profondità di perforazione, utilizzando un profilatore acustico di sedimenti (*Sub Bottom Profiler*).

Le indagini magnetometriche sono in grado di rilevare la presenza di masse ferromagnetiche in uno strato di fondale di altezza indicativamente pari a 2 metri, in funzione della tipologia del sedimento. Qualora le attività di dragaggio previste per la bonifica interessino uno strato di fondale superiore ai 2 metri, l'approfondimento dell'indagine ai sedimenti ubicati a profondità maggiori potrà avvenire una volta rimossi i primi 2 metri di fondale, procedendo così per strati. terminate le operazioni di ricerca e localizzazione, sarà quindi possibile passare alla fase di rimozione, mediante scavi subacquei effettuati nei punti individuati in precedenza.

In termini di costi, la fase più onerosa della bonifica delle masse metalliche è quella di ricerca e localizzazione, per la quale è necessario il noleggio di un'imbarcazione idonea ai rilievi, dotata della strumentazione per il posizionamento e per le indagini, con presenza a bordo di tecnici specializzati. Il costo può variare a seconda dell'estensione della superficie totale da indagare (maggiore infatti è la superficie, più si ammortizzano i costi fissi) e delle modalità di indagine. Per quanto riguarda l'attività di bonifica vera e propria, il costo della rimozione della singola massa metallica è estremamente variabile in funzione della tipologia della massa metallica, della batimetria nel punto, nonché del volume di scavo subacqueo necessario.

## 8 IL DRAGAGGIO AMBIENTALE

Tutte le attività di movimentazione dei sedimenti dovranno essere condotte secondo opportune modalità, in modo tale da minimizzare gli impatti sull'ambiente.

L'attività di dragaggio dei sedimenti, quand'anche non contaminati, comporta infatti una serie di effetti sull'ambiente circostante, sia sul comparto abiotico che sul comparto biotico, principalmente dovuti all'aumento della torbidità legata alla risospensione dei sedimenti. Quando i sedimenti sono contaminati, a tali effetti di tipo prevalentemente fisico si aggiungono quelli causati dalla dispersione delle sostanze contaminanti presenti nei sedimenti.

Più nel dettaglio, gli effetti sul comparto abiotico del dragaggio di sedimenti contaminati possono essere:

- l'aumento della torbidità associata alla risospensione dei sedimenti;
- la mobilizzazione dei contaminanti associati alle particelle in sospensione;



- la diminuzione temporanea della concentrazione di ossigeno disciolto nella colonna d'acqua;
- la variazione della concentrazione dei nutrienti nella colonna d'acqua;
- la solubilizzazione di contaminanti in seguito al cambiamento delle condizioni chimico-fisiche del sedimento.

I potenziali effetti delle attività di dragaggio di sedimenti contaminati sul comparto biotico sono invece i seguenti:

- gli effetti dei contaminanti rimessi in circolo dalle attività di dragaggio su differenti organismi marini e l'eventuale ingresso nella catena alimentare delle particelle contaminate (particolarmente critico nel caso di presenza di attività di pesca e di impianti di acquacoltura);
- la possibile contaminazione microbiologica degli organismi presenti nell'area (particolarmente nel caso di presenza di attività di pesca e di impianti di acquacoltura);
- le possibili alterazioni qualitative delle biocenosi sensibili presenti nell'area potenzialmente influenzata dall'aumento della torbidità.

Si fa inoltre presente che le draghe e le imbarcazioni di servizio utilizzate possono potenzialmente avere effetti:

- sulla qualità dell'acqua, in seguito a perdite durante la procedura di rifornimento, o a causa di uno smaltimento non appropriato dei rifiuti e degli olii di scarto;
- sulla qualità dell'aria, per le emissioni di gas di scarico dei macchinari utilizzati, per il rumore provocato dai motori e per l'eventuale sollevamento e trasporto aereo del particolato (materiale dragato); tali effetti sono genericamente di basso impatto poiché le attività si svolgono spesso in ambienti spaziosi e arieggiati, distanti dai centri residenziali propriamente detti.

Nel caso di dragaggio di sedimenti contaminati, le attività di rimozione richiedono pertanto un approccio particolare, volto alla minimizzazione degli impatti sull'ambiente circostante. Tale dragaggio viene definito di tipo "ambientale" e deve rispondere ad alcuni requisiti, quali:

- *Elevata selettività e precisione nel posizionamento e nel taglio*  
La caratterizzazione dei sedimenti è stata eseguita in modo accurato e dettagliato. Questo consente d'individuare facilmente volumi di sedimento a differente contaminazione nonché lenti ed *hot spot*. Un sistema di posizionamento ad elevata precisione nonché di monitoraggio in tempo reale della posizione nello spazio del sistema dragante è quindi essenziale per la realizzazione di un profilo di scavo accurato e per la rimozione selettiva dei sedimenti in funzione della concentrazione riscontrata, minimizzando così i volumi dragati, l'energia ed i costi associati.
- *Prevenzione della perdita di materiale ("spill")*  
Durante le operazioni di dragaggio, così come nelle successive fasi di trasporto e ricollocamento del materiale dragato, deve essere evitato il rilascio e la perdita di sedimento nella colonna d'acqua. In particolare, in fase di escavo, la testa dragante deve essere opportunamente dimensionata e manovrata (così come, nel caso specifico di rimozione idraulica, grande attenzione deve essere posta nel dimensionamento della pompa di aspirazione) affinché tutto il materiale tagliato o smosso dalla testa dragante sia poi allontanato.
- *Prevenzione dell'incremento di torbidità e dispersione delle sostanze dannose*  
Durante le operazioni di dragaggio, così come nelle successive fasi di trasporto e ricollocamento del materiale dragato, deve essere minimizzata la risospensione dei sedimenti e la produzione di torbidità. In particolare, la testa dragante deve essere progettata in modo tale che il meccanismo di rimozione (eventualmente affiancato da misure di mitigazione aggiuntive, come ad esempio le panne) arrechi il minimo disturbo al sedimento.
- *Ottimizzazione della concentrazione del materiale dragato, in relazione alla sua destinazione finale (trattamento e recupero)*



Il processo di dragaggio deve minimizzare la quantità d'acqua rimossa insieme al sedimento al fine di minimizzare il volume dragato ed i successivi costi di gestione. Si ricorda che nella maggior parte dei casi l'acqua contenuta nel fango derivante dal dragaggio di sedimenti contaminati non ha le caratteristiche di qualità richieste per un eventuale scarico in acque superficiali e pertanto deve essere successivamente trattata.

▪ *Sicurezza*

Il processo di dragaggio deve essere essenzialmente costituito da un sistema chiuso in grado di garantire che i lavoratori vengano il meno possibile in contatto con il materiale dragato. In questo senso, un sistema di trasporto mediante betta di appoggio è meno sicuro di un sistema di dragaggio idraulico con reflimento dei fanghi fino al sito di scarico mediante tubazione.

Numerose compagnie di dragaggio hanno sviluppato negli anni sistemi di rimozione che consentono un dragaggio selettivo, preciso, ambientalmente corretto e sicuro, sia adattando alcune tipologie di draghe già esistenti sia progettando vere e proprie “draghe di tipo ambientale”.

Le draghe ambientali più moderne possono contare infatti, in maniera più o meno completa, su un'elevata accuratezza del sistema di posizionamento e su processi automatizzati che consentono la visualizzazione in tempo reale (Digital Terrain Model) della profondità di dragaggio, della posizione della testa dragante, del volume dragato, della portata di aspirazione, della densità del fango di dragaggio, della velocità di avanzamento o rotazione, etc.

La conoscenza e la visualizzazione di tali dati consente di regolare immediatamente le modalità operative del sistema dragante in funzione degli obiettivi stabiliti.

## 8.1 DRAGAGGIO AMBIENTALE DI TIPO MECCANICO

Le draghe di tipo meccanico utilizzano forze meccaniche per disgregare, scavare e sollevare i sedimenti, minimizzando la quantità d'acqua rimossa insieme al sedimento. Esse sono solitamente utilizzate in accoppiamento con bette di appoggio per la raccolta ed il trasporto del materiale. Sedimenti di tipo coesivo dragati con questo sistema rimangono intatti, con densità prossima alla densità del materiale in situ.

Le principali tipologie di draghe meccaniche sono:

- le draghe a secchie (*bucket line dredgers – BLD*), costituite da un ampio pontone dotato di un pozzo centrale ove si trova una catenaria, lungo la quale sono montate secchie per il prelievo del materiale dal fondale; arrivata in basso, la secchia penetra nel fondale: il materiale vi ricade dentro e viene poi trasportato verso l'alto man mano che la catenaria scorre; giunta alla sommità, la secchia si capovolge, sversando il materiale in uno scivolo laterale, che convoglia il sedimento dragato in una betta, opportunamente affiancata alla draga;
- le draghe a benna o a cucchiaio (*backhoe dredgers – BHD*), costituite principalmente da un escavatore idraulico convenzionale montato su un pontone dotato di un sistema di pali per lo spostamento e l'ancoraggio; il materiale viene rimosso dal cucchiaio dell'escavatore, e successivamente sversato in una betta di appoggio, opportunamente affiancata alla draga;
- le draghe a benna mordente o a grappo (*grab dredgers – GD*), costituite da una gru di tipo convenzionale con cavo e grappo montate su pontone; il materiale viene scavato dal grappo e poi sversato mediante un movimento rotatorio del braccio della gru all'interno di una betta di appoggio, opportunamente affiancata al pontone.

Draghe meccaniche di tipo “ambientale” sono ottenute dalle tipologie sopra riportate mediante l'adozione di semplici accorgimenti costruttivi, mirati principalmente ad impedire le perdite di materiale alla colonna d'acqua con conseguente aumento di torbidità e l'aggiunta di acqua al materiale dragato.



Alcune draghe a secchie, ad esempio, sono state adattate per l'esecuzione di dragaggi ambientali introducendo alcune semplici modifiche atte a minimizzare i problemi di risospensione e torbidità, solitamente causate da: lavaggio del materiale rimasto attaccato alla secchia, rilascio dell'aria intrappolata durante l'immersione quando la secchia si inclina nelle vicinanze del fondale, risospensione al contatto delle secchie con il fondale, rilascio del gas eventualmente presente nel sedimento, perdita di materiale dalle secchie durante la risalita e dallo scivolo della tramoggia non utilizzato.

Le modifiche di tipo ambientale consistono principalmente nel posizionamento di un contenitore di raccolta al di sotto delle secchie nel loro percorso di ritorno o nell'incapsulamento della catenaria; una precauzione aggiuntiva di tipo operativo consiste nella riduzione della velocità delle secchie e nel controllo del loro grado di riempimento. Per i sistemi di rimozione meccanica il grado di riempimento (della benna, del cucchiaio o delle secchie) è un fattore determinante per la buona riuscita del processo di minimizzazione degli impatti ambientali: non deve essere né eccessivo, per evitare fenomeni di perdite di materiale, né basso, per evitare un elevato contenuto d'acqua nel materiale e difficoltà di gestione del materiale nelle fasi successive del processo.

Nel caso draghe a benna o a cucchiaio (*backhoe dredger*) il problema della torbidità, generalmente causata da risospensione del sedimento nel momento in cui la benna tocca il fondale, lavaggio del materiale attaccato alla benna e perdita di materiale dalla benna nel momento della risalita del cucchiaio è stato risolto con la predisposizione di una guaina di chiusura del cucchiaio, che riduce al minimo il contatto diretto tra il materiale dragato e la colonna d'acqua durante la fase di risalita della benna. Una tipologia speciale di cucchiaio, il *Visor Grab Bucket*, è stata appositamente costruita per dragare strati sottili di sedimento con densità elevata e minima torbidità; installato in genere su un escavatore idraulico, ha forma simile a quella di una normale secchia, con la particolarità, tuttavia, di essere provvisto di una visiera girevole che, azionata da due pistoni (cilindri idraulici), richiude il cucchiaio prima della risalita verso la superficie.

Nel caso di utilizzo della draga tradizionale a grappo la torbidità, causata oltre che dai motivi già citati per il *backhoe dredger*, dalla fuoriuscita di materiale dragato dal grappo non perfettamente chiuso o dall'apertura posta sulla sua sommità, può essere minimizzata con l'adozione di una benna a chiusura ermetica o con l'uso di una benna idraulica, le cui azioni di apertura e chiusura possono essere monitorate.

Essenziale per le ultime due tipologie di draghe (*backhoe dredger* e *grab dredger*), solitamente poco precise poiché necessitano di riposizionarsi ad ogni ciclo, è l'utilizzo di un sistema efficiente di posizionamento e monitoraggio della testa dragante, che consenta di visualizzare su uno schermo la reale profondità del fondale ed il livello dopo il dragaggio. Ad ogni modo, il posizionamento mediante gru idraulica è molto più preciso di quello ottenibile con una gru dotata di cavi d'acciaio. Tuttavia, entrambe presentano lo svantaggio di rimuovere materiale secondo un profilo irregolare, con perdita dello stesso e scarsa selettività rispetto al sedimento contaminato.

La *environmental grab dredger* o *ECO grab dredger*, risolve i problemi riscontrati con le draghe precedenti, realizzando un profilo di escavo secondo piani orizzontali. Grazie al movimento orizzontale di chiusura, questa benna può dragare con elevata precisione anche strati relativamente sottili di materiale, pur limitando la quantità d'acqua dragata e realizzando quindi un buon grado di riempimento della benna. Questa particolare benna può essere montata sia su una *grab dredger* tradizionale che su un *backhoe dredger*, permettendo in quest'ultimo caso, grazie al braccio meccanico dell'escavatore, un miglior posizionamento (*horizontal profiling grab*).

In Tabella 22 sono riportati tassi di produzione indicativi delle draghe meccaniche descritte.



| <i>Tipologia di draga meccanica</i>          | <i>Tasso di produzione</i>   |
|--|--|
| Draga a secchie tradizionale                 | 50÷1500 m <sup>3</sup> /h  |
| Draga a secchie modificata                   | Ridotto rispetto alla comune draga a secchie   |
| Benna manovrata da pontone (Backhoe dredger) | Limitato: comunemente 500÷700 m <sup>3</sup> /d - fino a 500 m <sup>3</sup> /h con la benna di dimensioni maggiori                 |
| Benna a grappo                               | Limitato: comunemente 500÷700 m <sup>3</sup> /d – ne esistono di dimensioni ragguardevoli con tassi di 1000÷2000 m <sup>3</sup> /h |
| Benna a grappo a chiusura ermetica           | Limitato –300 m <sup>3</sup> /h con quella di dimensioni maggiori  |

Tabella 22: Tassi di produzione indicativi delle draghe di tipo meccanico

## 8.2 DRAGAGGIO AMBIENTALE DI TIPO IDRAULICO

Le draghe di questo tipo sollevano ed allontanano una miscela di sedimento ed acqua idraulicamente, mediante pompaggio. Il trasporto al sito di scarico avviene mediante tubazioni o per trasporto diretto ad opera di draghe dotate di pozzo di carico o tramite bette di appoggio. Il materiale dragato, che ha perso l'originaria densità *in situ*, viene così sversato nel sito di scarico unitamente ad una grande quantità d'acqua.

La principale tipologia di draga di tipo idraulico è quella aspirante stazionaria (*stationary suction dredgers* – SD), costituita da un ampio pontone da cui viene calata la tubazione aspirante, su cui è montata un'apposita pompa; il materiale viene semplicemente aspirato, unitamente ad acqua, e trasportato idraulicamente mediante apposita tubazione o sversato in apposite bette di appoggio;

Tra le draghe che effettuano una rimozione combinata di tipo meccanico (disgregazione del materiale) ed idraulico (sollevamento ed allontanamento) abbiamo:

- le draghe aspiranti stazionarie con disgregatore (*cutter suction dredgers* – CSD), che disgregano il materiale mediante testa fresante a rotazione; il materiale viene poi aspirato nella tubazione mediante pompa centrifuga e trasportato idraulicamente mediante apposita tubazione o, più raramente, sversato in apposite bette di appoggio;
- le draghe aspiranti semoventi con pozzo di carico (*trailing suction hopper dredgers* – TSHD), sono dotate di una tubazione aspirante con apposita testa dragante, che viene trascinata sul fondo al muoversi della draga; il materiale sul fondo, rimosso dalla testa dragante al suo passaggio, viene aspirato nella tubazione mediante una pompa centrifuga, unitamente ad acqua di trasporto, ed accumulato nel pozzo di carico, finché quest'ultimo non è completamente pieno.

Da un punto di vista ambientale, le draghe aspiranti stazionarie, pur non producendo una torbidità elevata (causata dal trascinamento della tubazione sul fondale), tendono ad eseguire profili di dragaggio piuttosto irregolari, essendo il processo di aspirazione scarsamente controllabile, e a lasciare *in situ* una rilevante quantità di sedimento smosso (*spill*).

Le draghe aspiranti stazionarie con disgregatore, sebbene in grado di eseguire profili di dragaggio maggiormente accurati, generano una rilevante risospensione dei sedimenti e quindi una elevata torbidità a causa della rotazione della testa dragante, e continuano a lasciare *in situ* un discreto strato di sedimento smosso e non aspirato dalla pompa centrifuga. Pur potendo agire sulle modalità operative, regolando la velocità di rotazione della testa fresante e della tubazione aspirante, in



generale le draghe aspiranti tradizionali con disgregatore sono poco adatte al dragaggio di sedimenti contaminati.

Le draghe aspiranti semoventi con pozzo di carico, meno accurate di quelle con disgregatore, ma migliori in merito alla produzione di *spill*, non producono una torbidità elevata attorno alla testa dragante: la torbidità è infatti connessa con la sola risospensione dei sedimenti a granulometria fina dovuta al trascinarsi della testa dragante sul fondale. Tuttavia, al fine di massimizzare il contenuto solido del carico del pozzo ed aumentarne la densità, il processo di dragaggio viene solitamente prolungato anche a riempimento conseguito del pozzo, provocando la fuoriuscita (*overflow*) del fango in eccesso, costituito per lo più da acqua molto ricca di solidi in sospensione. Tale modalità di lavoro comporta un notevole aumento dei solidi in sospensione lungo tutta la colonna d'acqua attorno al sito di dragaggio, e deve essere evitata nel caso di dragaggio di sedimenti contaminati: in tali casi il dragaggio deve terminare al raggiungimento del riempimento del pozzo di carico. Ciò comporta ovviamente carichi di fango con densità molto bassa e maggiori costi di dragaggio. Un modo per aumentare la densità di carico nel pozzo senza causare torbidità è quello effettuare il ricircolo dell'acqua, aspirandola dal pozzo di carico ed iniettandola all'interno della testa dragante, in modo da diminuire notevolmente la quantità d'acqua prelevata dall'ambiente circostante.

In generale, quindi, così come sopra definite, le draghe di tipo idraulico non hanno i requisiti necessari ad eseguire un dragaggio di tipo ambientale.

Ciò è dovuto in primo luogo al fatto che il processo di dragaggio aggiunge una notevole quantità d'acqua al sedimento rimosso, rendendo più difficoltose ed onerose le successive fasi di gestione del materiale dragato (disidratazione, trattamento delle acque, etc.), ed in secondo luogo alla elevata torbidità prodotta dalla testa disgregatrice dei CSD e dall'*overflow* effettuato sui TSHD.

Nel corso degli anni, tuttavia, proprio a partire dal principio di funzionamento delle draghe di tipo idraulico, ed in particolare della draga aspirante con disgregatore, sono state progettate speciali draghe ambientali, che mirano ad evitare che il materiale tagliato venga rilasciato all'ambiente e a massimizzare la densità del fango di dragaggio.

Tali draghe di tipo ambientale sono:

- il disgregatore ambientale a disco (*Disc bottom dredger* o *Environmental disc cutter*): tale draga è costituita da una testa fresante cilindrica a fondo piatto e chiuso, regolabile sia in senso longitudinale che trasversale, dotata di lame e di un rivestimento verticale mobile che consente di adattare la testa fresante allo spessore di sedimento da dragare, consentendo quindi un dragaggio molto accurato e selettivo, ma con minime perdite di materiale e produzione di torbidità. All'interno della testa fresante si trova una bocca aspirante attraverso la quale il sedimento movimentato viene raccolto ed allontanato. Inoltre, grazie all'automatizzazione del processo di controllo delle attività, che consente di adattare in tempo reale la posizione del rivestimento e la portata di aspirazione in funzione dello spessore di sedimento da rimuovere, della grandezza del passo di avanzamento e della velocità di spostamento laterale, è possibile ottenere un fango di dragaggio di elevata densità;
- la *scoop dredger*, simile ad una classica draga aspirante stazionaria con disgregatore, munita però di una testa di dragaggio appositamente progettata per consentire l'asporto di sedimenti a densità simile a quella in *situ* e senza eccessiva produzione di torbidità. Ciò è reso possibile grazie anche al particolare disegno della pompa di dragaggio ed alla particolare testa raccogliitrice. Inoltre tutte le operazioni sono controllate mediante un sistema computerizzato che permette di conseguire una elevata precisione di taglio;
- la *sweep dredger*, simile e migliore della *scoop dredger*, munita di una speciale testa dragante, dotata di una visiera regolabile sia orizzontalmente che verticalmente; controllando continuamente l'apertura della bocca di aspirazione, tale sistema può essere adattato all'altezza



dello spessore da rimuovere e minimizzare l'ingresso di acqua in eccesso, realizzando quindi un profilo accurato di dragaggio ad alta densità e con minimo incremento di torbidità e produzione di *spill*. Il materiale viene aspirato dalla testa e poi trasportato idraulicamente, eventualmente facilitato, nel caso di fango eccessivamente denso, dall'aggiunta di acqua mediante un tubo regolabile di alimentazione. Inoltre la *sweep dredger* è equipaggiata con un sistema che permette il controllo in tempo reale del processo di dragaggio, anche in relazione al profilo del fondale esistente, ed è dotata di un sofisticato sistema di degassificazione, che previene fenomeni di cavitazione nella pompa aspirante, anche nel caso in cui i sedimenti presentino un elevato e variabile contenuto in gas;

- l'*auger dredger*, simile ad una classica draga aspirante stazionaria, dotata però di una ruota collegata ad una coclea: la ruota ha la funzione di direzionare la coclea, che costituisce la testa dragante vera e propria. La coclea è dotata di eliche dirette simmetricamente verso il centro ed è circondata da un tettuccio protettivo d'acciaio e da un grembiule flessibile di chiusura; questi elementi consentono, insieme al lento movimento di rotazione della ruota, di ridurre al minimo le perdite di materiale e la produzione di torbidità. Grazie ad una connessione fissa tra la ruota ed il pontone, la coclea può essere posizionata con elevata precisione sul fondale e ruotare ampiamente, realizzando dragaggi "strato per strato" con elevata accuratezza, compatibilmente con la presenza di brusche variazioni del profilo tridimensionale del fondale. Il sedimento viene pertanto tagliato dalla coclea e trasportato attivamente verso il centro, dove viene aspirato ad opera di una potente pompa automatica regolabile, ottenendo così un fango di dragaggio di elevata densità.

Va infine menzionato tra le draghe di tipo idraulico, poiché opera grazie all'azione dell'aria compressa, lo Pneuma system. Tale sistema di dragaggio consiste nel trascinamento tramite cavo sul fondale, ad opera di un pontone semovente o di una imbarcazione (generalmente con velocità ridotta di 1÷3 m/minuto), di un corpo pompa. Il resto dell'impianto è costituito da: un gruppo distributore, un compressore d'aria e le tubazioni necessarie per pompare l'aria compressa ed il sedimento dragato. L'impianto può essere montato su qualsiasi tipo di imbarcazione o di pontone munito di argano per il sollevamento della pompa.

Al pari di una draga aspirante stazionaria, tale tipo di draga non consente di realizzare profili particolarmente accurati (a meno di non adottare particolari accorgimenti), ma permette di effettuare il dragaggio con scarsa produzione di torbidità. Inoltre l'utilizzo di aria compressa consente di massimizzare il contenuto solido del fango di dragaggio, che viene solitamente conferito in apposite bette di appoggio.

In Tabella 23 sono riportati tassi di produzione indicativi delle draghe idrauliche.

| <i>Tipologia di draga idraulica</i>          | <i>Tasso di produzione</i>           |
|--|--------------------------------------|
| Suction Dredger tradizionale                 | 50÷2000 m <sup>3</sup> /h            |
| Cutter Suction Dredger tradizionale          | 50÷5000 m <sup>3</sup> /h            |
| Trailing Suction Hopper Dredger tradizionale | 200÷10000 m <sup>3</sup> /h          |
| Environmental Disc Cutter                    | fino a 500 m <sup>3</sup> /h         |
| Scoopedredger                                | usualmente 150÷400 m <sup>3</sup> /h |
| Sweepdredger                                 | usualmente 150÷400 m <sup>3</sup> /h |
| Auger dredger                                | fino a 500 m <sup>3</sup> /h         |
| Pneuma system                                | 40÷1800 m <sup>3</sup> /h            |

**Tabella 23:** Tassi di produzione indicativi delle draghe di tipo idraulico



### 8.3 MISURE DI MITIGAZIONE

Le attività di rimozione dei sedimenti contaminati dovranno prevedere adeguate misure di mitigazione degli eventuali impatti.

Tali misure devono essere dimensionate sulla base delle caratteristiche ambientali locali, dei potenziali bersagli e della loro sensibilità, delle caratteristiche fisico-chimiche dei sedimenti da rimuovere e della metodologia di escavo prescelta.

In generale, le misure di mitigazione possono:

- agire sulla sorgente dei potenziali impatti ambientali: accorgimenti costruttivi o d'uso delle draghe, prescrizioni sulla frequenza delle attività di manutenzione e sulle modalità di esecuzione delle attività di dragaggio o ad esse complementari, limitazioni temporali delle attività di dragaggio, utilizzo di barriere antitorbidità attorno alla draga, etc.;
- agire sui possibili bersagli: limitazioni temporanee d'uso dell'area, barriere antitorbidità a protezione degli obiettivi sensibili, etc.;
- riguardare in generale le modalità di gestione e controllo delle operazioni di dragaggio: pianificazione attenta delle attività e costante controllo delle operazioni, esecuzione di un piano di monitoraggio degli effetti delle attività di dragaggio e dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate, adozione di misure di compensazione degli effetti attesi o riscontrati, informazione costante e trasparente sulle attività intraprese, sugli effetti attesi e su quelli riscontrati in base ai risultati forniti dal monitoraggio, etc.

Uno degli strumenti più conosciuti di mitigazione degli impatti è l'utilizzo di barriere fisiche per limitare la diffusione dei sedimenti movimentati dall'attività di dragaggio e degli eventuali contaminanti associati alla loro frazione fine, individuando un'area di controllo ben definita. Le barriere antitorbidità sono utilizzate per limitare sia l'estensione e la visibilità della nube di torbidità potenzialmente causata dalle attività di dragaggio, sia le potenziali interazioni chimiche acqua-sedimento, grazie alla riduzione del volume di interazione.

Esistono diverse possibilità di utilizzo di tali barriere fisiche:

- *inglobamento totale del sistema dragante*, nel caso di sistemi di dragaggio di tipo stazionario;
- *chiusura parziale dell'area di escavo, a valle delle operazioni*, nel caso di flusso unidirezionale della corrente;
- *chiusura totale dell'area di escavo*, solitamente nel caso di utilizzo di draghe di tipo meccanico (benna o grappo), con eventuale realizzazione di un'intercapedine per il passaggio delle imbarcazioni;
- *protezione di un'area sensibile nei pressi delle attività di dragaggio*, nel caso in cui si voglia evitare che i solidi eventualmente risospesi dall'attività di dragaggio raggiungano un obiettivo sensibile (impianti di acquacoltura, popolamenti del precoralligeno o coralligeno, praterie di *Posidonia oceanica*, etc.).

Le varie tipologie di barriere antitorbidità utilizzate a tal fine possono essere ricondotte a due categorie principali: barriere strutturali e non-strutturali.

#### 8.3.1 Barriere strutturali

Le barriere strutturali, costituite da palancole o da sistemi modulari portatili, frequentemente impiegate come impianto permanente per il contenimento in-situ di materiali di dragaggio, sono state recentemente utilizzate come strutture provvisorie per controllare la dispersione dei sedimenti contaminati durante le operazioni di dragaggio.

Le palancole, che consistono in una serie di profili sagomati in acciaio infissi nel fondale (natura del fondale permettendo), risultano particolarmente adatte in situazioni in cui sia necessario evacuare l'acqua dall'area di intervento, in modo tale che i lavori di scavo possano avvenire all'asciutto. Se da un lato questo sistema fornisce una considerevole capacità strutturale, dall'altro tuttavia risulta



relativamente costoso e generalmente richiede un equipaggiamento e risorse umane notevoli per l'installazione.

I sistemi modulari portatili costituiscono valide alternative a basso costo alle palancole, oltre che essere di relativamente facile installazione e di facile riallocabilità; sono spesso utilizzati per consentire l'evacuazione di acqua dalle aree di intervento, realizzare una deviazione del flusso ed assicurare il controllo dell'erosione e delle esondazioni. Sono tuttavia limitati ad applicazioni per una profondità massima di 3 m.

### **8.3.2 Barriere non strutturali**

Le barriere di contenimento non-strutturali includono *oil booms*, *silt curtains* e *silt screens*.

Gli *oil booms* vengono solitamente utilizzati in situazioni in cui i sedimenti dragati potrebbero rilasciare residui oleosi, e non servono a contenere la dispersione dei solidi in sospensione.

Le barriere denominate *silt screens* sono permeabili all'acqua ed impermeabili ad una frazione del carico di solidi sospesi (ai solidi in sospensione al di sopra di una determinata dimensione dei grani). Le barriere antitorbidità denominate *silt curtains* sono invece completamente impermeabili, sia all'acqua che ai solidi in sospensione.

Il vantaggio di utilizzare barriere non-strutturali è dato dal fatto che esse possono essere facilmente riposizionate nelle nuove aree di lavoro una volta completate le operazioni di dragaggio in un'area.

Un sistema di panne antitorbidità è solitamente composto da una parte emersa galleggiante con funzione portante (barriera) e da una parte immersa con azione di contenimento, opportunamente zavorrata e bilanciata, in modo tale da essere sufficientemente pesante ma da non gravare eccessivamente sugli ormeggi.

L'ormeggio della barriera è uno degli elementi di maggiore criticità: un ormeggio errato può comportare lacerazioni della barriera, con conseguente dispersione dei solidi in sospensione e dei contaminanti ad essi associati. L'ormeggio deve essere garantito dalla parte emersa del sistema di contenimento, che deve pertanto costituire l'elemento di massima resistenza alle sollecitazioni ed inoltre garantire il galleggiamento anche in presenza di falle. Eventuali giunzioni tra i vari moduli devono garantire la continuità del sistema, ed essere flessibili, resistenti all'abrasione e stabili, in maniera coerente con le sollecitazioni cui il sistema è sottoposto.

Nel caso di sistemi mobili e di fondali a batimetria variabile è opportuno utilizzare barriere la cui parte immersa sia dotata di un sistema che consenta la regolazione del pescaggio della stessa in funzione della profondità del fondale.

L'utilizzo di una *silt curtain* o di una *silt screen* dipenderà fortemente dalla tipologia di contaminante presente nei sedimenti da dragare (se più affine alla frazione solida in sospensione o maggiormente idrofilo), dalla tipologia di draga utilizzata e dalle particolari condizioni idrodinamiche locali.

In generale, le barriere anti-torbidità di tipo non strutturale sono sensibili al moto ondoso ed al passaggio delle imbarcazioni, che possono indurre spostamenti regolari della barriera e ridurre parzialmente o totalmente la funzionalità. Esse sono inoltre molto vulnerabili. Frequenti sono i casi, riportati in letteratura, di cattivo funzionamento nonché rottura delle barriere in seguito ad infangamento degli ancoraggi e affondamento della barriera, contatto degli ancoraggi con le imbarcazioni, contatto degli ancoraggi e della barriera stessa con mezzi draganti, o instabilità dovuta a condizioni idrodinamiche avverse.

In linea generale la scarsa efficacia delle barriere è solitamente connessa con:

- il riposizionamento delle barriere, nel caso di utilizzo mobile al seguito degli spostamenti del sistema dragante, che richiede molto tempo e rende quindi notevolmente più costoso l'intervento di dragaggio ambientale;
- il notevole disturbo al fondale e la risospensione causati dagli elementi di ancoraggio;



- la difficoltà nel mantenere in posizione verticale le barriere ed impedirne l'affondamento in presenza di forti correnti marine o correnti causate dal traffico di imbarcazioni;
- le frequenti lacerazioni nel caso di progettazione errata, con conseguente interruzione delle operazioni di dragaggio e quindi un notevole aumento dei costi.

La fase di progettazione delle barriere risulta pertanto di fondamentale importanza: devono essere adottati tutti gli accorgimenti tecnici ed operativi necessari a garantire la piena operatività ed efficacia delle barriere.

I sistemi di contenimento devono essere opportunamente dimensionati in tutti i loro elementi costruttivi (barriera, sistemi di galleggiamento, catene di zavorra, elementi di ancoraggio al fondo e sistema di allungamento) in funzione delle caratteristiche ambientali delle zone ove dovranno essere utilizzate e delle particolari condizioni di lavoro: morfologia del fondale e della costa, condizioni meteo marine prevalenti, dimensione dei lavori, dimensioni dei sistemi di dragaggio utilizzati, condizioni del traffico marittimo, etc.

La verifica della stabilità e dell'efficacia delle panne deve essere effettuata sufficientemente in anticipo rispetto all'inizio delle attività di rimozione dei sedimenti e nelle particolari condizioni idrodinamiche e lavorative delle aree su cui si attuerà l'intervento (ancoraggio della barriera, velocità di corrente, moto ondoso naturale o indotto dal passaggio di imbarcazioni, modalità di spostamento, ecc.).

E' inoltre consigliabile monitorare costantemente l'efficienza del funzionamento della barriera durante le operazioni di dragaggio ed in particolar modo in occasione di ogni evento di apertura o spostamento.

#### **8.4 ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E CONTROLLO**

Una volta selezionata la tipologia di dragaggio ambientale più adeguata all'intervento, sia in relazione alla tipologia di sedimento che alla sua qualità, ed individuate le opportune misure di mitigazione, risulta indispensabile prevedere ed attuare un piano di monitoraggio estensivo per la verifica dell'assenza di effetti sull'ambiente circostante e per il controllo dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate.

Una delle principali finalità dei piani di monitoraggio per il controllo di attività antropiche è quella di salvaguardare l'ambiente, le risorse viventi e gli usi legittimi del mare attraverso l'acquisizione di informazioni volte a prevenire i possibili effetti negativi. In considerazione dei potenziali obiettivi sensibili presenti nelle vicinanze dell'area marina del SIN di Taranto, il piano di monitoraggio deve essere in grado di verificare e quantificare le eventuali alterazioni a breve e lungo termine del comparto biotico, affinché possano essere proposte tempestivamente idonee misure di mitigazione.

Il piano di monitoraggio e controllo deve inoltre verificare che le attività siano realizzate conformemente alle migliori modalità operative adottate in campo internazionale e che siano utilizzati tutti gli accorgimenti necessari a minimizzare ogni disturbo dell'ambiente.

L'obiettivo del monitoraggio è quello di consentire il controllo di tutti i processi rilevanti in atto, fino alla loro completa comprensione, includendo le possibili fluttuazioni naturali e tutte le diverse fasi lavorative, nonché gli eventuali imprevisti e le anomalie. La frequenza delle attività di monitoraggio deve pertanto essere la più opportuna per determinare le condizioni nelle diverse fasi del ciclo lavorativo, nonché in occasione di ogni evento singolare di origine naturale o antropica.

Essa deve essere sufficientemente elevata fino al raggiungimento di una conoscenza approfondita dei processi in atto o di una situazione di regime, per diminuire progressivamente fino ad un valore opportuno per essere nuovamente intensificata in corrispondenza di ogni variazione nei processi sopraesposti.



Il piano di monitoraggio deve quindi essere strutturato in modo tale da garantire una certa flessibilità per gli eventuali adattamenti in corso d'opera, secondo le specifiche esigenze.

Il monitoraggio deve essere avviato con sufficiente anticipo rispetto all'inizio delle operazioni di dragaggio, e proseguire anche dopo la loro conclusione per un periodo di tempo sufficiente alla valutazione degli effetti sul comparto biotico ed al ripristino delle condizioni chimico-fisiche iniziali o, alternativamente, al raggiungimento di una situazione stabile.

La fase di monitoraggio antecedente al dragaggio deve servire a:

- conoscere le caratteristiche ambientali locali (idrodinamismo, qualità dell'acqua, fluttuazioni naturali, eventuale presenza di biocenosi sensibili nelle aree marine limitrofe, usi legittimi dell'area marina, etc.);
- scegliere la strategia di monitoraggio vera e propria (ubicazione delle stazioni, frequenza del controllo, etc.) e le matrici ambientali da controllare;
- identificare le stazioni di riferimento per ciascuna matrice indagata (stazioni "di bianco"), sufficientemente distanti dall'area di escavo da non essere successivamente influenzate dalle attività di movimentazione dei fondali;
- identificare aree sensibili potenzialmente impattate dalle attività di dragaggio;
- individuare all'occorrenza livelli di attenzione indicativi per le matrici indagate.

Il monitoraggio deve garantire il controllo costante dei bersagli più sensibili agli effetti delle attività di dragaggio, trasporto e deposizione, nonché l'individuazione dell'estensione degli effetti delle attività di dragaggio, fino ad arrivare ad una profonda conoscenza delle condizioni locali e ad un adeguato controllo dei valori del fondo naturale dei parametri investigati, in modo tale da fornire gli strumenti decisionali per interventi tempestivi di tutela ambientale.

In tal senso, un sistema di monitoraggio adeguato potrà consistere in un sistema integrato di stazioni mobili (per monitorare le attività di dragaggio e per seguirne gli eventuali effetti) e fisse (in corrispondenza di aree particolarmente critiche e di obiettivi sensibili).

In generale, per la valutazione degli effetti del dragaggio sul comparto abiotico è necessario monitorare i cambiamenti nelle caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche della colonna d'acqua.

Particolare attenzione è sempre rivolta alla determinazione (in laboratorio) della concentrazione dei solidi in sospensione tramite filtrazione di campioni d'acqua o alla lettura della torbidità in campo mediante apposita sonda.

La scelta tra le due modalità di monitoraggio (diretta o indiretta) per la determinazione della concentrazione di solidi in sospensione dipenderà dalla durata delle attività di dragaggio, dall'estensione e rilevanza degli effetti attesi, e dalla complessità delle analisi da eseguire sulla colonna d'acqua.

Se i torbidimetri consentono il controllo in tempo reale dei processi in atto e la lettura immediata di un'eventuale anomalia, essi devono però essere opportunamente calibrati secondo procedure standard e poi correlati (sia prima dell'inizio dei lavori che durante lo svolgimento, ad intervalli regolari, al procedere delle attività) con la concentrazione di solidi in sospensione relativa ad una determinata lettura di torbidità.

Le sonde multiparametriche (con sensori di torbidità, pH, temperatura, conducibilità, ossigeno disciolto, profondità) possono essere utilizzate durante le attività di dragaggio per effettuare regolarmente rilievi secondo traiettorie predefinite e a diverse profondità, a bordo di un'imbarcazione equipaggiata con ecoscandaglio, con un sistema di posizionamento DGPS ed eventualmente un correntometro per il rilevamento dei profili verticali di velocità e direzione di corrente.

Oltre a consentire una lettura immediata in campo, le sonde multiparametriche possono anche essere utilizzate in modalità di registrazione autonoma in posizioni strategiche rispetto alle attività di escavo, ad esempio in corrispondenza di obiettivi sensibili.



Per monitorare i cambiamenti nelle caratteristiche chimico fisiche e microbiologiche della colonna d'acqua si potranno inoltre prelevare campioni d'acqua per la determinazione di TOC, nutrienti e parametri microbiologici, oltre ai già menzionati solidi in sospensione. Sui solidi in sospensione rilevati, nel caso in cui ne siano riscontrate concentrazioni significative, potranno essere inoltre determinati alcuni parametri chimici di interesse riscontrati nei sedimenti da dragare.

In considerazione della presenza di biocenosi sensibili nelle aree potenzialmente influenzate dalle attività di movimentazione dei sedimenti (CoNISMa. 2002. Studio Pilota per la Caratterizzazione delle Aree Marine a Rischio - SPICAMAR) sarà necessario procedere anche al monitoraggio sul comparto biotico.

Per valutare gli effetti sul comparto biotico si ricorre generalmente all'esecuzione di indagini ecotossicologiche, al fine di fornire informazioni riguardo la biodisponibilità delle sostanze tossiche per gli organismi. Le indagini ecotossicologiche possono comprendere l'esecuzione di saggi biologici su determinate matrici, di prove di bioaccumulo ed eventualmente l'analisi dei *biomarkers* su specifici organismi: i risultati consentiranno non solo di valutare gli effetti dei contaminanti per gli organismi, ma anche la possibilità di accumulo di tali contaminanti nella catena trofica. In particolare, i *biomarkers* rappresentano risposte biochimiche in grado di rilevare precocemente l'insorgenza di effetti sugli organismi prima che questi possano riflettersi macroscopicamente a livello di comunità.



## 9 LE OPZIONI DI GESTIONE

Sulla base della determinazione delle volumetrie di sedimento da rimuovere ai fini dell'approfondimento dei fondali portuali e della relativa qualità dei sedimenti, nel seguito vengono delineate alcune ipotesi di gestione del materiale dragato, a partire dalla tecnologia di rimozione in funzione della sua destinazione.

Obiettivo comune di tutte le opzioni di gestione dei sedimenti per l'area in oggetto è quello di minimizzare le volumetrie di sedimento da destinare a discarica, attraverso l'ottimizzazione di tutte le fasi del processo individuando opzioni di gestione alternative, quali il conferimento in strutture confinate in ambiente marino, il conferimento in aree marine sommerse o emerse o il riutilizzo a terra, nel rispetto della normativa vigente, con l'eventuale applicazione di tecniche di trattamento finalizzate al miglioramento del materiale dragato in funzione della destinazione scelta.

Come già discusso nel capitolo 3, il principale riferimento normativo per la gestione dei sedimenti di dragaggio in un'area portuale interna ad un SIN è rappresentato dall'articolo 5 della Legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come aggiornato dall'art. 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n.296 e relativa attuazione, secondo cui *“i materiali derivanti dalle attività di dragaggio e di bonifica, se non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione, possono essere refluiti, su autorizzazione della regione territorialmente competente, all'interno di casse di colmata, di vasche di raccolta, o comunque di strutture di contenimento poste in ambito costiero”* (comma 11-quater). Mentre *“i materiali derivanti dalle attività di dragaggio, che presentano caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, nonché non esibiscono positività a test ecotossicologici, possono essere immessi o refluiti in mare ovvero impiegati per formare terreni costieri, (...). I materiali di dragaggio aventi le caratteristiche di cui sopra possono essere utilizzati anche per il ripascimento degli arenili”* (comma 11-ter).

Per fornire un quadro più ampio di studio, seppure in assenza di una normativa specifica in materia, vengono inoltre formulate solo delle ipotesi in merito alle possibilità tecniche di riutilizzo a terra dei sedimenti dragati, quali la valorizzazione in ambito industriale, per la produzione di clinker di Portland, di laterizi, di aggregati leggeri e di materiali ceramici, e la valorizzazione in ambito civile, per opere in terra, recuperi ambientali di cave dismesse e copertura di rifiuti in discarica.

Per i sedimenti rimossi mediante dragaggio e destinati ad impianti di trattamento o al conferimento a terra, dovranno essere previste aree destinate allo stoccaggio temporaneo dei sedimenti. Qualora gli spazi a terra risultino insufficienti per tale scopo può essere previsto, in linea con la normativa vigente, un sistema mobile per lo stoccaggio temporaneo dei sedimenti rimossi e per l'eventuale impianto di trattamento. Inoltre, come indicato dal succitato comma 996, *“in caso di realizzazione, nell'ambito dell'intervento di dragaggio, di strutture adibite al deposito temporaneo di materiali derivanti dalle attività di dragaggio nonché dalle operazioni di bonifica, prima della loro messa a dimora definitiva, il termine massimo di deposito e' fissato in trenta mesi senza limitazione di quantitativi, assicurando il non trasferimento degli inquinanti agli ambienti circostanti.”*

Nella selezione delle differenti opzioni di gestione si dovrà porre attenzione agli eventuali impatti ambientali generati sia nel breve che nel lungo periodo (impatto su: attività portuali, traffico marittimo e stradale, effetti morfodinamici sulla fascia costiera, utilizzi presenti e futuri dell'area, etc.), prevedendo le necessarie misure di mitigazione.



La specifica ipotesi di intervento prescelta dovrà inoltre armonizzarsi con gli interventi di messa in sicurezza e/o bonifica già progettati o in corso di progettazione sulle aree limitrofe.

Inoltre si dovrà tener conto di tutti i flussi in uscita dai singoli processi e prevedere il trattamento dei reflui liquidi, solidi e gassosi prodotti, con i relativi costi di smaltimento.

L'applicabilità delle singole opzioni di gestione dovrà essere valutata in modo specifico, così come dovrà essere prevista un'attività di controllo dell'efficacia di ciascun intervento.

## 9.1 TECNOLOGIA DI DRAGAGGIO

La scelta della tecnologia di dragaggio deve essere fatta in funzione della tipologia dei sedimenti oggetto degli interventi, della loro qualità, nonché dei volumi coinvolti e della loro destinazione finale.

Oltre a considerazioni di carattere ambientale, legate alla necessità di minimizzare gli impatti delle attività di dragaggio sull'ambiente circostante, di cui si è ampiamente discusso nel capitolo 8, sarà infatti necessario valutare attentamente anche la destinazione finale dei sedimenti, al fine di individuare una tecnologia di dragaggio che permetta di ottenere sedimenti con un contenuto d'acqua compatibile con l'uso finale previsto e che presenti tempi di attuazione in accordo con quelli corrispondenti all'uso finale previsto.

Ad esempio, ipotizzando di dover dragare un quantitativo di sedimenti pari a 100.000 m<sup>3</sup>, i tempi di dragaggio con una draga meccanica (per la quale si assume un tasso di produzione pari a 500 m<sup>3</sup>/h, con un ciclo lavorativo di 8 ore giornaliere) saranno sicuramente superiori a quelli con draga idraulica (per la quale si assume un tasso di produzione pari a 5000 m<sup>3</sup>/h, con un ciclo lavorativo di 8 ore giornaliere), come illustrato nella tabella seguente:

| Volume 100 000 m <sup>3</sup> | Tasso di produzione (m <sup>3</sup> /h) | Tempo (d) [8 h lavorative/d] |
|-------------------------------|---|------------------------------|
| draga meccanica               | 500                                     | 25                           |
| draga idraulica               | 5 000                                   | 3                            |

**Tabella 24:** ipotesi di tempi di dragaggio

Se i sedimenti sono destinati al conferimento in cassa di colmata, il sistema idraulico sarà da preferire perché oltre a garantire tempi di dragaggio minori, consentirà anche un refluitamento diretto del materiale in vasca tramite un sistema di tubazioni, eliminando o minimizzando i trasporti e gli stoccaggi intermedi.

Se però i sedimenti sono destinati a gestioni a terra, con il sistema meccanico si potranno ottenere sedimenti con un contenuto d'acqua confrontabile con quello in situ, quindi senza aggiunta di acqua, ed in tempi non in disaccordo con quelli di realizzazione dell'opzione di gestione (trasporto a terra per stoccaggio provvisorio, eventuale trattamento del materiale, conferimento a destinazione a mezzo autocarri, sistemazione nell'area di destinazione).

## 9.2 TRATTAMENTI

Le tecnologie di trattamento descritte nel seguito sono state selezionate in funzione delle differenti destinazioni d'uso e la loro applicabilità dovrà essere testata sulle specifiche tipologie e volumetrie di sedimento rimosse dalle singole aree.

Nel caso in cui si preveda un conferimento del materiale di dragaggio, di qualsiasi qualità chimico-fisica, ad eccezione dei sedimenti classificati come pericolosi, in casse di colmata destinate alla



realizzazione di nuove banchine portuali, mediante refluitamento diretto in vasca, al fine di garantirne la dovuta resistenza meccanica e di ottenere una immobilizzazione dei contaminanti, si potranno prevedere processi di trattamento di solidificazione/stabilizzazione da applicare direttamente all'interno della vasca. Tali processi realizzano una riduzione della superficie disponibile per il dilavamento con la creazione di una matrice solida compatta (solidificazione) e/o legando chimicamente il contaminante alla matrice solida (stabilizzazione). Il sedimento viene miscelato con leganti o con altri agenti chimici sia di natura inorganica sia di natura organica (cemento, calce). Da studi effettuati (Relazione del Politecnico di Bari sugli Aspetti geotecnici delle argille azzurre del porto di Taranto in relazione al loro riutilizzo in cassa di colmata, Prof Ing. Federico) e da applicazioni simili svolte in altri siti, inerenti la stabilizzazione/solidificazione di sedimenti con utilizzo di leganti quali calce e cemento all'interno di casse di colmata, si può ipotizzare un rapporto ottimale di legante pari al **6%-8%** rispetto al sedimento da trattare.

Nel caso in cui si preveda un riutilizzo in ambito costiero (ad esempio per ripascimento) del materiale dragato che presenta caratteristiche qualitative in linea con quanto indicato dall'art. 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n.296, si potrà prevedere un processo di separazione granulometrica finalizzato alla separazione dei materiali per caratteristiche fisiche (peso specifico, granulometria) omogenee, in modo tale da selezionare le classi di sedimenti più idonee allo specifico sito di destinazione.

Nel caso in cui una revisione della normativa vigente permettesse il riutilizzo dei sedimenti marini a terra, per cui si potrebbe ipotizzare una gestione a terra (ad esempio per recupero ambientale di cave dismesse, copertura di discariche, utilizzi per opere civili, ecc.) del materiale dragato di buona qualità ambientale (argille, sedimenti verdi e sedimenti gialli con un significativo contenuto in sabbia), dovrebbero essere previste alcune tecnologie di trattamento *ex situ*. Tali tecnologie possono essere selezionate ed impiegate in funzione delle caratteristiche fisico-chimiche del sedimento.

Al fine di ridurre i volumi di sedimento da trasportare via terra alle specifiche destinazioni finali, rendendoli palabili e facili da movimentare e gestire, potrà prevedersi un processo di disidratazione del materiale dragato, con eliminazione dell'acqua in eccesso. Tale processo potrà essere attuato sia in modo naturale che meccanico, con bacini di sedimentazione da allestire in aree a terra in prossimità dell'area di dragaggio o su sistemi mobili (sia a terra che a mare) o con sistemi meccanici di tipo centrifugo. Dovrà prevedersi comunque anche un sistema di controllo, analisi ed eventuale gestione dell'acqua in eccesso.

Si potrà, inoltre, prevedere un processo di separazione granulometrica finalizzato alla separazione dei materiali per caratteristiche fisiche (peso specifico, granulometria) omogenee, in modo tale da selezionare le classi di sedimenti più idonee alla specifica destinazione d'uso.

Un importante aspetto da verificare in tale ipotesi di riutilizzo è sicuramente costituito dal contenuto di cloruri all'interno del materiale da riutilizzare. Per riportare tale parametro a livelli compatibili con la destinazione finale potrà essere necessario attuare un processo di lavaggio del sedimento. Un tale processo potrà essere applicato, con eventuale aggiunta di additivi, anche nel caso in cui sia necessario diminuire la concentrazione di alcuni parametri, in modo tale da rendere il sedimento conforme ai limiti normativi.

Nel caso in cui si ipotizzi un riutilizzo dei materiali dragati in ambito industriale (produzione di laterizi e aggregati leggeri), potranno prevedersi trattamenti specifici, tra cui per esempio un trattamento di tipo termico, da applicare eventualmente in combinazione con le tecnologie precedentemente citate.

Nel caso di sedimenti destinati a discarica (viola), potranno essere previsti sistemi di trattamento specifici per le diverse tipologie di contaminanti presenti, finalizzati al declassamento per decontaminazione per il conferimento a discariche di categoria inferiore.



I trattamenti attuabili sono quelli di separazione granulometrica e disidratazione; di lavaggio, con aggiunta di additivi chimici per la rimozione dei contaminanti con passaggio in fase acquosa; di tipo termico, utilizzati prevalentemente per la rimozione dei contaminanti organici e, con l'aggiunta di additivi, per l'immobilizzazione dei contaminanti inorganici.

Nel seguito vengono descritti in dettaglio i singoli processi di trattamento, di cui si è fatto cenno precedentemente.

### Disidratazione

L'eliminazione dell'acqua dal materiale dragato può avvenire in tre differenti modi:

- Disidratazione passiva (casse di colmata, letti di essiccamento): la riduzione del contenuto d'acqua avviene attraverso la sedimentazione, l'evaporazione naturale o attraverso l'impiego di sistemi drenanti.
- Disidratazione meccanica (centrifugazione, nastropresse, filtropresse, ispessimento a gravità): appartengono a questa tipologia tutte quelle tecnologie normalmente applicate alla disidratazione dei fanghi industriali e civili e ai processi dell'industria mineraria. In generale le apparecchiature utilizzate richiedono una certa energia per poter centrifugare, spremere, pressare e quindi disidratare il materiale dragato. Il contenuto di solido in peso può arrivare al 70%.

L'acqua proveniente dalle operazioni di disidratazione può richiedere trattamenti preliminari per lo scarico nei corpi idrici ricettori o per il riutilizzo all'interno del processo stesso.

### Separazione granulometrica

Le tecnologie normalmente definite di separazione permettono di rimuovere da un sedimento dragato il materiale appartenente ad una certa classe granulometrica (es. sabbia) e/o di separare il sedimento in due o più frazioni sulla base delle proprietà fisiche.

La separazione delle diverse classi granulometriche permette di diminuire i volumi da trattare e di rendere più omogeneo il materiale da inviare a successivi utilizzi.

In alcuni casi il processo di separazione può essere considerato un trattamento vero e proprio: i contaminanti tendono infatti a concentrarsi nella frazione fine dei sedimenti. L'esperienza mostra che le caratteristiche del sedimento che influenzano l'adsorbimento di alcuni contaminanti sono l'elevata percentuale di frazione fine e organica. Infatti, le particelle fini presentano una superficie specifica maggiore rispetto alle sabbie. Presentano inoltre un'elevata attività superficiale che permette legami di particolare forza con le specie inquinanti, rendendo difficoltose le operazioni di decontaminazione. Le sabbie, caratterizzate da una bassa superficie specifica e da una bassa densità di carica superficiale hanno una scarsa reattività e si legano in modo meno forte ai contaminanti. La separazione sabbia/limo in un sedimento, potrebbe anche permettere il riutilizzo immediato delle sabbie in esso contenute.

Fra le apparecchiature che permettono di realizzare le operazioni di separazione granulometrica vi sono i vagli, i bacini di sedimentazione, i separatori magnetici, i separatori elettrostatici ed i classificatori idraulici (es: gli idrocycloni).

### Trattamento di lavaggio

Il processo di lavaggio si basa sulla possibilità di separare alcuni contaminanti/sostanze dalla matrice sedimento per azione di specifiche soluzioni di lavaggio. Poiché i sedimenti dragati dal porto di Taranto hanno per lo più una granulometria fine, si può ipotizzare un sistema di lavaggio con getti in pressione, in grado di effettuare un'azione meccanica più efficace.

Il lavaggio può essere considerato un processo fisico quando permette la rimozione del contaminante per azione essenzialmente meccanica (es: getti di acqua ad alta pressione su substrati



in cui sono depositati o adsorbiti i contaminanti), ma può anche essere un processo più prettamente chimico quando comporti il passaggio in soluzione del contaminante stesso (lisciviazione chimica). In funzione del tipo di contaminazione possono essere utilizzate differenti soluzioni di lavaggio, che vanno dalla sola acqua, più frequentemente utilizzata nei lavaggi tipicamente fisici, all'utilizzo di diverse tipologie di reagenti chimici, che permettono un'estrazione del contaminante dal sedimento ed il conseguente passaggio dello stesso nella soluzione di lavaggio.

E' possibile suddividere il processo di lavaggio in diverse tipologie, in funzione del reagente utilizzato. Tra le possibili tipologie vi sono: estrazione acida, estrazione basica, estrazioni con agenti ossidanti o riducenti, estrazione con chelanti, estrazione con solventi organici.

Con il lavaggio possono essere trattati sedimenti contaminati da una grande varietà di sostanze inquinanti sia organiche, che inorganiche, ma, a parità di contaminante e grado di contaminazione, l'efficienza e la conseguente economicità del processo è tanto più alta quanto più il sedimento presenta una granulometria grossolana (0.25 - 2 mm).

### Trattamenti termici

I trattamenti termici consentono di rimuovere, distruggere o immobilizzare un'ampia gamma di contaminanti organici ed inorganici presenti nei sedimenti; in generale si parla di desorbimento termico e di trattamenti di termodistruzione quando le temperature di trattamento sono rispettivamente inferiori a 550°C÷650°C e comprese tra 600°C e 2000°C.

Durante l'applicazione di un trattamento termico, i diversi contaminanti presenti nei sedimenti possono prendere parte ad una o più delle seguenti reazioni:

- volatilizzazione delle specie caratterizzate da elevata tensione di vapore;
- completa ossidazione o trasformazione in forme meno pericolose;
- intrappolamento all'interno della massa fluida.

Un trattamento termico deve essere completato con sistemi per il contenimento, il controllo ed il trattamento delle emissioni gassose e per l'estrazione e la gestione dei residui solidi. In funzione della temperatura di processo, i trattamenti termici possono essere classificati in:

- trattamenti di separazione dei contaminanti (es: desorbimento);
- trattamento di termodistruzione dei contaminanti organici ed immobilizzazione dei contaminanti inorganici, che in alcuni casi permette il riutilizzo del materiale trattato (es: incenerimento, pirolisi, gassificazione, ossidazione ad alta pressione);
- trattamenti di immobilizzazione dei contaminanti (es: vetrificazione).

## 9.3 SCENARI DI INTERVENTO

Nel dettaglio, per i sedimenti indicati in “**VIOLA**”, una volta rimossi e disidratati, possono essere individuati i seguenti scenari:

- conferimento diretto in discarica di categoria opportuna;
- trasporto ad opportuno impianto di trattamento ai fini del successivo conferimento in discarica di categoria inferiore.

Per i sedimenti indicati in “**ROSSO**”, una volta rimossi, può essere previsto:

- il refluento diretto in vasca di colmata, con eventuale trattamento di solidificazione/stabilizzazione del sedimento all'interno della vasca stessa;
- il trasporto ad opportuno impianto di trattamento ai fini della riduzione delle concentrazioni dei contaminanti.

Per i sedimenti indicati in “**GIALLO**”, una volta rimossi, può essere previsto:



- il refluento diretto in vasca di colmata, con eventuale trattamento di solidificazione/stabilizzazione del sedimento all'interno della vasca stessa;
- il trasporto ad opportuno impianto di trattamento ai fini della riduzione delle concentrazioni dei contaminanti e/o della separazione dei materiali per caratteristiche fisiche (peso specifico, granulometria) omogenee, in modo tale da selezionare le classi di sedimenti più idonee a specifiche destinazioni d'uso.

Per i sedimenti “**VERDI**”, “Verdissimi” e le argille può essere ipotizzato un riutilizzo, nel rispetto della normativa vigente e dopo verifica di compatibilità ambientale, per esempio per:

- il refluento diretto in vasca di colmata, con eventuale trattamento di solidificazione/stabilizzazione del sedimento all'interno della vasca stessa;
- l'immissione controllata in mare;
- il ripascimento di arenili o la costituzione di sistemi dunali (ad esclusione delle argille);
- la costituzione di terrapieni costieri.

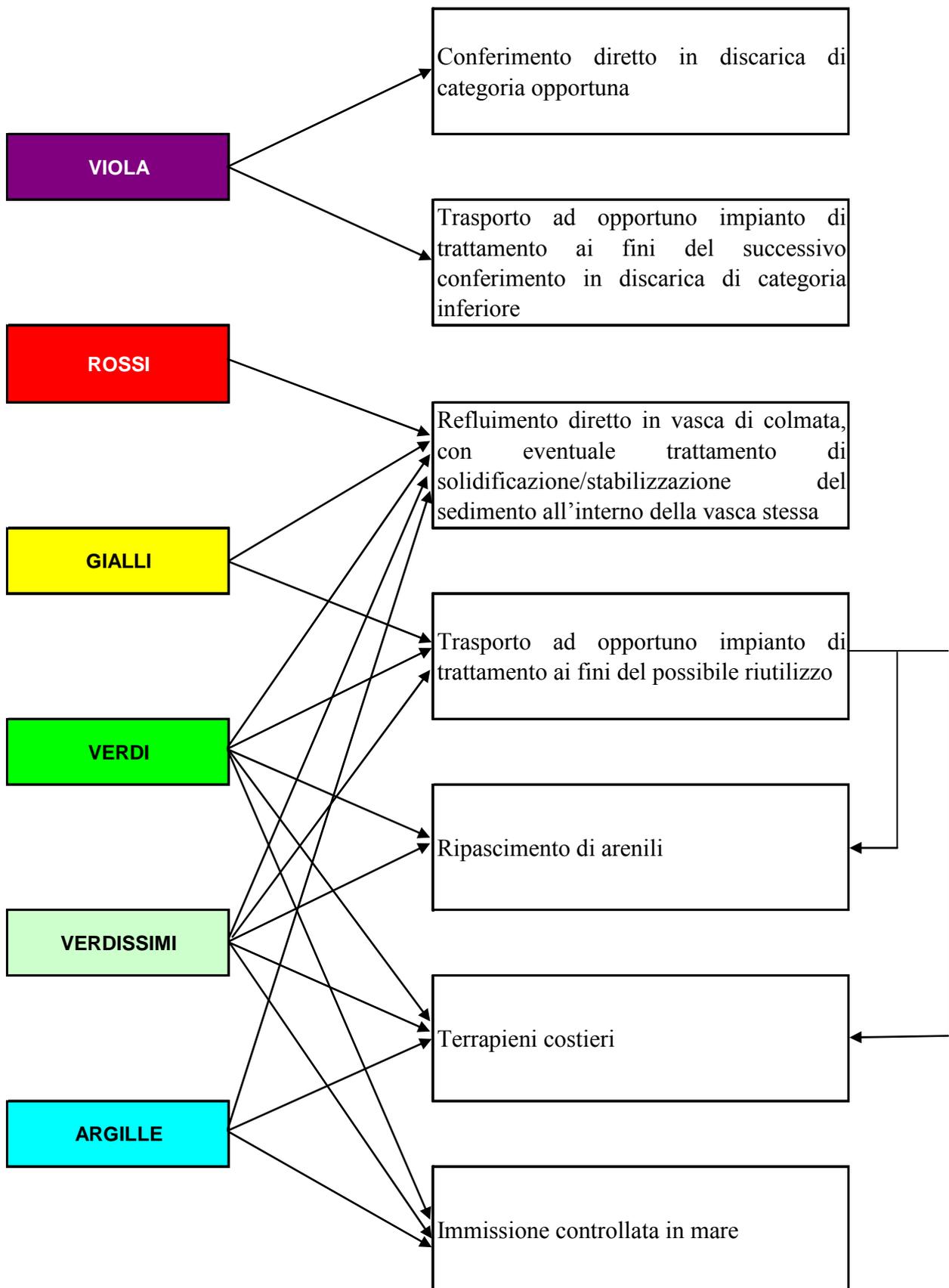


Figura 92: schema delle opzioni di gestione



### 9.3.1 Conferimento in vasche di colmata

Le vasche di colmata e le strutture di confinamento realizzate in ambiente marino per il conferimento dei sedimenti dovranno prevedere criteri di conterminazione in linea con quanto indicato dall'articolo 5 della Legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come aggiornato dall'art. 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n.296 e relativa attuazione, secondo cui *“i materiali derivanti dalle attività di dragaggio e di bonifica, se non pericolosi all'origine o a seguito di trattamenti finalizzati esclusivamente alla rimozione degli inquinanti, ad esclusione quindi dei processi finalizzati all'immobilizzazione degli inquinanti stessi, come quelli di solidificazione/stabilizzazione, possono essere refluiti, su autorizzazione della regione territorialmente competente, all'interno di casse di colmata, di vasche di raccolta, o comunque di strutture di contenimento poste in ambito costiero (...). Le stesse devono presentare un sistema di impermeabilizzazione naturale o completato artificialmente al perimetro e sul fondo, in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a:  $K$  minore o uguale  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s e spessore maggiore o uguale a 1 m. Nel caso in cui al termine delle attività di refluitamento, i materiali di cui sopra presentino livelli di inquinamento superiori ai valori limite di cui alla tabella 1, allegato 5, parte quarta, titolo V, del decreto legislativo n. 152 del 2006 deve essere attivata la procedura di bonifica dell'area derivante dall'attività di colmata in relazione alla destinazione d'uso”*.

Nelle aree destinate a vasche di colmata, dovranno essere preliminarmente rimossi i sedimenti viola presenti, quindi, le vasche, realizzate con i suddetti criteri, potranno ospitare sedimenti, purché non pericolosi, rimossi “con una draga di tipo idraulico utilizzando pompe centrifughe per il processo di prelievo del sedimento, che, sgretolato da potenti getti d'acqua, viene aspirato ed immesso in condotte che lo convoglierebbero come fango liquido (*slurry*) alle casse di colmata” (rapporto del Prof. Ing. Tomasicchio, 2009).

Per ciascuna vasca di colmata, dovrà prevedersi un sistema di raccolta delle acque in eccesso e la loro analisi al fine di verificare la possibilità di scarico diretto in mare o previo trattamento delle acque stesse, in linea con quanto indicato dalla normativa vigente.

Se le vasche di colmata sono destinate alla realizzazione di nuove banchine portuali, al fine di garantirne la dovuta resistenza meccanica ed eventualmente di ottenere una immobilizzazione dei contaminanti, si potranno utilizzare processi di trattamento di solidificazione/stabilizzazione da applicare direttamente all'interno della vasca.

Ipotizzando un rapporto medio di legante (calce e cemento) pari al 7% rispetto al sedimento da trattare, i volumi utili di sedimento che possono essere refluiti nelle diverse aree di colmata previste dal Piano Regolatore Portuale, sono illustrati nella tabella seguente:

| <b>Nuove banchine</b>    | <b>Volume teorico disponibile (m<sup>3</sup>)</b> | <b>Volume effettivo disponibile (m<sup>3</sup>) [dosaggio leganti al 7%]</b> |
|--------------------------|---|--|
| Ampliamento IV Sporgente | 660.000   | 613.800  |
| Ampliamento Molo V       | 9.400.000   | 8.742.000  |
| Molo VI                  | 636.775   | 592.200  |

**Tabella 25:** Volumi effettivi disponibili, al netto del dosaggio di leganti, per il refluitamento dei sedimenti

Per quanto riguarda il volume effettivamente disponibile per il conferimento dei materiali di dragaggio nella colmata, sarà necessario tenere conto anche della eventuale riduzione del volume del materiale conferito per effetto del suo assestamento.



Al fine di accelerare l'evoluzione del processo di consolidazione è possibile prevedere l'installazione di un sistema di dreni verticali e la realizzazione di rilevati di precarico, anche in combinazione tra loro (Relazione del Politecnico di Bari sugli Aspetti geotecnici delle argille azzurre del porto di Taranto in relazione al loro riutilizzo in cassa di colmata, Prof Ing. Federico). Nel caso in cui vengano adottate soluzioni tecniche che prevedano la realizzazione di rilevati di precarico, si ricorda che i materiali prescelti devono possedere i requisiti di qualità previsti dalla normativa vigente.

### **9.3.2 Ripascimento di arenili e ricostruzione di sistemi dunali**

L'utilizzo più auspicabile, ecocompatibile e a minor impatto dei sedimenti dragati è sicuramente quello legato al ripascimento di litorali in erosione.

Tale opzione è inserita nell'ottica di compensazione su cui si basano i più moderni criteri nell'ambito della gestione integrata della fascia costiera. Considerando un criterio di gestione di tipo "adaptive management" infatti, per ogni intervento di dragaggio è opportuno prevedere una compensazione degli impatti che esso genera sulla costa, con particolare riferimento al bilancio sedimentologico.

I sedimenti che si ritiene possano essere presi in considerazione per tale uso, previa verifica di compatibilità con aree di sversamento (*on shore* o *offshore*) su cui è necessario o è già previsto eseguire interventi ripascitivi, sono quelli classificati nel presente documento come verdissimi, verdi o gialli, di composizione prevalentemente sabbiosa.

Per quanto riguarda le aree *offshore*, recentemente, gli interventi di ripascimento effettuati sversando il materiale di riporto sul fondale antistante l'arenile in erosione (ripascimento sommerso o *shoreface nourishment*) stanno riscuotendo un forte successo in campo europeo. A riguardo, fra i primi e di maggiore importanza casi può citarsi l'intervento effettuato a Terschelling in Olanda ed il progetto europeo NOURTEC (Hamm et al, 2002). La ragione del successo risiede nella possibilità di abbattere radicalmente i costi di trasporto e realizzazione rispetto ad interventi di tipo onshore, potendo limitare peraltro l'interdizione delle spiagge durante le operazioni di posa in opera.

Per quanto riguarda le aree *onshore*, i moderni criteri di ripascimento contemplano, accanto allo sversamento di materiale idoneo sui litorali, anche la ricostruzione dei retrostanti cordoni dunali. A tale proposito, lo stato dell'arte (pubblicazioni esistenti o disponibili) sullo sviluppo tecnologico e le nozioni di protezione e ripristino dei sistemi dunali è stato preso in considerazione dal recente progetto Beachmed-e (2008), nel sottoprogetto PosiDune. Sono state esaminati i database dell'Ufficio Europeo Brevetti (UEB), dello U.S. Patent & Trademark Office (PTO) e dell'Organizzazione mondiale per la proprietà intellettuale (WIPO) nonché di diversi organismi nazionali preposti ai brevetti, al fine di individuare le tecniche innovative di ripristino e il consolidamento delle dune costiere patentate negli ultimi anni. Le tecnologie brevettate sono state distinte in (1) Opere con effetto "frangivento", (2) Consolidamento / ripristino delle dune attraverso la vegetazione, (3) Ricostruzione del cordone dunale e (4) Gestione degli accessi alle dune.

E' opportuno sottolineare che per queste tipologie di interventi vengono contemplati, allo stato attuale, unicamente materiali sedimentari in matrice sabbiosa e che attualmente non vi è alcuna tecnica brevettata o comunque testata che comporti l'utilizzo di argille per la costruzione del nucleo (la parte più interna) dei cordoni dunali. In effetti, il tema più delicato di un loro eventuale utilizzo riguarda la dinamicità che il sistema dunale deve possedere, sia dal punto di vista della permeabilità che da quello del trasporto eolico.

Per quanto riguarda il primo aspetto infatti, grazie alle loro caratteristiche di alta porosità e permeabilità le dune costiere rappresentano un eccellente serbatoio di acqua dolce (Stuyfzand



1989). Di solito le dune sono sede di una falda freatica dolce che si ricarica facilmente e che svolge un ruolo importante nel contrastare le intrusioni di acqua salata (Bear 1999). Malgrado in molti paesi dell'Europa settentrionale le dune costiere siano considerate dei serbatoi strategici per l'immagazzinamento e lo sfruttamento dell'acqua dolce, nelle zone mediterranee l'importanza delle dune come acquiferi è stata enormemente sottovalutata. Ciò in precedenza poteva essere giustificato dalle piccole dimensioni dei sistemi dunali mediterranei rispetto a quelli del Nord Europa. Ma oggi questo non è più ammissibile, considerato il valore di una risorsa che nel Mediterraneo conosce una progressiva riduzione (IPCC 2007). Appare quindi chiaro che se viene data priorità alla conservazione e/o utilizzo degli acquiferi costieri, l'impiego delle argille, anche solo nella parte interna della duna, non è auspicabile. D'altra parte per tale tipologia di gestione potrà essere valutato l'impiego di sedimenti sabbiosi verdi e verdissimi, previa verifica delle compatibilità qualitative.

Per quanto riguarda le argille quindi, è opportuno dare priorità agli altri utilizzi contemplati, come la formazione di nuovi terrapieni in ambito portuale (si veda lo studio eseguito dal Prof. Antonio Federico del Politecnico di Bari per conto della Autorità Portuale), o anche, in mancanza di possibilità di miglior rapporto costi/benefici e in presenza delle adeguate caratteristiche qualitative, allo sversamento a largo (par. 9.3.3).

#### ***Idoneità qualitativa dei sedimenti dragati in interventi di ripascimento***

Per quanto riguarda l'idoneità dei sedimenti, nessun sedimento può essere definito come "idoneo al ripascimento" in assoluto, in quanto le caratteristiche dei materiali vanno rapportate a quelle dei sedimenti presenti nel sito di destinazione previsto.

Quindi la quota parte dei sedimenti che potrà essere destinata a ripascimento potrà essere definita solamente a valle dell'individuazione delle possibili aree di destinazione e delle loro caratteristiche fisiche e qualitative, secondo quanto previsto dall'Art. 1, comma 996 della L. 296/2006 e dal Decreto attuativo del Ministero dell'Ambiente 7 novembre 2008.

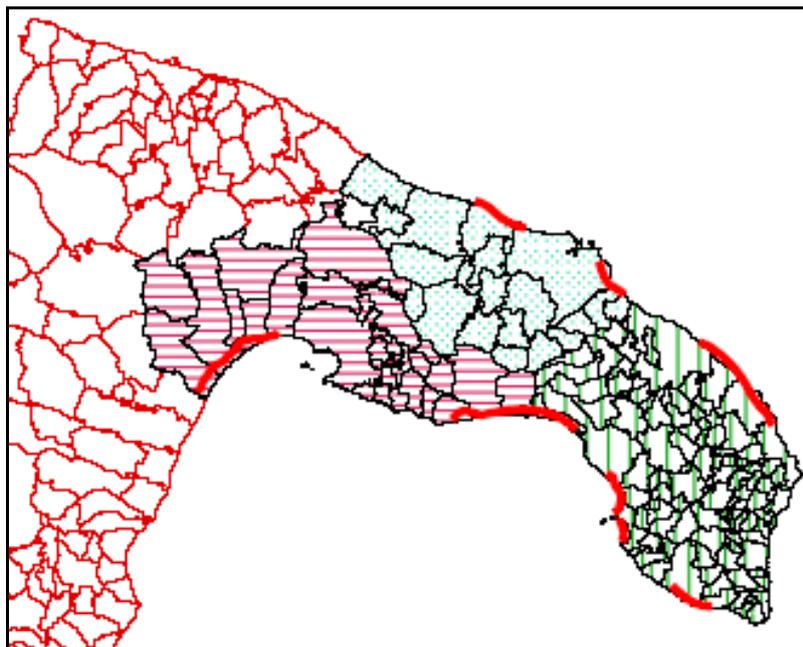
Quindi per accertare l'idoneità dei sedimenti oggetto del presente piano per interventi di ripascimento e pianificare i suddetti interventi si propone di procedere nel seguente modo:

#### **1. Individuazione di tratti di litorale sabbioso soggetti a fenomeni erosivi** sui quali intervenire prioritariamente, dando la precedenza alle coste regionali o limitrofe.

Le spiagge della regione Puglia, principalmente sabbiose, sono state in progradazione fino a circa 40 anni fa ed hanno fornito materiale per la costruzione di alcuni cordoni dunali interni, ampi fin oltre 2 km e alti 18-20 m, che limitavano aree di retroduna occupate da vasti stagni costieri.

Tutta l'area costiera è stata successivamente interessata da una intensa e crescente urbanizzazione. Attualmente, le spiagge si sono molto ristrette e ormai sono rappresentate da una relativamente sottile fascia sabbiosa, allungata ai piedi di piccole falesie in arretramento, intagliate direttamente nelle dune, dove se ne conservano ancora, o direttamente nei depositi retrodunari. Il tasso medio di arretramento per i 40 anni precedenti al 1988 è stato stimato in circa 3 – 4 m/anno (Amore et al., 1988).

Di seguito sono evidenziati i tratti di litorale in arretramento per tutto il litorale pugliese.

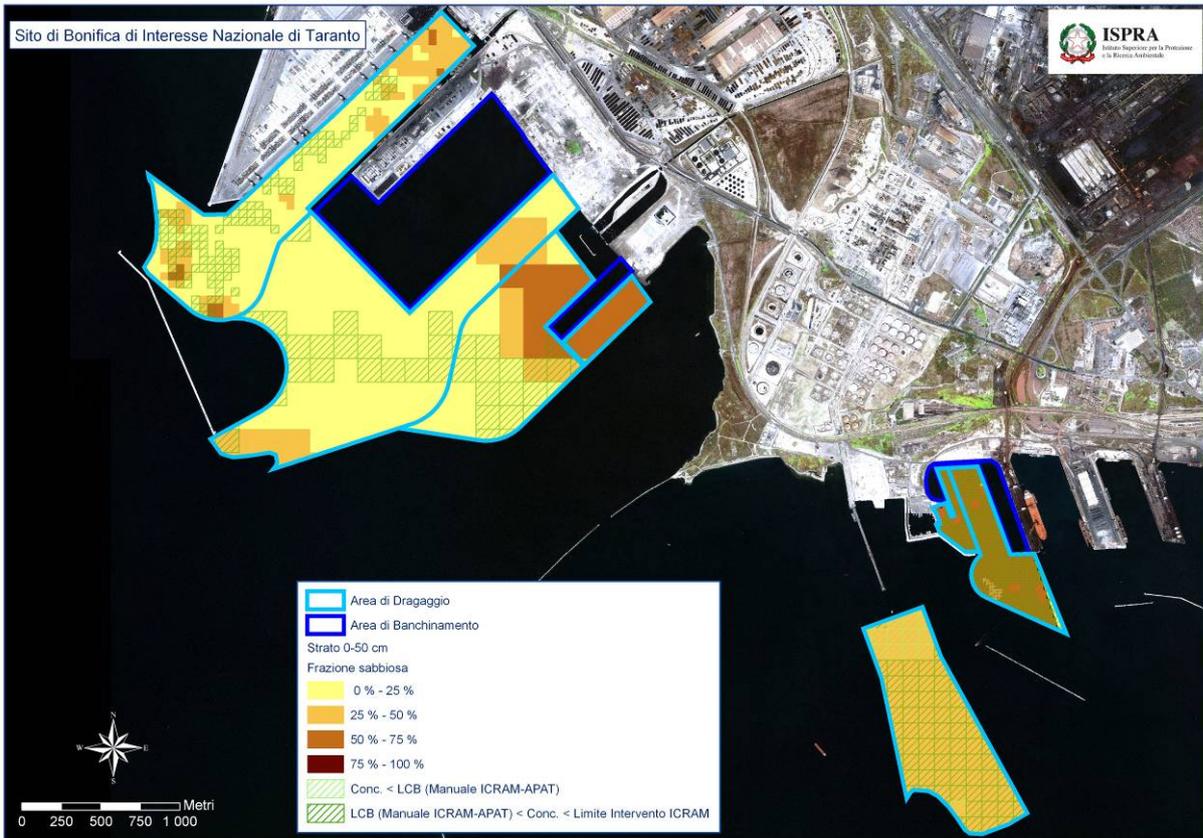


**Figura 93:** con la linea rossa sono indicati i tratti di spiaggia sabbiosa in erosione: aree di competenza delle Province di Taranto (rigato rosso orizzontale); Lecce (rigato verde verticale); e Brindisi (puntinato verde). Atlante delle Spiagge-CNR, MURST, 1997.

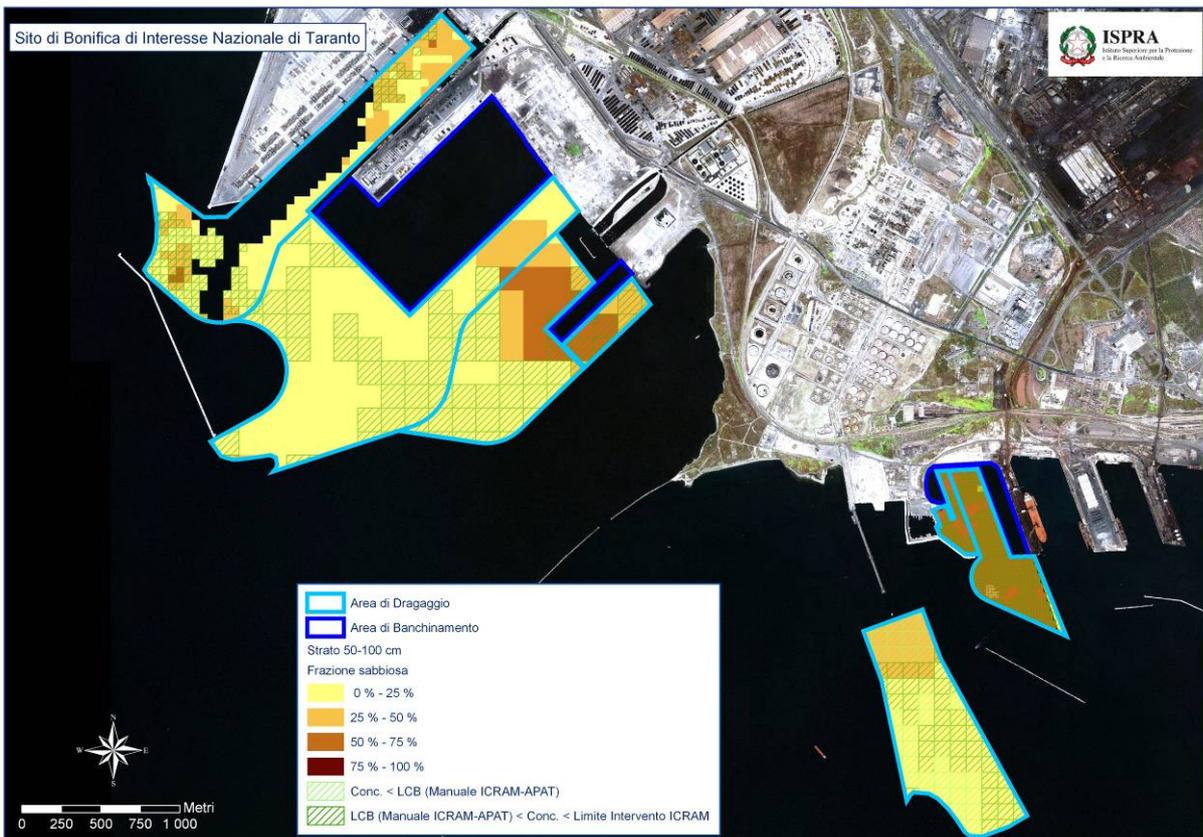
2. **Caratterizzazione**, ove non presente, dell'area di destinazione individuata a mare o a terra.
3. Valutazione della **compatibilità** ai sensi dall'Art. 1, comma 996 della L. 296/2006 e dal Decreto attuativo del Ministero dell'Ambiente 7 novembre 2008 tra il materiale della zona di deposito ed il materiale di dragaggio. La compatibilità potrà essere accertata rispetto ai sedimenti di matrice sabbiosa che abbiano dimostrato le caratteristiche qualitative di verdissimi, verdi e gialli.
4. Trasmissione del progetto di dragaggio e gestione dei sedimenti dragati al **Ministero delle Infrastrutture**, ai sensi dell'art. 1, comma 996 della L. 296/2006.

Per valutare la fattibilità di un intervento di ripascimento con i sedimenti oggetto del presente studio, è stata stimata la percentuale di frazione sabbiosa ( $63 \mu\text{m} \div 2 \text{ mm}$ ) nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli LCB (Manuale ICRAM-APAT) (sedimenti verdi e verdissimi); tale stima è riportata nelle figure seguenti, per strati consecutivi di sedimento con spessore pari a 50 cm e fino alla profondità di 3 m (da Figura 94 a Figura 99).

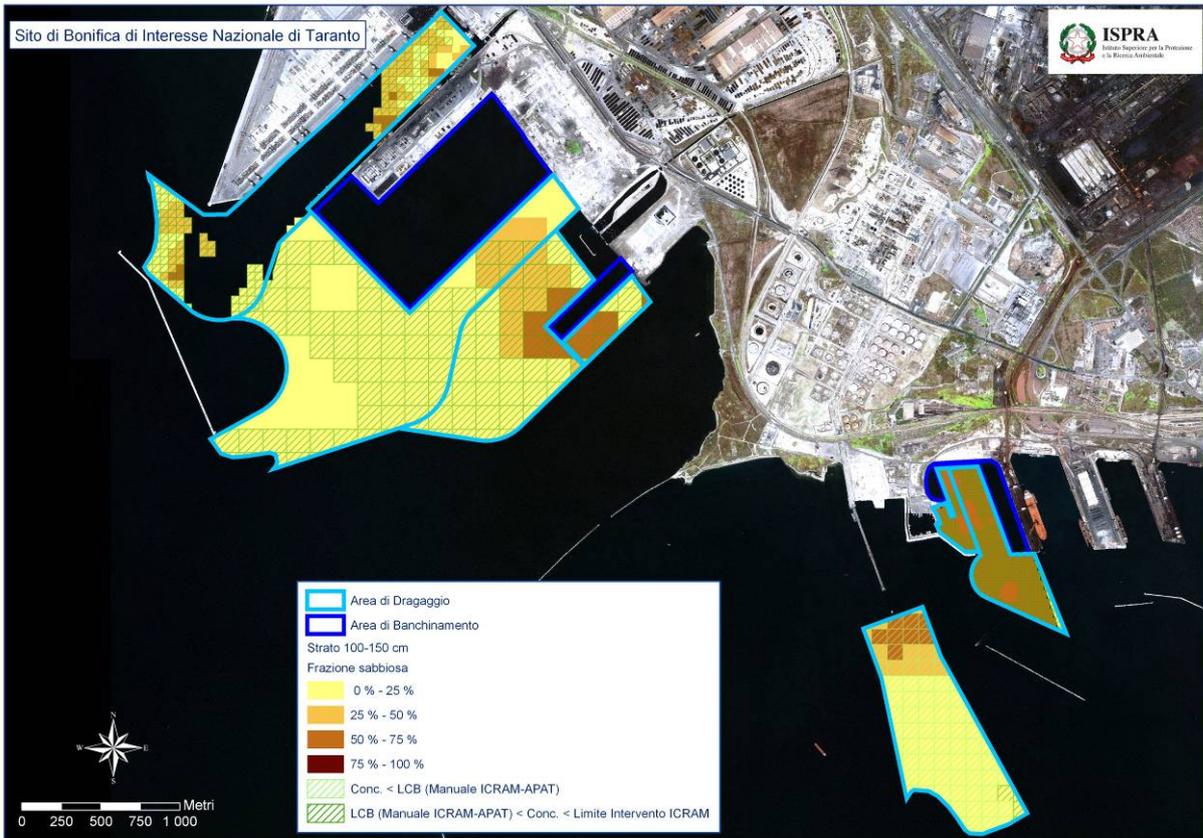
A seconda del quantitativo di sedimenti sabbiosi classificati come "gialli", potrebbe essere utile valutare la fattibilità e la convenienza di un trattamento degli stessi ai fini del riutilizzo in interventi di ripascimento. In particolare, esaminando i contaminanti per i quali sono stati riscontrati superamenti e le relative caratteristiche granulometriche, si potrebbe prevedere un processo di trattamento consistente in una separazione granulometrica finalizzata al recupero della sabbia ed il suo eventuale successivo lavaggio e verifica della qualità della sabbia uscente dal processo e dell'idoneità al ripascimento nell'area di destinazione prescelta.



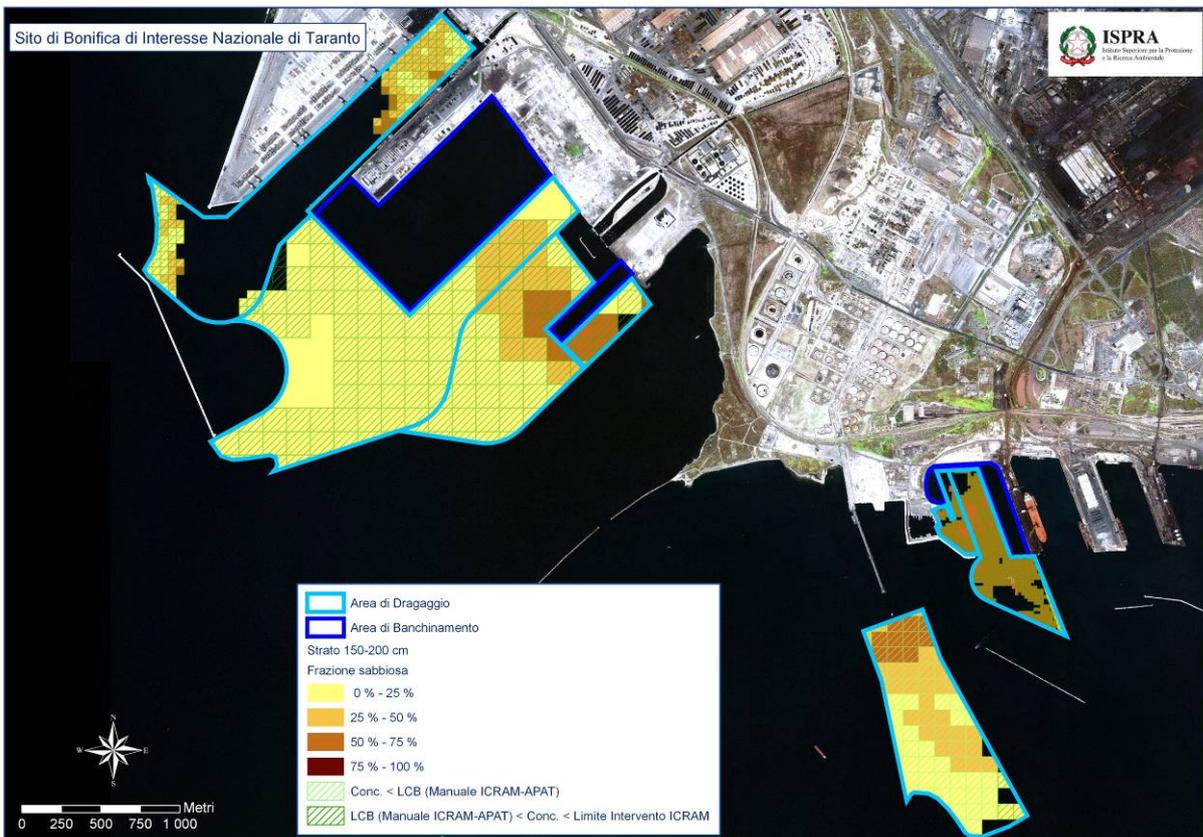
**Figura 94:** Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli standard di qualità e valori di fondo sito specifici – Strato 0-50 cm



**Figura 95:** Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli standard di qualità e valori di fondo sito specifici – Strato 50-100 cm



**Figura 96:** Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli standard di qualità e valori di fondo sito specifici – Strato 100-150 cm



**Figura 97:** Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli standard di qualità e valori di fondo sito specifici – Strato 150-200 cm

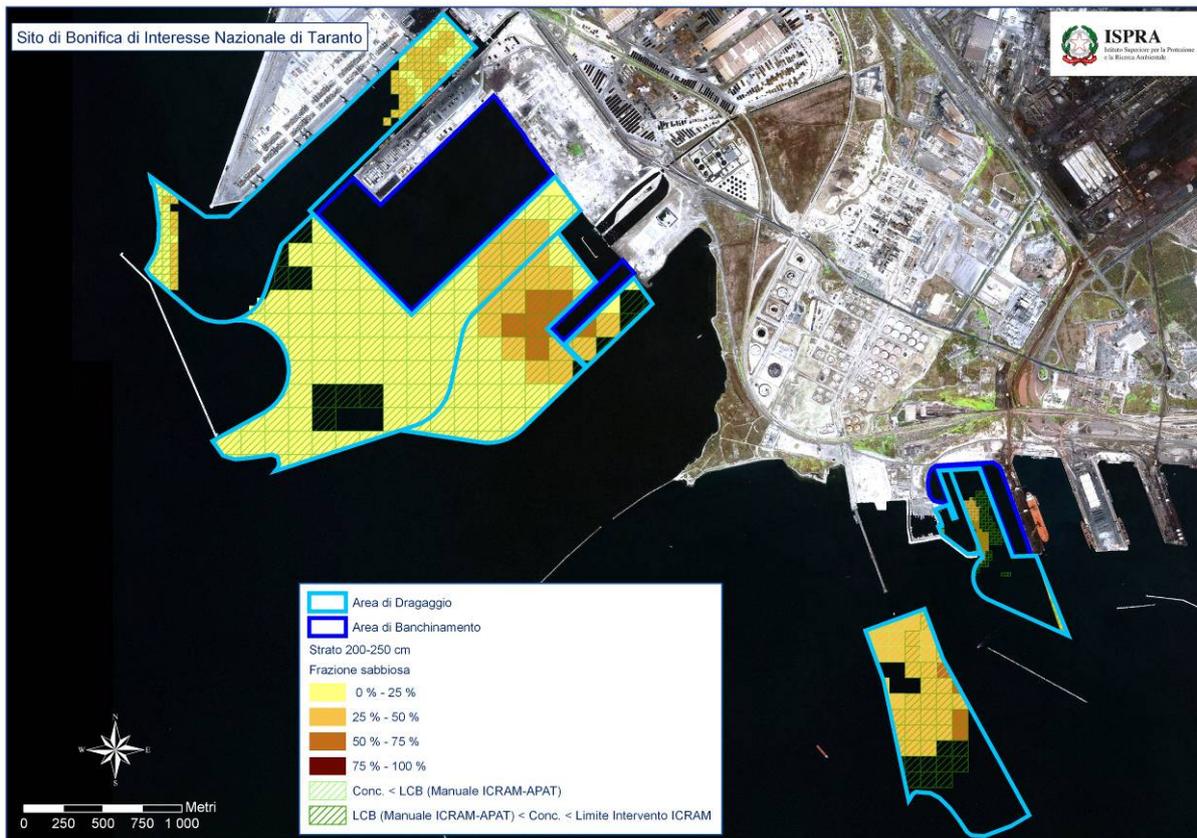


Figura 98: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli standard di qualità e valori di fondo sito specifici – Strato 200-250 cm

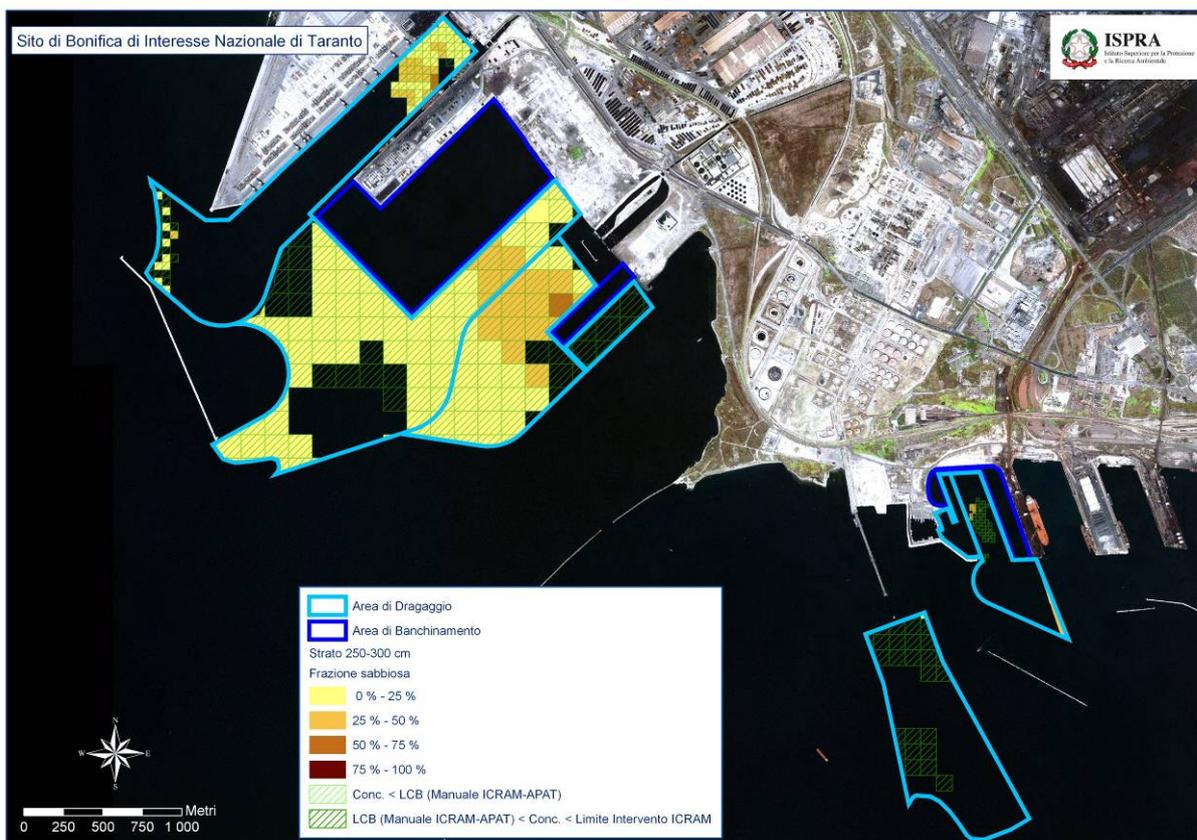


Figura 99: Percentuale della frazione sabbiosa nelle aree da sottoporre ad interventi di escavo caratterizzate da concentrazioni inferiori agli standard di qualità e valori di fondo sito specifici – Strato 250-300 cm



### **9.3.3 Immissione controllata in mare**

L'opzione di gestione relativa all'immersione controllata in mare può essere presa in considerazione in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 5, comma 11-ter, della legge 28 gennaio 1994, n. 84, così come modificata dall'art. 1, comma 996, della legge 27 dicembre 2006, n. 296, per quei materiali che presentano caratteristiche chimiche, fisiche e microbiologiche, analoghe al fondo naturale con riferimento al sito di prelievo e idonee con riferimento al sito di destinazione, nonché non esibiscono positività a test ecotossicologici.

I sedimenti che si ritiene possano essere presi in considerazione per tale uso, previa verifica di compatibilità delle loro caratteristiche con il sito di destinazione, sono quelli classificati nel presente documento come "Verdi", "Verdissimi" e le argille.

In tale contesto, ISPRA, su richiesta dell'Autorità Portuale di Taranto, ha predisposto una proposta tecnica per l'individuazione e la caratterizzazione di aree marini dove poter eseguire lo sversamento dei materiali provenienti dai dragaggi portuali.

Le attività di caratterizzazione delle aree di immissione controllata in mare sono state progettate per i potenziali siti di immersione ai sensi del D.M. 24.01.96, integrate secondo le specifiche tecniche riportate nel "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini" redatto da ICRAM e APAT (2007), su incarico del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

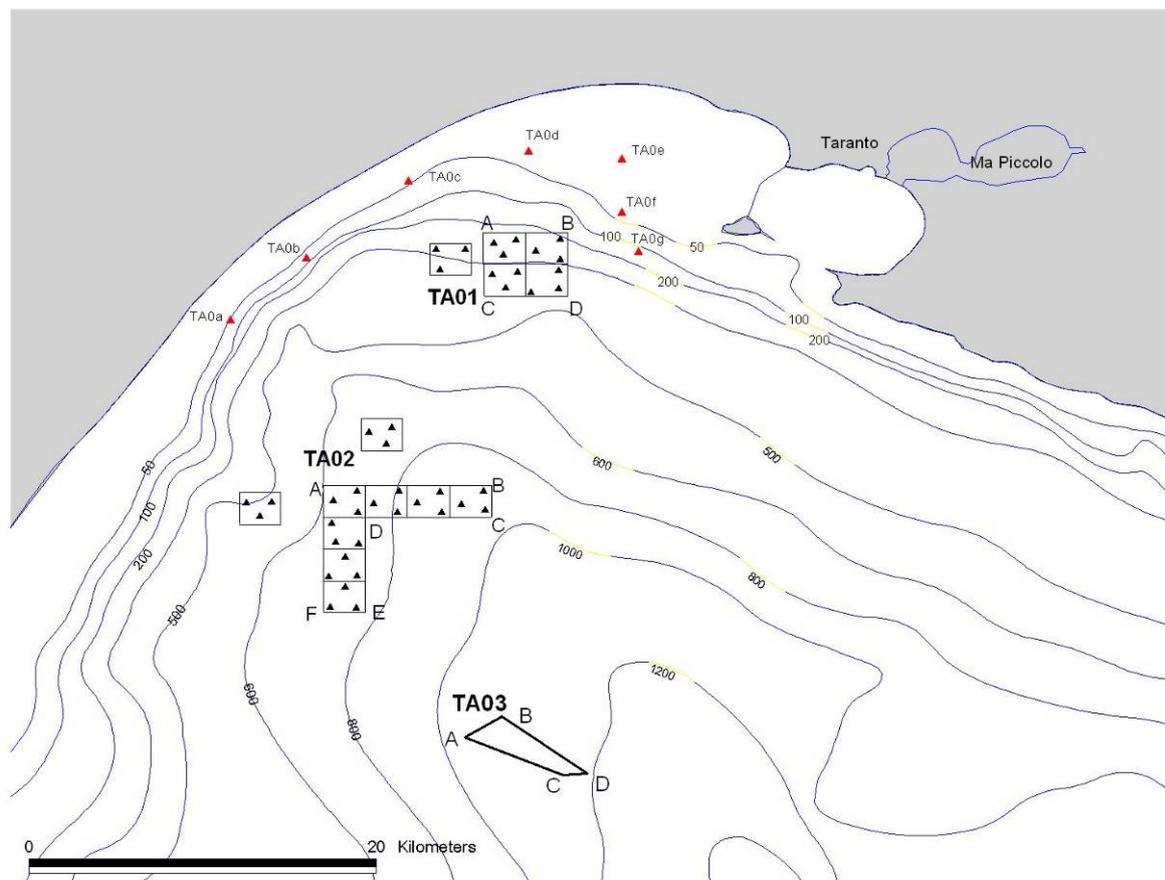
Al fine di disporre di aree di immersione nelle quali prevedere lo sversamento dei materiali di dragaggio di qualità compatibile con tale opzione di gestione, è stata svolta un'indagine bibliografica iniziale, finalizzata a presentare un Quadro ambientale generale, escludendo le aree ove non possono essere effettuate le attività di deposizione.

Sono state, in tal modo, individuate due potenziali aree marine non costiere localizzate a largo del porto di Taranto (denominate TA01 e TA02) che si aggiungono ad una terza area (TA03) già individuata ed autorizzata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio per lo scarico di sedimenti portuali nel 1999, ma per la quale è comunque necessario procedere ad una nuova caratterizzazione, essendo il precedente decreto autorizzativo ormai scaduto.

Il primo sito, TA01, è localizzato ad una distanza dal porto di Taranto (nel dettaglio, dall'imboccatura del porto presso il Castello Aragonese) di circa 14 km, ad una profondità tra i 200 e i 900 m ed è composto da quattro aree di 1 mn di lato.

Il secondo potenziale sito di immersione, TA02, è localizzato ad una distanza dal porto di Taranto di circa 26 km e si trova a circa 12 km a Sud dell'area TA01, ad una profondità di circa 700 m, ed è composto da sette aree di 1 mn di lato.

Il terzo sito, TA03, è costituito da un'area area di estensione pari a circa 15.000.000 m<sup>2</sup>, già autorizzata dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare nel 1999, situata a circa 36 km dal porto di Taranto.



**Figura 100:** Localizzazione delle aree di immersione del largo e delle stazioni costiere

Per valutare gli effettivi volumi disponibili per l'immersione dei sedimenti di dragaggio in mare occorre fare riferimento al cosiddetto "ricoprimento teorico" del materiale dragato sversato, che non deve essere superiore a 5 cm, spessore che risulta generalmente compatibile con i processi di ricolonizzazione da parte degli organismi bentonici.

In tal modo i volumi totali disponibili per la possibile ricezione di sedimenti sono illustrati nella tabella seguente. Tali volumi costituiscono il massimo quantitativo sostenibile per ciascuna area.

| Aree di ricezione | Volumi teorici di ricezione (m <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---|
| TA01              | 685.000 m <sup>3</sup>                        |
| TA02              | 1.200.000 m <sup>3</sup>                      |
| TA03              | 755.000 m <sup>3</sup>                        |

**Tabella 26:** volumi teorici disponibili per l'immissione di sedimenti in mare



#### **9.3.4 Conferimento in discarica**

Per i sedimenti VIOLA, l'unica opzione reale di gestione è il conferimento in discarica di opportuna categoria. Per lo smaltimento di tali materiali sarà quindi necessario effettuare una ricognizione delle discariche presenti in ambito regionale e nazionale, in base alla vicinanza all'area di dragaggio, alla tipologia ed al volume residuo disponibile per il conferimento. Ovviamente, in tale ipotesi di gestione si dovranno tenere in considerazione anche gli spazi a terra per uno stoccaggio temporaneo dei sedimenti, una fase di disidratazione finalizzata a rendere il sedimento palabile ed il successivo trasporto via terra per il conferimento finale in discarica di opportuna categoria. Può essere valutata anche l'ipotesi di un trattamento di decontaminazione del sedimento finalizzato ad un declassamento del materiale ai fini del conferimento in una discarica di categoria inferiore.

Si ricorda che, ai sensi dell'art. 5 comma 11-*quinquies* della legge 84/1994 ("comma 996"), le strutture adibite al deposito temporaneo dei materiali derivanti dalle attività di dragaggio devono assicurare "il non trasferimento degli inquinanti agli ambienti circostanti".

Le attività di smaltimento dei materiali di dragaggio in discarica sono disciplinate secondo le disposizioni del decreto legislativo 13 gennaio 2003, n.36, di attuazione della direttiva 1999/31/CE. I criteri di ammissibilità dei materiali in ciascuna categoria di discarica (discarica per inerti, non pericolosi e pericolosi) sono indicati dal D.M. del 13 marzo 2003.



## 10 IPOTESI DI GESTIONE

Come indicato nel Cap. 6, in base alle volumetrie di sedimento da dragare, alle loro caratteristiche qualitative e quantitative e alla priorità degli interventi, possono essere ipotizzati diversi scenari di intervento.

Nel presente paragrafo vengono illustrate due ipotesi di gestione del sedimento, che tengono conto degli interventi previsti dal Piano Regolatore Portuale, delle diverse tipologie di sedimento da gestire, nel rispetto della normativa vigente in materia, nonché degli orizzonti temporali di intervento.

Tra gli interventi previsti vengono presi in considerazione anche l'ampliamento del IV Sporgente, la realizzazione della Darsena ad ovest ed i dragaggi ad essi connessi; si precisa che tali interventi sono già inseriti in un progetto attualmente all'approvazione del CIPE, che ha ottenuto il parere favorevole, con prescrizioni, della Commissione VIA del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (parere n. 149 del 14 novembre 2008) e del Comitato Regionale VIA (Deliberazione della Giunta Regionale n. 1541 del 7 agosto 2009). In particolare, poiché tale progetto prevede la gestione dell'intero quantitativo dei sedimenti di dragaggio all'interno della vasca di colmata ad ovest di Punta Rondinella ed in discarica, la prescrizione del Comitato Regionale VIA richiede che *"... venga valutata la possibilità di effettuare lo sversamento in mare dei sedimenti argillosi in modo controllato, ossia previo studio approfondito di un recupero, per consentirne un successivo recupero e riutilizzo ai fini di interventi di bonifica, ripristino ambientale ed opere a carattere ambientale in genere"*.

Gli orizzonti temporali di intervento individuati nelle ipotesi di gestione comprendono: il primo il completamento del IV Sporgente, il dragaggio del IV Sporgente e relativa darsena ad ovest, la realizzazione della vasca di colmata ad ovest di Punta Rondinella, il dragaggio della darsena Polisettoriale, l'ampliamento del Molo V e parte del dragaggio del Molo V; il secondo la restante quota di dragaggio del Molo V, la realizzazione del VI Sporgente, il dragaggio del VI Sporgente ponente e testata, il dragaggio del VI Sporgente levante ed il dragaggio del Pontile Petroli.

Nella tabella seguente sono riassunti i volumi teoricamente disponibili, sia nelle vasche di colmata che in mare, per la gestione dei sedimenti di dragaggio, relativi sia alle nuove opere previste dal PRP (par. 9.3.1) che alle possibili aree di immissione controllata in mare (par. 9.3.3).

| <b>Destinazioni</b>               | <b>Volumi disponibili</b> |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Ampliamento IV Sporgente          | 613 800                   |
| Vasca di colmata Punta Rondinella | 1 600 000                 |
| Ampliamento Molo V                | 8 742 000                 |
| Molo VI                           | 592 200                   |
| Immissione controllata in mare    | 2 640 000                 |

**Tabella 27:** Volumi di progetto disponibili per la gestione dei sedimenti di dragaggio

Nella Tabella 28 sono illustrati i volumi relativi ai diversi interventi di dragaggio suddivisi in base alla loro qualità ambientale ed alla possibile destinazione d'uso. Da tale tabella si evince che vi è una rilevante parte di sedimenti che non è stata caratterizzata, con particolare riferimento al dragaggio del Molo V e del VI Sporgente Ponente e Testata.



| AREE DI DRAGAGGIO   | OPZIONI DI GESTIONE |   |   |  | Sedimenti non caratterizzati | Volumi totali per intervento di dragaggio |
|---|---------------------|---|---|--|------------------------------|---|
|   | Discarica (viola)   | Vasche di colmata/Banchine (rossi e gialli) | Vasche di colmata/Banchine/ Ripascimento/Immersione in mare (verdi) | Vasche di colmata/Banchine/ Ripascimento/Immersione in mare (verdissimi e argille) |                              |   |
| <b>D7: IV Sporgente</b>                                   | 0                   | 60 776                                      | 462 808   | 606 258  | 0                            | 1 129 843                                 |
| <b>D6: Darsena Servizi (darsena a ovest IV Sporgente)</b> | 0                   | 24 201                                      | 42 031  | 26 783   | 0                            | 93 014                                    |
| <b>D1: Molo Polisetoriale</b>                             | 1 987               | 415 817                                     | 434 398   | 0  | 1 418 314 (argille)          | 2 270 515                                 |
| <b>D2: Molo V</b>   | 1 515               | 1 490 834                                   | 2 584 108   | 0  | 5 967 249                    | 10 043 706                                |
| <b>D3: VI Sporgente Ponente e Testata</b>                 | 0                   | 365 878                                     | 1 656 095   | 0  | 2 489 464                    | 4 511 438                                 |
| <b>D4: VI Sporgente Levante</b>                           | 0                   | 84 164                                      | 141 301   | 0  | 179 147                      | 404 611                                   |
| <b>D5: Pontile Petroli</b>                                | 0                   | 0   | 524 551   | 605 564  | 352 905                      | 1 483 021                                 |
| <b>VOLUMI TOTALI</b>                                      | <b>3 502</b>        | <b>2 441 670</b>                            | <b>5 845 291</b>  | <b>1 238 605</b>   | <b>10 407 080</b>            |   |

**Tabella 28:** volumi di dragaggio suddivisi in base alla loro qualità ambientale ed alla possibile destinazione d'uso



A partire da questa indicazione generale, vengono di seguito formulate due alternative di pianificazione (Ipotesi) degli interventi di dragaggio e delle relative destinazioni dei sedimenti. Le ipotesi sono state elaborate sulla base dei seguenti criteri:

1. Riutilizzo del sedimento migliore dal punto di vista qualitativo come risorsa da destinare agli usi più “nobili” quali il ripascimento;
2. realizzazione degli interventi di dragaggio individuati come prioritari e contestuale realizzazione delle strutture portuali, dando precedenza a quelle individuate come prioritarie.

La prima ipotesi di intervento (Ipotesi A) è orientata prettamente verso il primo criterio, sicuramente preferibile dal punto di vista della sostenibilità ambientale; la seconda ipotesi (Ipotesi B) è invece più orientata sul secondo criterio. In entrambi gli scenari, per ragioni logistiche e di limitazione dell’impatto delle movimentazioni, per il riempimento delle strutture portuali viene data la precedenza all’utilizzo di sedimenti dragati nella loro immediata prossimità.

Nelle Tabelle seguenti (Tabella 29, Tabella 30) vengono riportati, per ciascuna ipotesi, i volumi per ogni destinazione individuata: nelle righe sono indicate le aree di dragaggio e nelle colonne le relative destinazioni; nelle celle è quindi riportata la volumetria che, dragata dall’area individuata nella riga, viene destinata all’uso previsto nelle diverse colonne.

## 10.1 IPOTESI A

### Dragaggio del IV Sporgente e relativa darsena ad ovest

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “rossi”, “gialli” e “verdi” ( $523.585 \text{ m}^3$  del IV Sporgente e  $66.232 \text{ m}^3$  della Darsena ad ovest) potranno essere conferiti all’interno della nuova struttura relativa all’ampliamento del IV Sporgente; in tal modo sarà possibile completare la realizzazione dell’ampliamento del IV sporgente;
- i sedimenti “verdissimi” e le argille ( $606.258 \text{ m}^3$  del IV Sporgente e  $26.783 \text{ m}^3$  della Darsena ad ovest) possono essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

### Dragaggio della Darsena Polisettoriale

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “viola” ( $1.987 \text{ m}^3$ ) dovranno essere sottoposti ad un trattamento di disidratazione, ed eventualmente di decontaminazione, per il conferimento finale in discarica di opportuna categoria;
- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $415.817 \text{ m}^3$ ), i sedimenti “verdi” ( $434.398 \text{ m}^3$ ) ed una quota del volume non caratterizzato/argilla pari a  $750.000 \text{ m}^3$ , per un volume totale pari a circa  $1.600.000 \text{ m}^3$ , potranno essere conferiti all’interno della vasca di colmata di Punta Rondinella;
- gli ulteriori  $668.314 \text{ m}^3$  di sedimenti non caratterizzati/argilla potranno essere refluiti all’interno di un primo settore della nuova struttura relativa all’ampliamento del Molo V.

Si ricorda che, nella fase di realizzazione del Molo V, sarà necessario procedere alla rimozione dei sedimenti “viola” ( $7.390 \text{ m}^3$ ) individuati nell’area di progetto della nuova banchina; tali sedimenti dovranno essere gestiti come di seguito indicato.

### Dragaggio Molo V

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:



- i sedimenti “viola” ( $1.515 \text{ m}^3$  dell’area di escavo e  $7.390 \text{ m}^3$  dell’area di banchinamento) dovranno essere sottoposti ad un trattamento di disidratazione, ed eventualmente di decontaminazione, per il conferimento finale in discarica di opportuna categoria;
- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $1.490.834 \text{ m}^3$ ), i sedimenti “verdi” ( $2.584.108 \text{ m}^3$ ) ed una quota del volume non caratterizzato pari a  $4.000.000 \text{ m}^3$ , per un volume totale pari a circa  $8.000.000 \text{ m}^3$ , potranno essere conferiti all’interno di un secondo settore della nuova struttura relativa all’ampliamento del Molo V;  
in tal modo sarà possibile completare la realizzazione dell’ampliamento del Molo V;
- gli ulteriori  $1.967.249 \text{ m}^3$  di sedimenti non caratterizzati che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

#### Dragaggio VI Sporgente ponente e testata

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $365.878 \text{ m}^3$ ) potranno essere conferiti all’interno della nuova struttura relativa alla realizzazione del VI sporgente;
- i sedimenti “verdi” ( $1.656.095 \text{ m}^3$ ) ed i sedimenti non caratterizzati ( $2.489.464 \text{ m}^3$ ) che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

#### Dragaggio VI Sporgente levante

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $84.164 \text{ m}^3$ ) ed i sedimenti “verdi” ( $141.301 \text{ m}^3$ ) potranno essere conferiti all’interno della nuova struttura relativa alla realizzazione del VI sporgente;  
in tal modo sarà possibile completare la realizzazione del VI sporgente;
- i sedimenti non caratterizzati ( $179.147 \text{ m}^3$ ) che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

#### Dragaggio Pontile Petroli

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “verdi” ( $524.551 \text{ m}^3$ ), i sedimenti “verdissimi” ( $605.564 \text{ m}^3$ ) ed i sedimenti non caratterizzati ( $352.905 \text{ m}^3$ ) che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).



| INTERVENTO DI<br>DRAGAGGIO                            | DESTINAZIONE                |                                      |                       |                |   |   |               |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------|---|---|---------------|
|   | Ampliamento 4°<br>Sporgente | Vasca di colmata<br>Punta Rondinella | Ampliamento<br>Molo V | 6° Sporgente   | Sversamento in<br>mare/ripascimento/a<br>ltri usi (previa<br>verifica<br>compatibilità) | Volumi non<br>caratterizzati<br>(caratterizzazione<br>da<br>effettuare/integrare) | Discarica     |
| D7: IV Sporgente                                      | 523 585                     |                                      |                       |                | 606 258   |   |               |
| D6: Darsena Servizi (darsena a<br>ovest IV Sporgente) | 66 232                      |                                      |                       |                | 26 783  |   |               |
| D1: Molo Polisettoriale                               |                             | 1 600 214                            | 668 314               |                |   |   | 1 987         |
| D2: Molo V  |                             |                                      | 8 074 942             |                |   | 1 967 249   | 1 515+7 390   |
| D3: VI Sporgente Ponente e<br>Testata                 |                             |                                      |                       | 365 878        | 1 656 095   | 2 489 464   |               |
| D4: VI Sporgente Levante                              |                             |                                      |                       | 225 464        |   | 179 147   |               |
| D5: Pontile Petroli                                   |                             |                                      |                       |                | 1 130 115   | 352 905   |               |
| <b>VOLUMI TOTALI</b>                                  | <b>589 817</b>              | <b>1 600 214</b>                     | <b>8 743 256</b>      | <b>591 343</b> | <b>3 419 251</b>  | <b>4 988 766</b>  | <b>10 892</b> |

Tabella 29: Ipotesi A



## 10.2 IPOTESI B

### Dragaggio del IV Sporgente e relativa darsena ad ovest

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “rossi”, “gialli” e “verdi” ( $523.585 \text{ m}^3$  del IV Sporgente e  $66.232 \text{ m}^3$  della Darsena ad ovest) potranno essere conferiti all’interno della nuova struttura relativa all’ampliamento del IV Sporgente;  
in tal modo sarà possibile completare la realizzazione dell’ampliamento del IV sporgente;
- i sedimenti “verdissimi” e le argille ( $606.258 \text{ m}^3$  del IV Sporgente e  $26.783 \text{ m}^3$  della Darsena ad ovest, per un totale di  $633.041 \text{ m}^3$ ) potranno essere conferiti all’interno della vasca di colmata di Punta Rondinella.

### Dragaggio della Darsena Polisettoriale

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “viola” ( $1.987 \text{ m}^3$ ) dovranno essere sottoposti ad un trattamento di disidratazione, ed eventualmente di decontaminazione, per il conferimento finale in discarica di opportuna categoria;
- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $415.817 \text{ m}^3$ ), i sedimenti “verdi” ( $434.398 \text{ m}^3$ ) ed una quota del volume non caratterizzato/argilla pari a  $110.000 \text{ m}^3$ , potranno essere conferiti all’interno della vasca di colmata, che giungerà così ad esaurimento della sua capienza;
- gli ulteriori  $1.308.314 \text{ m}^3$  di sedimenti non caratterizzati/argilla potranno essere refluiti all’interno di un primo settore della nuova struttura relativa all’ampliamento del Molo V.  
Si ricorda che, nella fase di realizzazione del Molo V, sarà necessario procedere alla rimozione dei sedimenti “viola” ( $7.390 \text{ m}^3$ ) individuati nell’area di progetto della nuova banchina; tali sedimenti dovranno essere gestiti come di seguito indicato.

### Dragaggio Molo V

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “viola” ( $1.515 \text{ m}^3$  dell’area di escavo e  $7.390 \text{ m}^3$  dell’area di banchinamento) dovranno essere sottoposti ad un trattamento di disidratazione, ed eventualmente di decontaminazione, per il conferimento finale in discarica di opportuna categoria;
- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $1.490.834 \text{ m}^3$ ), i sedimenti “verdi” ( $2.584.108 \text{ m}^3$ ) ed una quota del volume non caratterizzato pari a  $3.350.000 \text{ m}^3$ , per un volume totale pari a  $7.424.942 \text{ m}^3$ , potranno essere conferiti all’interno di un secondo settore della nuova struttura relativa all’ampliamento del Molo V;  
in tal modo sarà possibile completare la realizzazione dell’ampliamento del Molo V;
- gli ulteriori  $2.617.249 \text{ m}^3$  di sedimenti non caratterizzati che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

### Dragaggio VI Sporgente ponente e testata

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “rossi” e “gialli” ( $365.878 \text{ m}^3$ ) potranno essere conferiti all’interno della nuova struttura relativa alla realizzazione del VI sporgente;



- i sedimenti “verdi” (1.656.095 m<sup>3</sup>) ed i sedimenti non caratterizzati (2.489.464 m<sup>3</sup>) che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

#### Dragaggio VI Sporgente levante

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “rossi” e “gialli” (84.164 m<sup>3</sup>) ed i sedimenti “verdi” (141.301 m<sup>3</sup>) potranno essere conferiti all’interno della nuova struttura relativa alla realizzazione del VI sporgente; in tal modo sarà possibile completare la realizzazione del VI sporgente;
- i sedimenti non caratterizzati (179.147 m<sup>3</sup>) che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).

#### Dragaggio Pontile Petroli

I volumi di sedimento coinvolti da questo intervento di dragaggio possono essere gestiti nel seguente modo:

- i sedimenti “verdi” (524.551 m<sup>3</sup>), i sedimenti “verdissimi” (605.564 m<sup>3</sup>) ed i sedimenti non caratterizzati (352.905 m<sup>3</sup>) che, considerato quanto emerso dalla caratterizzazione, sono presumibilmente riconducibili alle caratteristiche qualitative dei sedimenti “verdi”, potranno essere destinati, previa verifica della loro compatibilità con il sito di destinazione, ad altri usi (ripascimento, immersione in mare, ecc.).



| INTERVENTO DI<br>DRAGAGGIO                            | DESTINAZIONE                |                                      |                       |                |   |   |               |
|---|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------|---|---|---------------|
|   | Ampliamento 4°<br>Sporgente | Vasca di colmata<br>Punta Rondinella | Ampliamento<br>Molo V | 6° Sporgente   | Sversamento in<br>mare/ripascimento/a<br>ltri usi (previa<br>verifica<br>compatibilità) | Volumi non<br>caratterizzati<br>(caratterizzazione<br>da<br>effettuare/integrare) | Discarica     |
| D7: IV Sporgente                                      | 523 585                     | 606 258                              |                       |                |   |   |               |
| D6: Darsena Servizi (darsena a<br>ovest IV Sporgente) | 66 232                      | 26 783                               |                       |                |   |   |               |
| D1: Molo Polisettoriale                               |                             | 960 214                              | 1 308 314             |                |   |   | 1 987         |
| D2: Molo V  |                             |                                      | 7 424 942             |                |   | 2 617 249   | 1 515+7 390   |
| D3: VI Sporgente Ponente e<br>Testata                 |                             |                                      |                       | 365 878        | 1 656 095   | 2 489 464   |               |
| D4: VI Sporgente Levante                              |                             |                                      |                       | 225 464        |   | 179 147   |               |
| D5: Pontile Petroli                                   |                             |                                      |                       |                | 1 130 115   | 352 905   |               |
| <b>VOLUMI TOTALI</b>                                  | <b>589 817</b>              | <b>1 593 255</b>                     | <b>8 733 256</b>      | <b>591 343</b> | <b>2 786 210</b>  | <b>5 638 766</b>  | <b>10 892</b> |

Tabella 30: Ipotesi B



## 11 ATTUAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE

Per dare attuazione al Piano di Gestione sarà necessario, oltre che individuare le possibili opzioni di gestione dei sedimenti di dragaggio in base alla loro qualità, anche intraprendere una serie di attività e prendere in considerazione una serie di parametri di carattere territoriale/extra-territoriale, economico e/o ambientale, tra loro strettamente interdipendenti, che risultano di fondamentale importanza per verificare la possibile attuazione delle diverse ipotesi di gestione.

Tali azioni si possono così sintetizzare:

- A. effettuare la completa caratterizzazione ambientale, laddove ancora non eseguita, delle aree oggetto degli interventi di dragaggio, al fine di acquisire una conoscenza approfondita dello stato qualitativo dei sedimenti; la caratterizzazione dovrà essere adeguata a tutti i tipi di gestione che si vogliono prendere in considerazione (gestione in ambito costiero, gestione a terra, immersione controllata in mare);
- B. valutare la possibilità di sottoporre i sedimenti di dragaggio, a seconda della loro qualità e delle loro caratteristiche granulometriche, ad idonei processi di trattamento, effettuando una valutazione dell'efficacia dei diversi sistemi di trattamento disponibili ed individuando aree e impianti, esistenti, in corso di realizzazione o programmati, potenzialmente utilizzabili;
- C. valutare la possibilità di realizzare/utilizzare casse di colmata funzionali alle esigenze sia del singolo porto di Taranto, che delle realtà portuali presenti sul territorio regionale e/o nazionale, anche ricorrendo alla sottoscrizione di Accordi di Programma per regolamentare il refluento all'interno delle strutture di contenimento di sedimenti derivanti da interventi di dragaggio di porti regionali o extraregionali non direttamente afferenti all'Autorità competente del porto. In questo modo l'approvvigionamento del materiale da refluire potrà costituire una fonte di finanziamento per la realizzazione dell'opera stessa e non un onere da sostenere;
- D. valutare la possibilità di recupero e riutilizzo a scopi ripascitivi dei sedimenti da dragare di opportuna qualità, mediante l'individuazione sul territorio regionale e/o nazionale di tratti di costa che necessitino di interventi di ripascimento e la verifica delle principali caratteristiche (tessiturali e mineralogiche) dei sedimenti da utilizzare;
- E. valutare la reale possibilità di effettuare un'immersione controllata in mare dei sedimenti dragati di opportuna qualità, individuando aree idonee a tale scopo;
- F. individuare le più opportune modalità di realizzazione degli interventi di dragaggio (tecniche, mezzi ed apparecchiature di dragaggio e di trasporto, mezzi, modalità e ratei di messa a dimora del materiale dragato), in funzione delle caratteristiche dei sedimenti e della loro destinazione finale;
- G. eseguire uno *screening* sulle possibili misure di mitigazione e modalità di monitoraggio da adottare in funzione degli impatti attesi da ciascuna diversa opzione di gestione.

Per una maggiore efficacia inoltre, il piano di gestione potrà essere supportato dalla creazione di un Sistema Informativo Territoriale, per la raccolta, inserimento e gestione di tutte le informazioni relative al Piano di Gestione dei sedimenti (superfici e spessori di dragaggi precedenti, caratteristiche fisico-chimiche dei sedimenti, aree di stoccaggio, ecc.).

In particolare, per quanto concerne la realizzazione di casse di colmata in ambito portuale, tale soluzione consentirà non solo la gestione di sedimenti con caratteristiche qualitative che ne rendono difficile una diversa collocazione, ma permetterà anche di sviluppare nuove aree da adibire ad attività portuali, con relativo incremento delle attività commerciali e/o industriali già presenti sul territorio.



Per quanto riguarda le ipotesi in merito ad un possibile riutilizzo e valorizzazione a terra dei sedimenti marini di dragaggio, nel richiamare l'attenzione sulla attuale assenza di una normativa specifica in tal senso, si ritiene comunque importante muoversi verso una maggiore sensibilizzazione al problema di un loro riutilizzo benefico, che dovrà necessariamente passare attraverso fasi di studio e sperimentazione.

Tali fasi di studio e sperimentazioni non potranno però essere disgiunte da un'attenta analisi della possibile richiesta da parte del mercato sia dei volumi di sedimenti dragati aventi caratteristiche chimico-fisiche tali da renderli idonei all'immediato riutilizzo, sia delle frazioni di sedimento utilizzabili previo opportuno processo di decontaminazione; ciò implica la necessità di indagare la presenza:

- di realtà imprenditoriali sensibili alla risoluzione della problematica ambientale legata alla gestione delle frazioni contaminate;
- di insediamenti industriali da inquadrare come possibili soggetti fruitori di quei sedimenti con caratteristiche tali da poterne permettere l'utilizzo nel mercato delle materie prime secondarie;
- di realtà ambientali che necessitano di interventi di riqualificazione e ripristino ambientale da attuarsi mediante azioni di rimodellamento geomorfologico;

al fine di promuovere come destinazione finale dei sedimenti non contaminati un riutilizzo in un sistema integrato, che coinvolga anche opere civili, interventi di ingegneria naturalistica (ricostruzione dei profili morfologici) ed applicazioni industriali.

In conclusione, il "Piano di Gestione dei Sedimenti" punta a promuovere la possibilità di combinare diverse opzioni di gestione dei sedimenti movimentati, rispondendo sia alle esigenze dell'Autorità competente del porto che alla qualità riscontrata negli stessi, ottenendo in tal modo una gestione integrata ed ambientalmente compatibile del materiale dragato.

Un simile scenario potrà condurre allo sfruttamento sostenibile della risorsa *sedimento marino*, permettendo così di ridurre i quantitativi di materiale proveniente da interventi di dragaggio da smaltire in discarica.

Infine, la gestione dei sedimenti tramite l'adozione del Piano di Gestione dovrà basarsi su aspetti di tipo socio-economico, quali:

- a) la riduzione dell'impatto ambientale connesso al conferimento in discarica dei sedimenti di dragaggio, favorendone la valorizzazione e il riutilizzo, limitando conseguentemente lo sfruttamento del territorio legato allo smaltimento in discarica di materiale "buono" e l'impiego irragionevole di materie prime;
- b) l'acquisizione di una maggiore consapevolezza del valore dei sedimenti, inquadrandoli come risorsa e non come rifiuto, migliorando la gestione da parte degli operatori preposti e promuovendo una reciproca cooperazione tra il soggetto attuatore degli interventi e i potenziali utilizzatori dei sedimenti dragati;
- c) l'analisi costi/benefici del sistema integrato di gestione dei sedimenti;
- d) la creazione di opportunità di impiego all'interno del suddetto sistema di gestione, nonché nei settori per i quali sia stato individuato il possibile riutilizzo dei sedimenti.



## 12 BIBLIOGRAFIA

Aggiornamento del piano di gestione dei rifiuti speciali nella Regione Puglia (2009) ([www.crea.puglia.it/documentiportale/rgrs.pdf](http://www.crea.puglia.it/documentiportale/rgrs.pdf)).

Ambrosiano A., Ferretti O., Falcinelli F. (1986) – Tipologia geomorfologica costiera e caratterizzazione mineralogica dei sedimenti di spiaggia del litorale pugliese. ENEA, Collana Studi Ambientali: “Indagine ambientale del sistema marino-costiero della regione Puglia. Elementi per la definizione del Piano delle Coste”, parte B, 55-67.

Anselmi B., Brondi A., Ferretti O. (1976) – Studi morfologici del litorale e ricerche mineralogiche e sedimentologiche sulla piattaforma costiera del Golfo di Taranto. Rend. Soc. It. Min Petr., 32 (1), 293 - 310.

Beachmed-e (2008) – sottoprogetto PosiDune - Cahier Technique étendu de Phase B ([www.beachmed.it](http://www.beachmed.it)).

Bear J., Cheng A.H.D., Sorek S., Ouazar D., Herrera I. (1999) - Seawater Intrusion in Coastal Aquifers – Concepts, Methods and Practices. In: Theory and Application of Transport in Porous Media. Edited by J. Bear, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 625.

Bokuniewicz H., 1997. Contaminated Sediments in Ports and Waterways – Cleanup Strategies and Technologies. National Research Council prepared by Committee on Contaminated Marine Sediments, National Academy Press, Washington D. C.

Bonoforti R., Ruggiero R., Ferraioli R., Heltai D. (1984) – Distribuzione degli elementi in traccia nel Golfo di Taranto. Determinazione di Fe, Ni, Mn, Cu, Co, Cr, Ca, Sr e Ba nella zona antistante la foce del fiume Sinni. Atti del 6° Congresso AIOL, Livorno, 12-14 aprile 1984, 241-248.

Brondi M., Gragnani R., Mignuzzi C., Orlandi C., 1984. Distribuzione degli elementi in traccia nel Golfo di Taranto. A.I.O.L. Atti del 6° Congresso:131 – 146.

Cardellicchio N., Pastore M., de Leonardis C. Studio per il recupero e la valorizzazione paesaggistica delle sponde del Bacino del Mar Piccolo di Taranto. Istituto Sperimentale Talassografico del CNR. 200 pp.

CCME, 2001. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life. Canadian Council of Ministers of the Environment. CCME EPC-98E

Chilès J.P., Delfiner P., 1999. Geostatistics: modeling spatial uncertainty, Wiley Series in Probability and Statistics.

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale.

Decreto Ministero Ambiente 7 novembre 2008 - Disciplina delle operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, ai sensi dell'articolo 1, comma 996, della legge n. 296 del 27 dicembre 2006, n. 296.

D.M. 24 gennaio 1996 - Direttive inerenti le attività istruttorie per il rilascio delle autorizzazioni di cui all'art. 11 della legge 10 maggio 1976, n. 319 e successive modificazioni ed integrazioni,



relative allo scarico nelle acque del mare o in ambienti ad esso contigui, di materiali provenienti da escavo di fondali di ambienti marini o salmastri o di terreni litoranei emersi, nonché da ogni altra movimentazione di sedimenti in ambiente marino.

El-Herraoui E., 2003. Performance of heavy metals decontamination for marine sediments. 2nd International Symposium on Contaminated Sediments. Quebec, pp. 245-250.

EPA, 1998. EPA's Contaminated Sediment Management Strategy. Office of water. EPA-823-R-98-001.

Evanko C.R., Dzombak D.A., 1997. Remediation of Metals-Contaminated Soils and Groundwater. Technology Evaluation Report, prepared for GWRTAC.

Federico A. M., Murianni A., Nobile M., Miccoli A. (Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente e per lo Sviluppo Sostenibile del Politecnico di Bari) - Rapporto di ricerca sugli aspetti geotecnici delle argille azzurre di Taranto in relazione al loro riutilizzo in cassa di colmata (2009).

Fletcher C., 1999. Treatment of contaminated dredged material: is it sustainable? De Shutter G. (ed.). Antwerpen, Belgium.

Goovaerts P. Geostatistics for Natural Resources Evaluation, Applied Geostatistics Series.

Hamm L., Capobianco M., Dette H. H., Lechuga A., Spanhoff R. and Stive M. J. F. (2002) - A summary of European experience with shore nourishment - Coastal Engineering 2002.

HSRC, 2003. In-situ Containment and Treatment: Engineering Cap Integrity and Reactivity. Research Brief #25.

IADC/CEDA, 1996-2001. Environmental Aspects of dredging.

ICRAM – APAT (2007) - Manuale per la movimentazione di sedimenti marini.

La Grega M. D., Buckingham P.L., Evans J.C., 1994. Hazardous Waste Management. McGraw Hill, New York.

Legge 27 Dicembre 2006, n.296 - Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge finanziaria 2007).

Lerario V.L., Giandomenico S., Lopez L., Cardellicchio N., 2003. Sources and distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sediments from the Mar Piccolo of Taranto, Ionian Sea, Southern Italy. Annali di Chimica, 93.

MacDonald D.A., Ingersoll C.G., 2002. A guidance manual to support the assessment of contaminated sediments in freshwater ecosystems. EPA-905-B02-A

MacDonald D.A., Matta M.B., Field L.J., Cairncross C., Munn M.D., 2003. The coastal resource coordinator's bioassessment manual. Report No. HAZMAT 93-1. Seattle-WA. National Oceanic and Atmospheric Administration. 160 pp + Appendices.



Massacci P., 2002. Dispense del corso di “Ingegneria delle Materie Prime”. Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Facoltà di Ingegneria.

Macfarlane M.W., MacDonald D.D., 2002. Criteria for managing contaminated sediment in British Columbia. Ministry of Water, Land and Air Protection.  
DRAFT P3 version.

Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio, Programma di Monitoraggio dell’Ambiente Marino costiero 2001 – 2003. [www.sidimar.ipzs.it](http://www.sidimar.ipzs.it)

Montevecchi M. Nuove tecnologie di dragaggio per minimizzare l’impatto ambientale. Società Italiana Dragaggi.

Montevecchi M., 2003. Problemi di dragaggio, trasporto e collocazione finale di sedimenti inquinati.

Pellegrini D., Onorati F., Virno Lamberti C., Merico G., Gabellini M., Ausili A. (2002) - Aspetti tecnico-scientifici per la salvaguardia ambientale nelle attività di movimentazione dei fondali marini. Dragaggi Portuali. Quaderno ICRAM N° 1, 201pp.

Smith L.A., Means J.L., Chen A., Alleman B., Chapman C.C., Tixier J.S. Jr., Brauning S.E., Gavaskar A.R., Royer M.D., 1995. Remedial Options for Metals-Contaminated Sites, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Stuyfzand P.J. (1989) – Hydrochemical evidence of fresh- and salt-water intrusions in the Coastal Dunes Aquifer System of the western Netherland. In: De Breuck, W.; Walschot, L. (Ed.) (1989). Proceedings of the 10th Salt-Water Intrusion Meeting Ghent (Belgium), 16-20 May 1988. *Natuurwet. Tijdschr.*, 70(1-4): 9-29.

Tomasicchio F. (Dipartimento di ingegneria dell’innovazione dell’università del Salento) - Rapporto di ricerca sugli aspetti marittimi delle attività di dragaggio nel Porto di Taranto (2009).

U. S. EPA, 1993. Selecting Remediation Techniques For Contaminated Sediment. EPA-823-B93-68I, Office of Water, Washington D. C.

Valpreda E. (2006) – La banca dati geografica delle dune costiere in Italia: uno strumento per valutare l’interazione tra questa morfologie costiere, l’evoluzione dei litorali ed il loro utilizzo. In: *Studi Costieri* 11: 3-16.

Viel M., Damiani V., Setti M., 1986. Caratteristiche granulometriche e composizione mineralogica dei sedimenti della piattaforma pugliese. In: “Indagine ambientale del sistema marino-costiero della Regione Puglia. Elementi per la definizione del Piano delle Coste”. ENEA – Collana Studi Ambientali – 127 – 144 pp.

Wackernagel H. *Multivariate Geostatistics*. Springer. 2003.