

PIANO REGOLATORE PORTUALE DEL PORTO DI LIVORNO 2012

Titolo elaborato:

STUDIO SULLA GESTIONE DEI MATERIALI DI DRAGAGGIO

Scala:

1
0
0
1
0
R
R
0
1
7
-
1
M
A
R

Committente:

AUTORITA' PORTUALE
DI LIVORNO

Progettisti:

MODIMAR S.r.l.
Prof. Ing. Alberto NOLI
TECHNITAL S.p.A.
BUREAU VERITAS ITALIA S.p.A.
ACQUATECNO S.r.l.

Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:
	Nov. 2014	1	Adeguamento al voto del C.S dei LL. PP. n.63/2014 del 17.10.1014	A. SANZONE	A. NOLI	M. TARTAGLINI
	marzo 2013	0	EMISSIONE	A. SANZONE	A. NOLI	M. TARTAGLINI

Dimensioni foglio:

A4

Visto del Committente:

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Sciro Bureau Veritas s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	17	-1	MAR

**NUOVO PIANO REGOLATORE PORTUALE
DEL PORTO DI LIVORNO
2012**

STUDIO SULLA GESTIONE DEI MATERIALI DI DRAGAGGIO

INDICE

1	PREMESSE	1
2	CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE	4
3	VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE	8
3.1	Valori di concentrazione di riferimento dell'area	8
3.2	Caratteristiche granulometriche dei sedimenti	9
3.3	Stato di qualità complessivo dei sedimenti dell'area portuale del porto di Livorno	12
3.4	Calcolo dei volumi di sedimento contaminato	13
3.5	Gestione dei sedimenti contaminati	17
3.6	Valutazione dei costi di bonifica	18
4	DEFINIZIONE DEL VOLUME DI SEDIMENTI DA DRAGARE	22
5	BILANCIO DEI VOLUMI SI SCAVO/RIPORTO	28
6	DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA DEI DRAGAGGI	33

ALLEGATO 1: COMPUTO METRICO DRAGAGGI E SALPAMENTI

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

1 PREMESSE

Con voto n°63/2014 reso nel corso dell'adunanza del 17.10.2014 dell'Assemblea Generale il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha espresso parere favorevole al prosieguo dell'iter del Nuovo Piano Regolatore Portuale del porto di Livorno. Nella presente Relazione, coerentemente con le integrazioni presentate nel corso dell'esame del Piano da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, è riportato l'aggiornamento del bilancio tra dragaggi e nuovi rilevati eseguito sulla base di un rilievo dell'area di intervento.

La perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale di Livorno, sancita con il Decreto Ministeriale 24 febbraio 2003, include una superficie di estensione complessiva pari a circa 2000 ha, di cui 1400 ha di superficie marina. L'area a mare (Fig.1) è delimitata a nord dalla foce del Canale Scolmatore dell'Arno ed a sud dal Faro di Livorno, per una lunghezza totale di circa 4.250 m. La fascia perimetrata si protende verso il largo dalla foce del Canale Scolmatore dell'Arno fino a 3.125 m e dal Faro fino a 2.875 m.

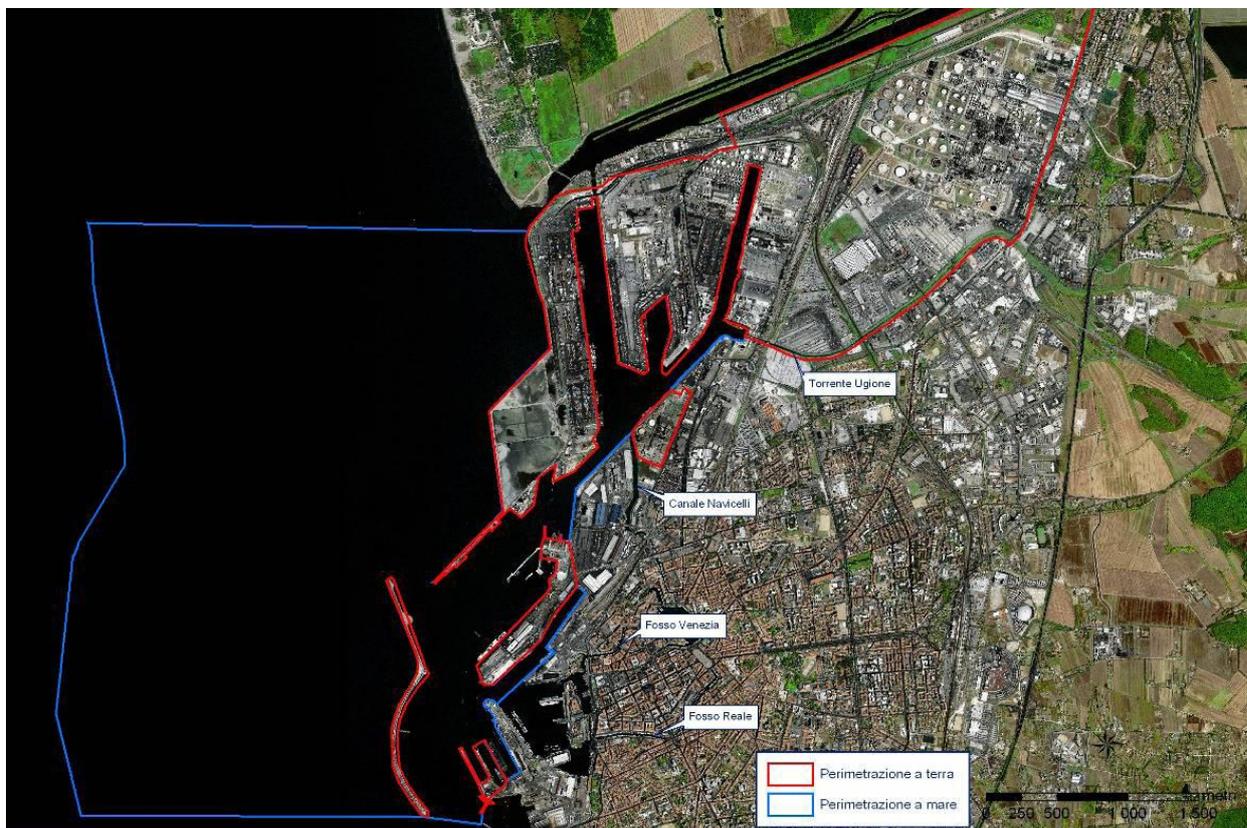


Figura 1: Perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale di Livorno

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

Tutto il bacino portuale risulta quindi interno al perimetro del Sito di Interesse Nazionale di Livorno.

Pertanto, come previsto dall'attuale normativa, prima di poter procedere all'esecuzione di un qualsiasi tipo di intervento all'interno del porto è necessario attuare il Piano di Caratterizzazione e procedere con il progetto di bonifica dei sedimenti.

Il Piano di caratterizzazione ambientale dell'area marino costiera di competenza è stato approvato dalla Conferenza dei Servizi Decisoria del 9.11.2004.

Ad oggi è stata completata la caratterizzazione di tutta l'area marina di competenza ed i risultati delle attività di caratterizzazione previste nel suddetto Piano sono stati approvati dalla Conferenza dei Servizi Decisoria del 22.12.2005 (Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare)

L'analisi delle problematiche connesse alla gestione dei materiali provenienti dalle operazioni di dragaggio costituisce quindi un elemento significativo nell'ambito dell'attuazione delle opere e degli interventi previsti nel nuovo Piano Regolatore Portuale del porto di Livorno.

In particolare per quanto attiene quantità e qualità (granulometria e grado di inquinamento) di tali materiali, la loro successiva collocazione e gli eventuali usi di quei volumi di materiale che possono ritenersi di buona qualità.

Premessa indispensabile per la corretta gestione dei materiali dragati è una dettagliata conoscenza delle loro caratteristiche granulometriche, chimiche, fisiche e biologiche.

A tal riguardo l'ICRAM, utilizzando i risultati della Caratterizzazione richiamata in precedenza e gli accertamenti analitici forniti dall'Autorità Portuale, nel marzo 2006 ha completato il "Progetto preliminare di bonifica dei fondali dell'area portuale inclusa nella perimetrazione del sito di interesse nazionale di Livorno" (dal quale sono state estratte le figure riportate nel presente rapporto) che contiene le stime della distribuzione dei contaminanti all'interno delle aree caratterizzate ed il relativo calcolo dei volumi di sedimento contaminato da sottoporre a bonifica.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

Nell'ambito del presente rapporto, redatto sulla base dei dati disponibili allo stato attuale (Piano di Caratterizzazione, Caratterizzazione dei Sedimenti e Progetto Preliminare di Bonifica), si procede ad una prima definizione quantitativa dei volumi da dragare nell'ipotesi di intervento analizzata prevista nel nuovo Piano Regolatore Portuale del porto di Livorno, e si individuano le possibili soluzioni in merito alla gestione dei materiali.

In figura 2 è rappresentata la toponomastica dell'area portuale inserita all'interno del perimetro del Sito di bonifica di Interesse Nazionale di Livorno.

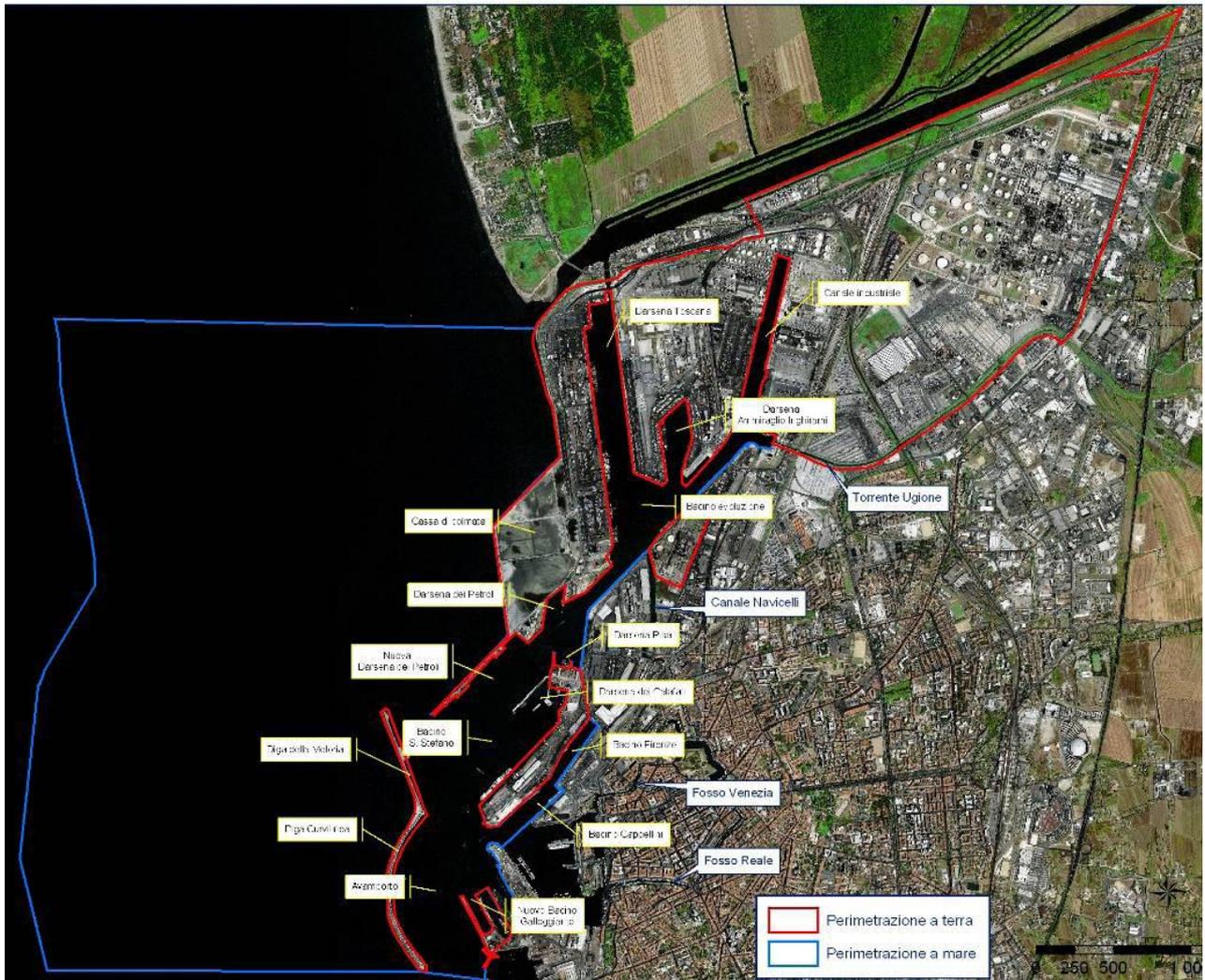


Figura 2: Toponomastica del sito di interesse nazionale di Livorno

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

2 CARATTERIZZAZIONE DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE

Il piano di caratterizzazione per l'area marina perimetrata all'interno del sito di bonifica di interesse nazionale di Livorno prevedeva due fasi distinte e successive, di cui:

- una prima fase (fase I) volta ad eseguire il campionamento e l'analisi chimico fisica e microbiologica dei sedimenti su una percentuale ridotta rispetto allo schema totale, corrispondente alle aree considerate maggiormente critiche;
- una seconda fase (fase II), al fine di pervenire alla completa caratterizzazione del sito, comprensiva di indagini chimico-fisiche e microbiologiche sui sedimenti nelle aree a minore criticità, di indagini ecotossicologiche sui sedimenti e dell'analisi della colonna d'acqua e del comparto biotico. In questa seconda fase erano inclusi l'approfondimento di particolari situazioni di contaminazione individuate dai risultati della prima fase e l'estensione delle indagini ad aree di potenziale inquinamento emerse dalle informazioni raccolte.

Tutte le attività di caratterizzazione previste dal piano ICRAM sul comparto sedimenti sono state eseguite dal C.I.B.M. (Centro Interuniversitario di Biologia Marina di Livorno), su mandato dell'Autorità Portuale di Livorno, in un'unica fase esecutiva.

Questi dati analitici sono stati inoltre integrati con quelli relativi ad altre aree marine già caratterizzate all'interno del sito dall'Autorità Portuale in occasione della progettazione di interventi di dragaggio, che comprendevano :

- Il canale di accesso del porto di Livorno
- La Darsena Pisa
- L'imboccatura Sud del Porto di Livorno

Le attività di campionamento ed analisi dei sedimenti svolte ai sensi del Piano di Caratterizzazione redatto dall'ICRAM, hanno riguardato il prelievo n. 194 carote, di lunghezza compresa tra 2 e 4 m, e n. 28 campioni superficiali, per numero totale di campioni da analizzare pari a 795. Dal Piano è stata esclusa l'area del Canale Industriale in quanto già soggetta ad intervento di "messa in sicurezza di emergenza".

Nella figura 3 è riportata l'ubicazione delle stazioni di campionamento.

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio				
		Data: novembre 2014				
	10	010	RR	017	-1	MAR

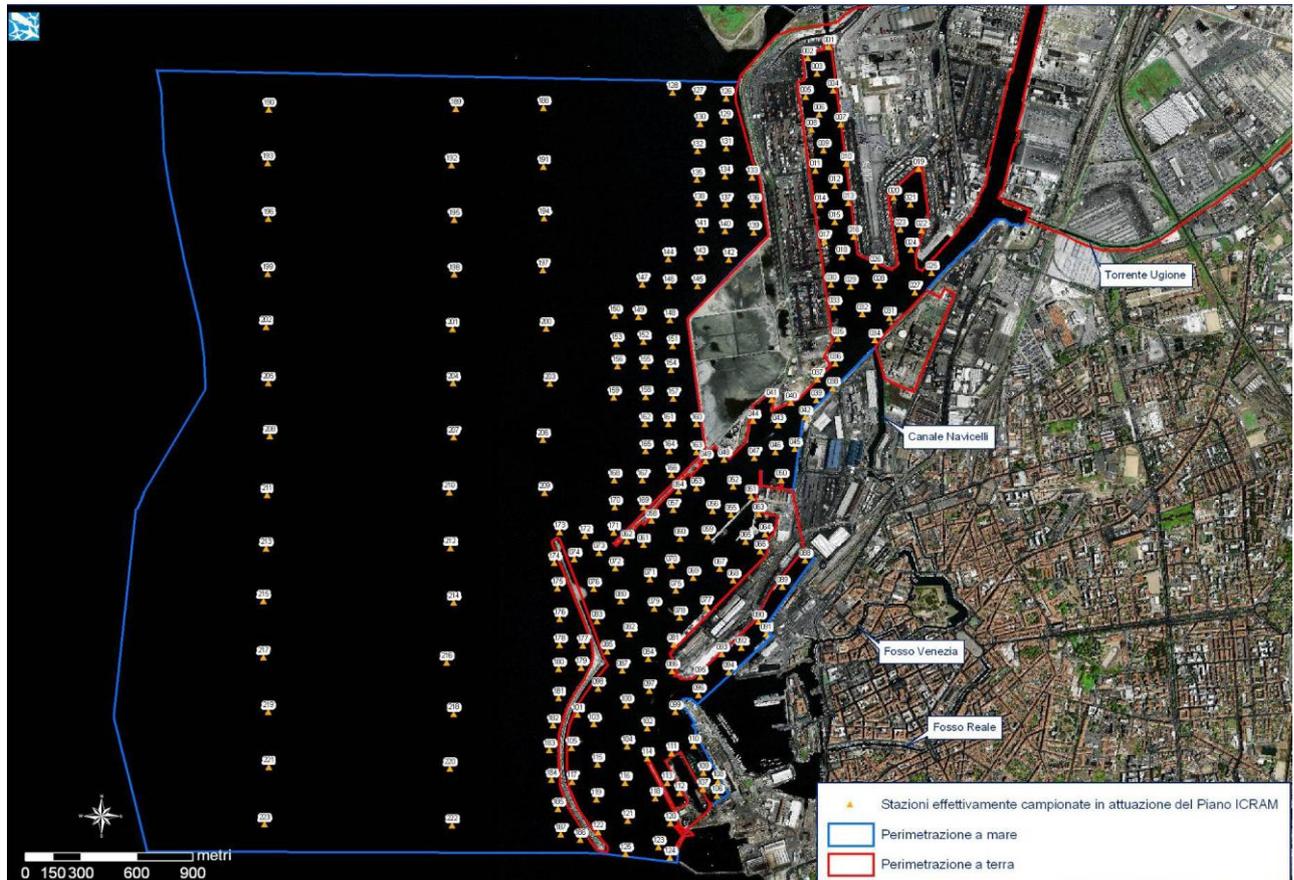


Figura 3: Ubicazione delle stazioni effettivamente campionate secondo il piano ICRAM

Sulla totalità dei campioni destinati alle analisi sono stati determinati i seguenti parametri:

- Granulometria, pH e potenziale redox, metalli ed elementi in tracce (Al, As, Cd, Cr tot., Fe, Hg, Ni, Pb, Cu, Zn, V), fosforo, TOC, IPA (su n 790 campioni), PCB (su n 793 campioni), azoto (su n 793 campioni), cianuri (su n 794 campioni), Idrocarburi C>12 (su n 793 campioni), Idrocarburi C≤12 (su n 793 campioni).

Per quanto concerne i parametri aggiuntivi sono stati determinati i seguenti composti:

- su n 47 campioni Composti organostannici;
- su n 50 campioni parametri microbiologici;
- su n 21 campioni Diossine e Furani;
- su n 21 campioni Amianto;
- su n 66 campioni Solventi aromatici (BTEX);
- su n 56 campioni Difenilettere.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

Infine su n. 21 campioni sono state eseguite indagini ecotossicologiche.

Nella figura 4 è riportata la localizzazione delle indagini eseguite dall'Autorità Portuale di Livorno nel settembre 2004 nella Nuova Darsena Petroli e nella Darsena Toscana Sponda Est, mentre nella figura 5 è riportata la localizzazione di quelle effettuate nel maggio 2005 nelle aree del Canale di accesso, della Darsena Pisa e dell'Imboccatura Sud del Porto.

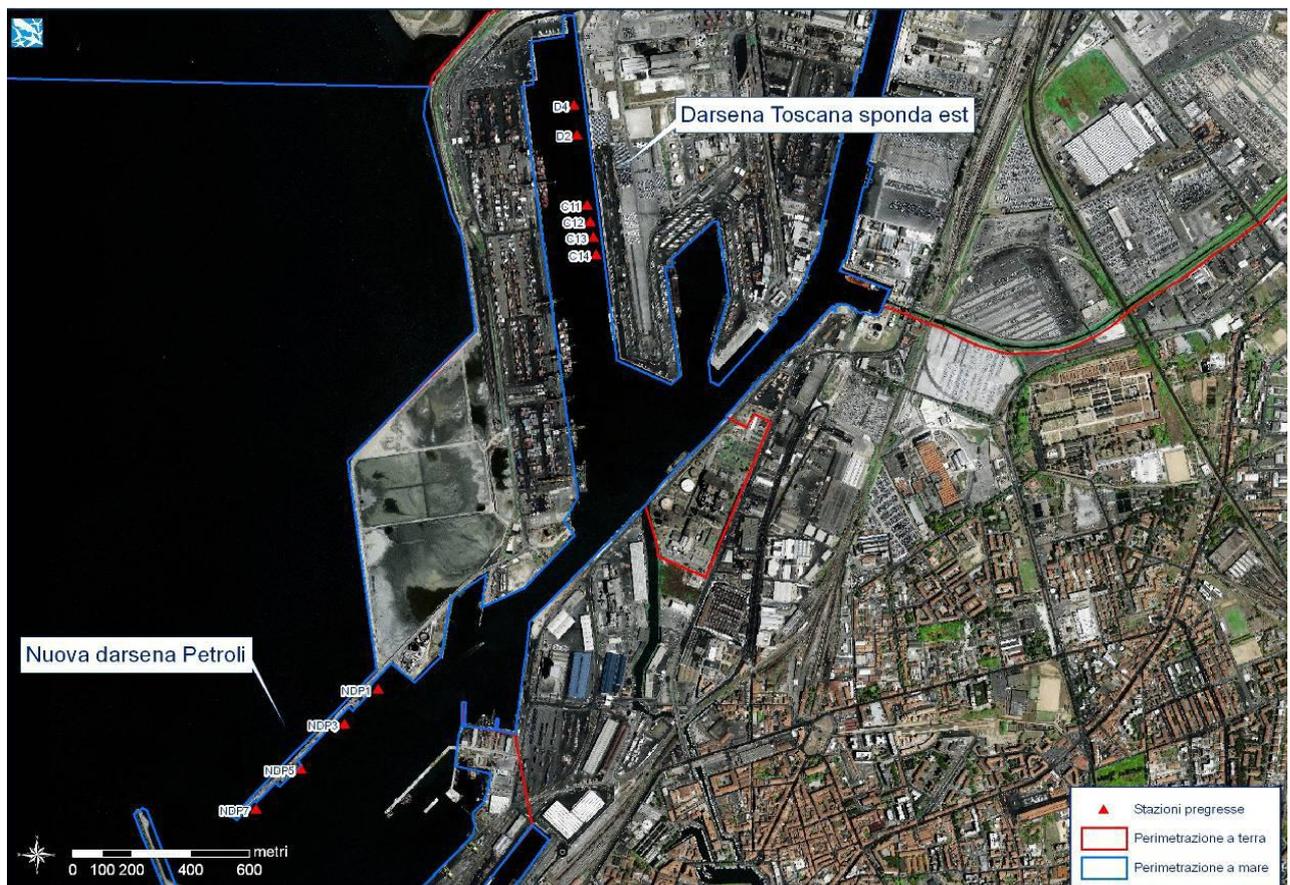


Figura 5: Ubicazione delle stazioni di campionamento Nuova Darsena Petroli e Darsena Toscana Sponda Est

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

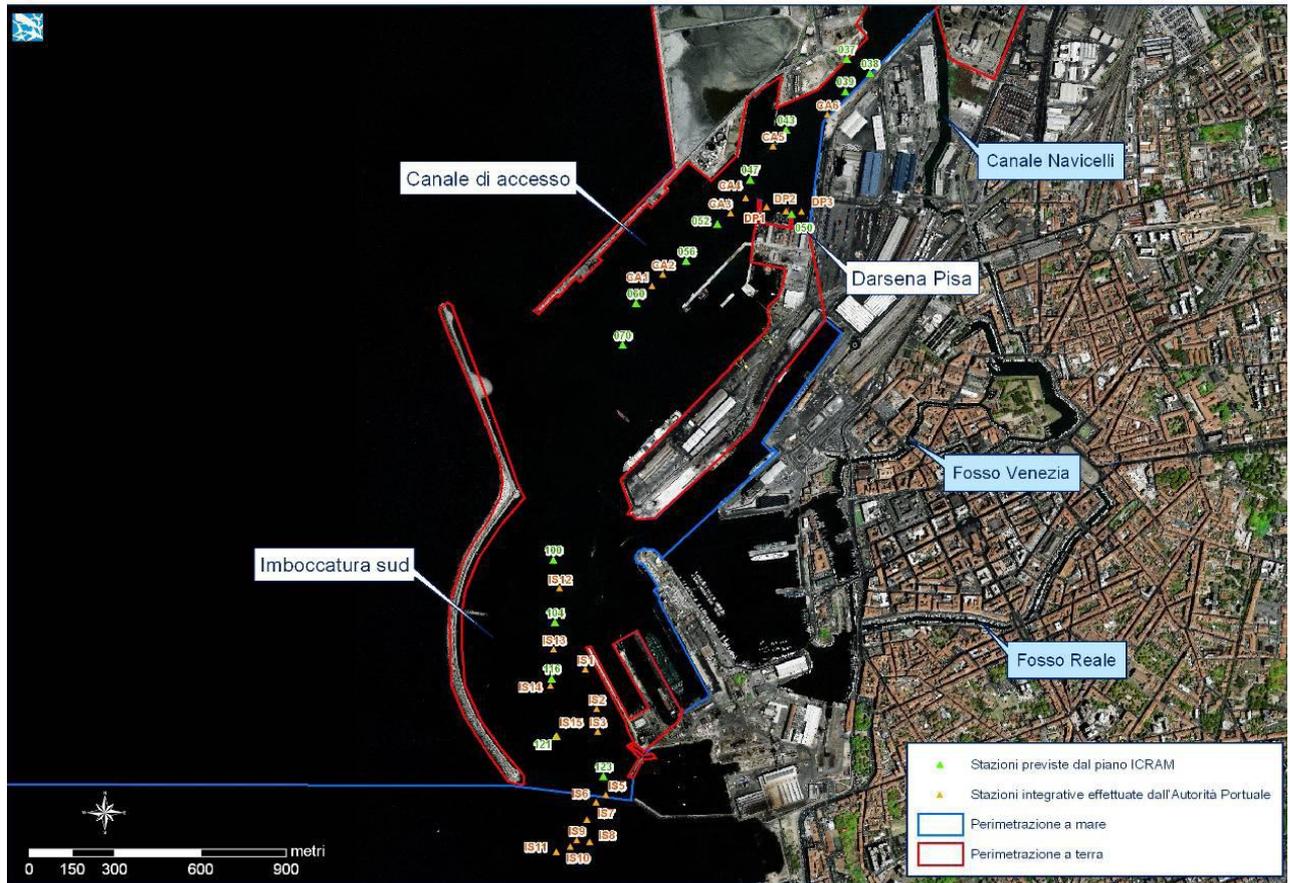


Figura 6: Ubicazione delle stazioni di campionamento Canale di accesso, Darsena Pisa e Imboccatura Sud del Porto

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

3 VALUTAZIONE DEI RISULTATI DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE

3.1 Valori di concentrazione di riferimento dell'area

Al fine di valutare il grado di contaminazione dei sedimenti caratterizzati e la relativa pericolosità per l'ambiente acquatico circostante, è stata elaborata da ICRAM una tabella con indicati i valori chimici di intervento (v. tabella 1).

Tabella 1 – Valori limite di intervento del S.I.N. di Livorno

PARAMETRI	VALORI DI INTERVENTO
Metalli	mg/kg s.s.
Arsenico	30
Cadmio	0,8
Cromo totale	175
Mercurio	0,5
Nichel	90
Piombo	95
Rame	85
Zinco	196
Organometalli	µg /kg s.s
Composti organostannici (Σ mono, di e tributilstagno)	70 (Sn)
Policiclici Aromatici	µg /kg s.s.
IPA totali	4000
Benzo(a)pirene	760
Antracene	245
Fluorantene	1500
Naftaline	390
Pesticidi	µg /kg s.s.
Al drin	5
Alfa esaclorocicloesano	1
Beta esaclorocicloesano	1
Gamma esaclorocicloesano lindano	1
DDT	5
DDD	5
DDE	5
Dieldrin	5
Diossine e Furani	µg /kg
Sommat. PCDD,PCDF e PCB diossina simili(T.E.)	30 X 10 ⁻³
PCB	µg /kg
PCB totali	190

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

Si ricorda che per valori chimici di intervento si intendono le concentrazioni nei sedimenti delle sostanze chimiche di cui in Tabella, il cui superamento può innescare una procedura di intervento, valutata caso per caso, in funzione della qualità e quantità dei sedimenti non conformi e dell'uso legittimo dell'area specifica.

3.2 Caratteristiche granulometriche dei sedimenti

Nelle figure seguenti sono riportate, per strati di sedimento con spessori consecutivi di 50 cm e fino alla profondità di 2 m, la distribuzione granulometrica dei sedimenti marini nelle aree indagate, in funzione dei contributi delle differenti classi granulometriche, quali ghiaia, sabbia e pelite, quest'ultima comprendente le classi granulometriche di silt e argilla.

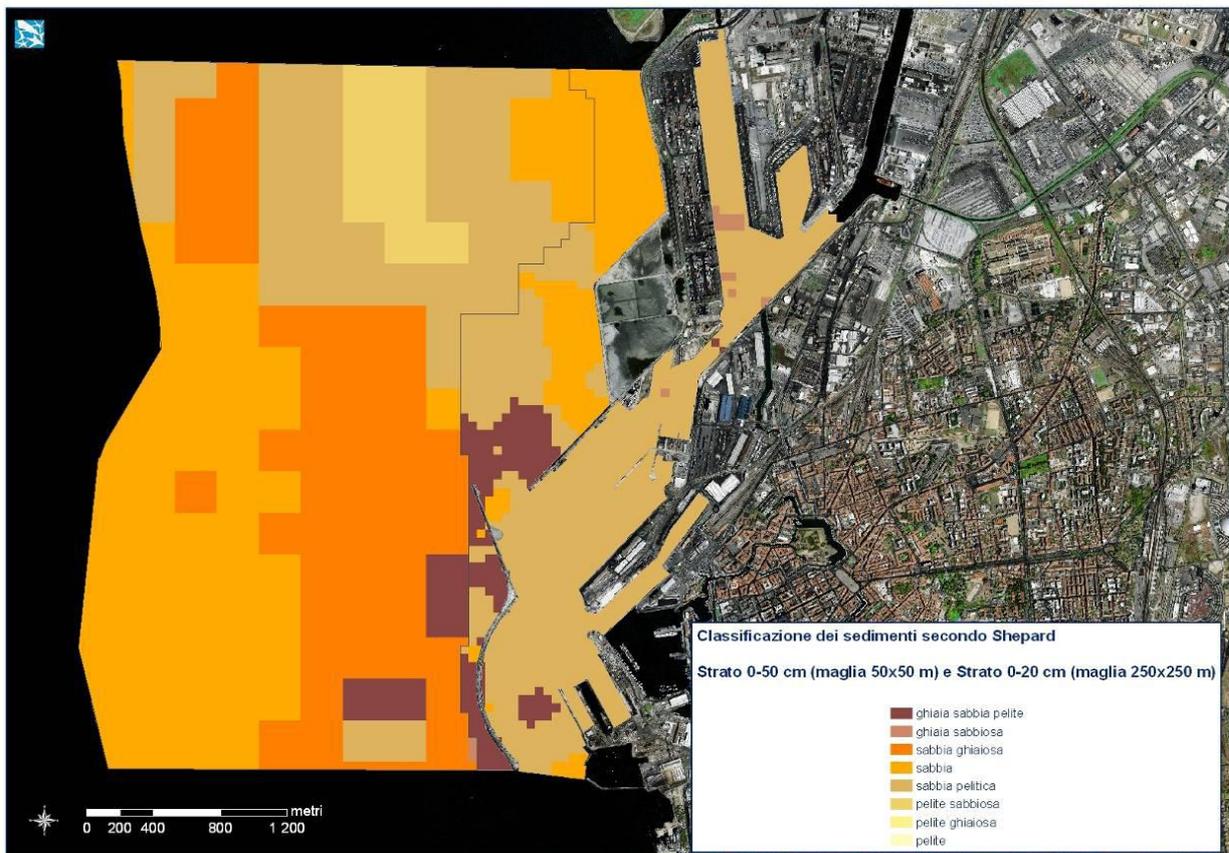


Figura 7: Strato 0-50 cm - Distribuzione granulometrica dei sedimenti marini

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

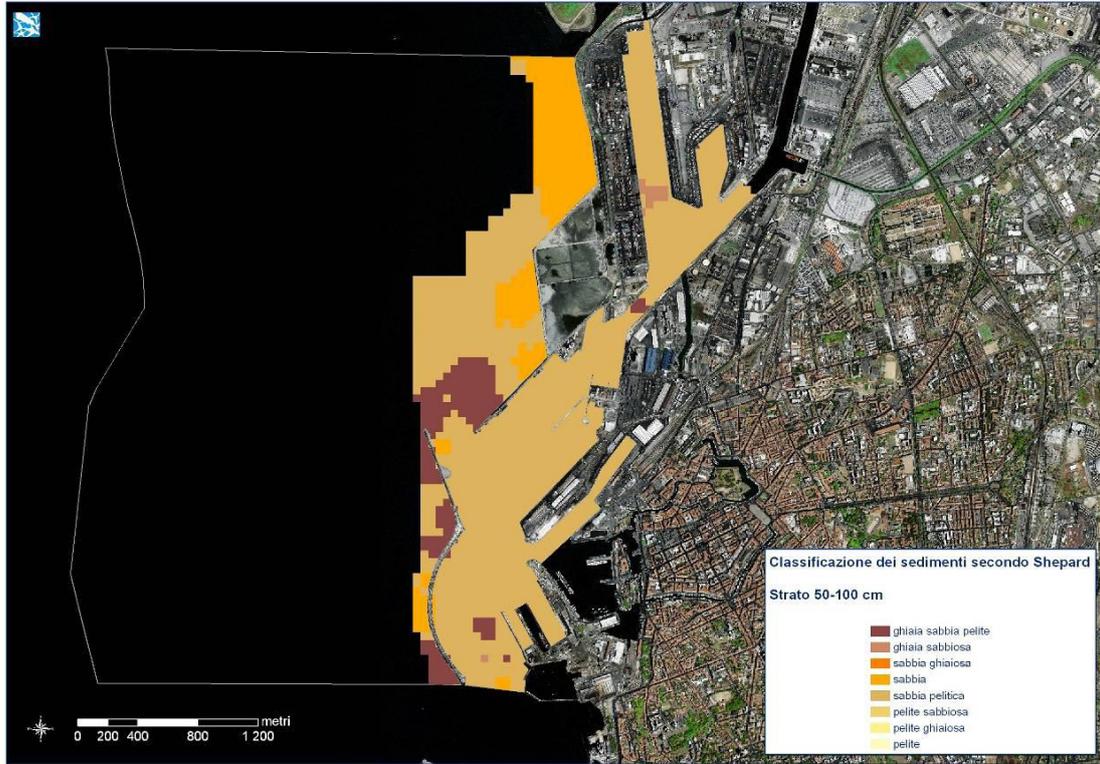


Figura 8: Strato 50-100 cm - Distribuzione granulometrica dei sedimenti marini

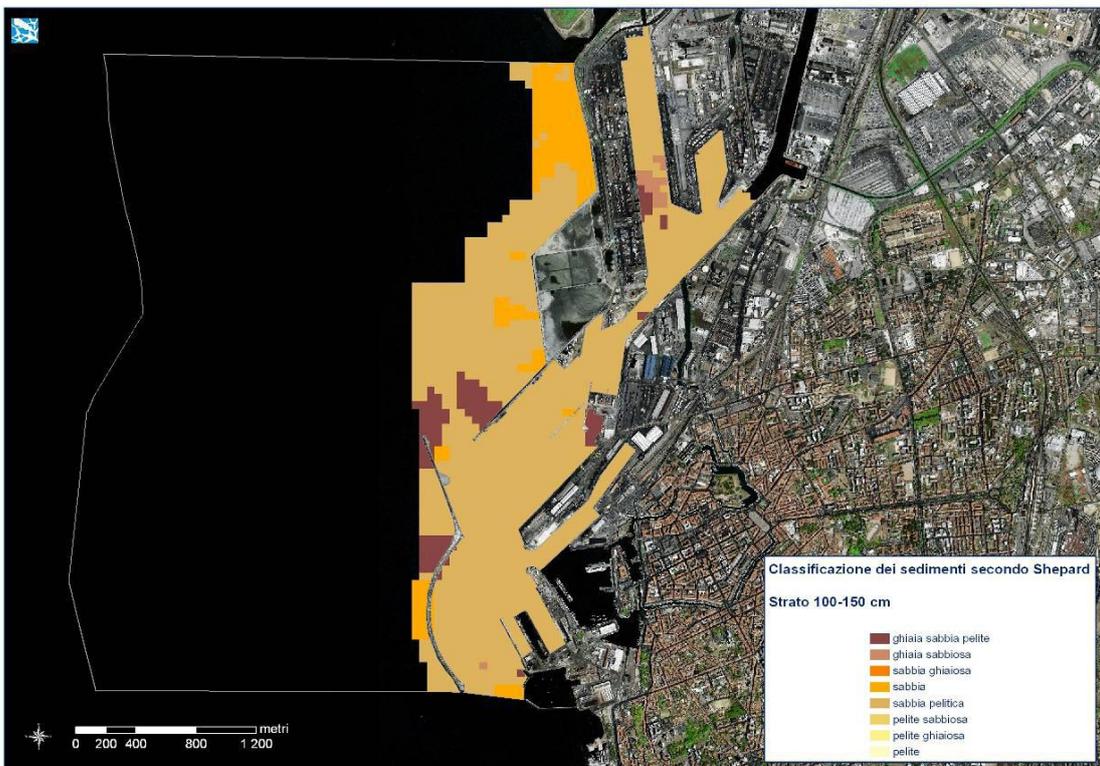


Figura 9: Strato 100-150 cm - Distribuzione granulometrica dei sedimenti marini

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

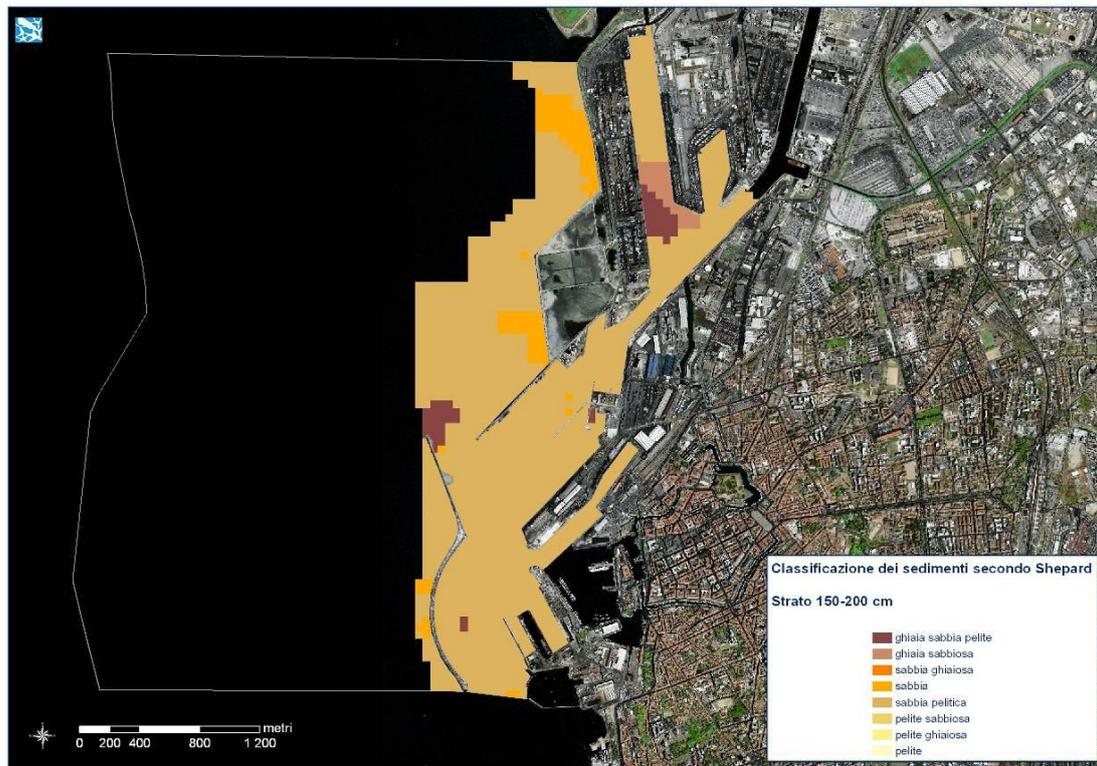


Figura 10: Strato 150-200 cm - Distribuzione granulometrica dei sedimenti marini

Dall'elaborazione dei risultati delle analisi granulometriche, la distribuzione tessiturale dei fondali all'interno dell'area portuale risulta abbastanza omogenea, con sedimenti di natura prevalentemente sabbioso pelitica su quasi tutto lo spessore indagato ed incrementi di una frazione più grossolana, limitatamente ad alcune aree (parte meridionale della Darsena Toscana e a ridosso della diga foranea).

All'esterno delle opere foranee (diga Curvilinea e diga della Meloria) risulta costituita da sedimenti prevalentemente sabbiosi, talora anche con una discreta componente più grossolana (sabbie ghiaiose).

Nel settore settentrionale, oltre il limite delle opere foranee esistenti, dove è prevista la realizzazione della porzione più esterna della Piattaforma Europa (bacino di evoluzione, darsena prodotti pericolosi e terminale Ro-Ro esterno) ed il canale di accesso, le indagini hanno riguardato solo lo strato superficiale di 20 cm di spessore. Peraltro, vista l'omogeneità riscontrata nell'area del porto, in questa fase è sicuramente accettabile estendere anche a quest'area i risultati delle indagini eseguite nella restante porzione di area marina.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

3.3 Stato di qualità complessivo dei sedimenti dell'area portuale del porto di Livorno

I dati analitici derivanti dall'esecuzione del piano di caratterizzazione dei sedimenti del sito di bonifica di interesse nazionale di Livorno ha permesso di definire lo stato di qualità dei fondali, in modo da individuare le aree maggiormente contaminate sulle quali è necessario procedere ad azioni di bonifica e di ripristino ambientale.

In generale, la contaminazione è localizzata in alcune aree interne al porto ed in altre esterne, in particolare a ridosso della Diga Foranea, tra la vasca di colmata e l'Imboccatura Nord.

In particolare, le aree interessate dalla contaminazione sono: l'area più interna della Darsena Ammiraglio Inghirami e parte del Bacino di evoluzione, le darsene Petroli, Pisa e Calafati, il Bacino Firenze, nell'Avamposto e in prossimità del Nuovo Bacino Galleggiante.

A ridosso delle Dighe Foranee, sia per il tratto che delimita la Nuova Darsena Petroli, che per quello denominato Diga della Meloria, sono presenti aree con concentrazioni rilevanti di metalli pesanti, composti organostannici e IPA, riscontrati in misura maggiore negli strati sotto il primo metro.

I settori interni al porto di Livorno, oggetto già in passato di interventi di dragaggio, presentano pochi superamenti dei valori di intervento per i parametri ricercati.

Il grado di contaminazione maggiore, sia come estensione dell'area interessata sia come livelli di concentrazione, è stato riscontrato negli strati compresi tra 1 e 2 m di profondità, mentre nello strato relativo ai primi 50 cm la contaminazione rilevata è minore rispetto agli strati sottostanti. La contaminazione riscontrata è dovuta principalmente a metalli pesanti (quali Cd, Hg, Pb e Zn) e a composti organostannici, e secondariamente ad idrocarburi policiclici aromatici. Tali evidenze sono confermate anche dai risultati delle analisi ecotossicologiche.

Al di sotto dei due metri di profondità, la contaminazione è presente in modo puntiforme e relativa principalmente a Cd e As.

In conclusione la caratterizzazione ha permesso di individuare un gradiente delle concentrazioni dei contaminanti che tende a crescere con la profondità e che presenta i valori massimi nelle zone poste a ridosso delle Dighe Foranee (diga del Marzocco e diga della Meloria), sia in adiacenza alla Nuova Darsena Petroli, che lungo la diga della Meloria, nella zona quindi dove è prevista la realizzazione del terrapieno Sud della darsena interna della Piattaforma Europa

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
	Data: novembre 2014						
	10	010	RR	017	-1	MAR	

(terminal container), mentre nelle altre aree interessate dalla realizzazione della Piattaforma Europa e lungo il tracciato del nuova canale di accesso non è stata rilevata alcuna tossicità.

3.4 Calcolo dei volumi di sedimento contaminato

Le stime dei volumi di sedimento da bonificare sono state elaborate fino alla profondità indagata (primi 2 metri) e alla quale il numero di indagini effettuate è ritenuto significativo ai fini del calcolo dei volumi

Nella tabella 2, estratta dal progetto preliminare di bonifica richiamato in precedenza, sono riportati, per ciascuno strato consecutivo di sedimento con spessore pari a 50 cm, e fino alla profondità di 3 m, i volumi complessivi di sedimento da bonificare, con concentrazioni di inquinanti, almeno per un elemento, superiori a quella della tabella di riferimento (v. tabella 1), calcolati nelle aree definite “Area Portuale” e “Bacino di Evoluzione”.

Tabella 2: Volumi complessivi di sedimento da bonificare fino alla profondità di 2 m dal fondale

STRATO	VOLUME TOTALE DA BONIFICARE [m3]
0-50 cm	652.538
50-100 cm	574.581
100-150 cm	518.374
150-200 cm	529.412
TOTALE fino a 2 m	2.274.904

Ai fini della gestione del sedimento contaminato, inoltre, per ciascun strato, sono indicati in tabella 3, anch’essa estratta dal suddetto progetto preliminare di bonifica, i volumi di sedimento con concentrazioni superiori al 90% del valore limite della colonna B della Tabella 1 del D.M. 471/99, volumi già inclusi in quelli riportati in tabella 2.

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
	10	010	RR	017	-1	MAR	

Tabella 4: Volumi di sedimento fino alla profondità di 3 m dal fondale con concentrazioni superiori al 90% della colonna B tab.1 All.1 D.M. 471/99

STRATO	VOLUME CON CONCENTRAZIONI SUPERIORI AL 90% COL. B TAB. 1 ALL.1 D.M.471 [m3]
0-50 cm	22.111
50-100 cm	33.511
100-150 cm	72.368
150-200 cm	89.365
TOTALE fino a 3 m	217.354

Nelle figure di seguito riportate vengono indicati, per strati consecutivi di 50 cm di sedimento, e fino alla profondità di 2 m:

- in VERDE, i sedimenti in cui non si hanno superamenti dei valori di intervento e per i quali pertanto non è necessario avviare interventi di bonifica;
- in GIALLO, i sedimenti per cui si hanno superamenti dei valori di intervento ma nessun superamento della concentrazione di “rischio ecotossicologico certo”, e per i quali è necessario avviare interventi di bonifica;
- in ARANCIONE, i sedimenti in cui si hanno superamenti delle concentrazioni di “rischio ecotossicologico certo” ma nessun superamento del 90% dei valori di concentrazione limite indicati nella colonna B della tabella 1 dell’allegato 1 del D.M. 471/99, e per i quali è pertanto necessario avviare prioritariamente interventi di bonifica;
- in ROSSO, ai fini della gestione, i sedimenti in cui almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori al 90% dei valori di concentrazione limite indicati nella colonna B della tabella 1 dell’allegato 1 del D.M. 471/99, e per i quali le concentrazioni riscontrate sono tali da richiedere l’avvio immediato di interventi di bonifica.

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

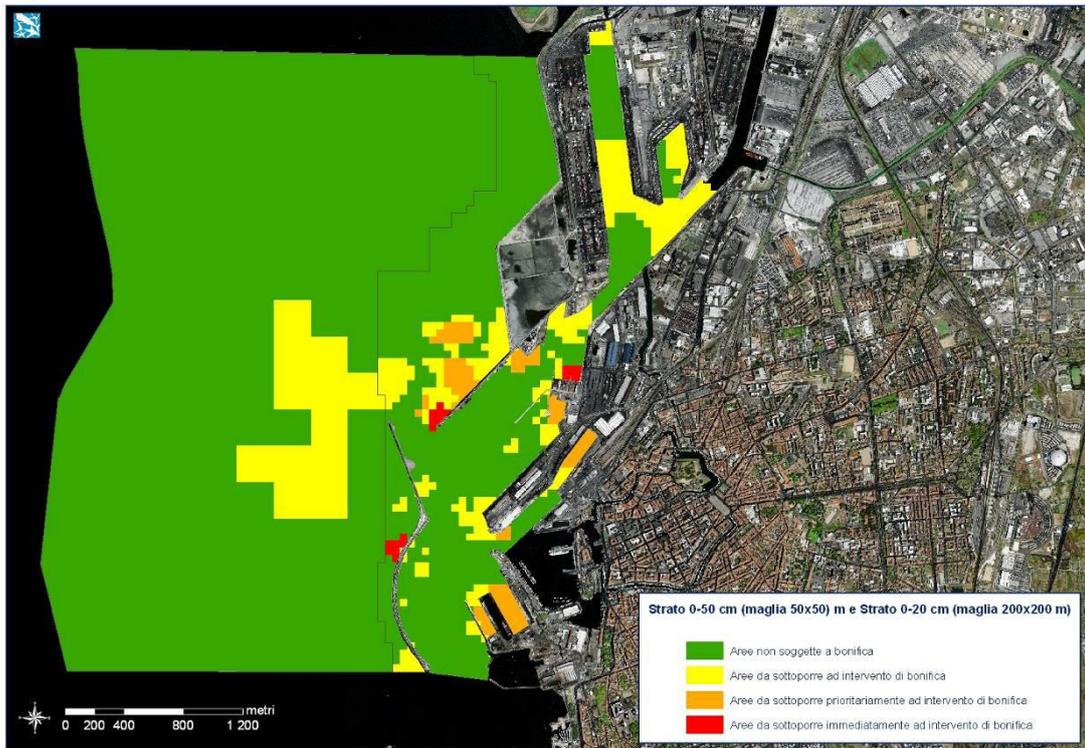


Figura 11: Strato di sedimento 0-50 cm – Aree da bonificare

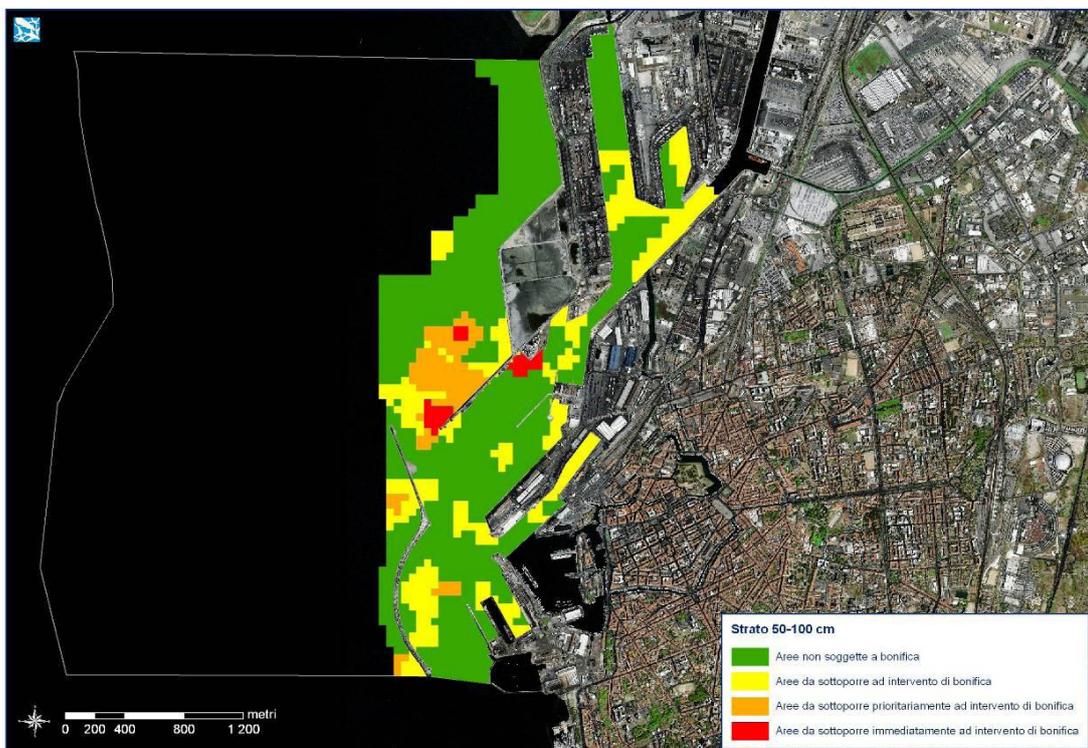


Figura 12: Strato di sedimento 50-100 cm – Aree da bonificare

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

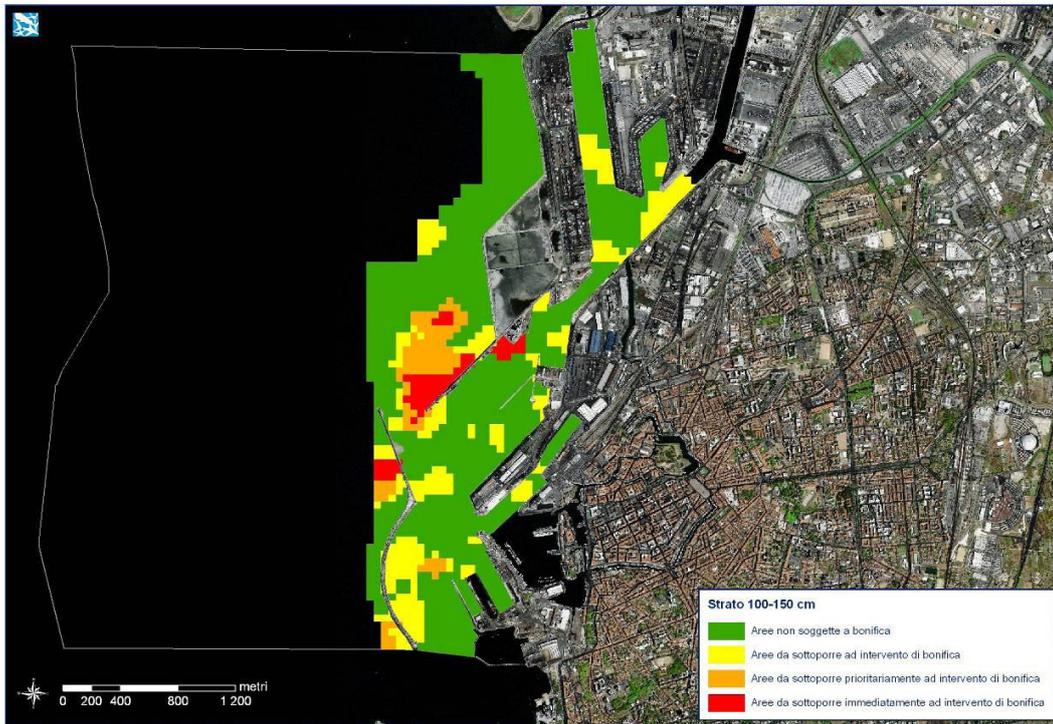


Figura 13: Strato di sedimento 100-150 cm – Aree da bonificare

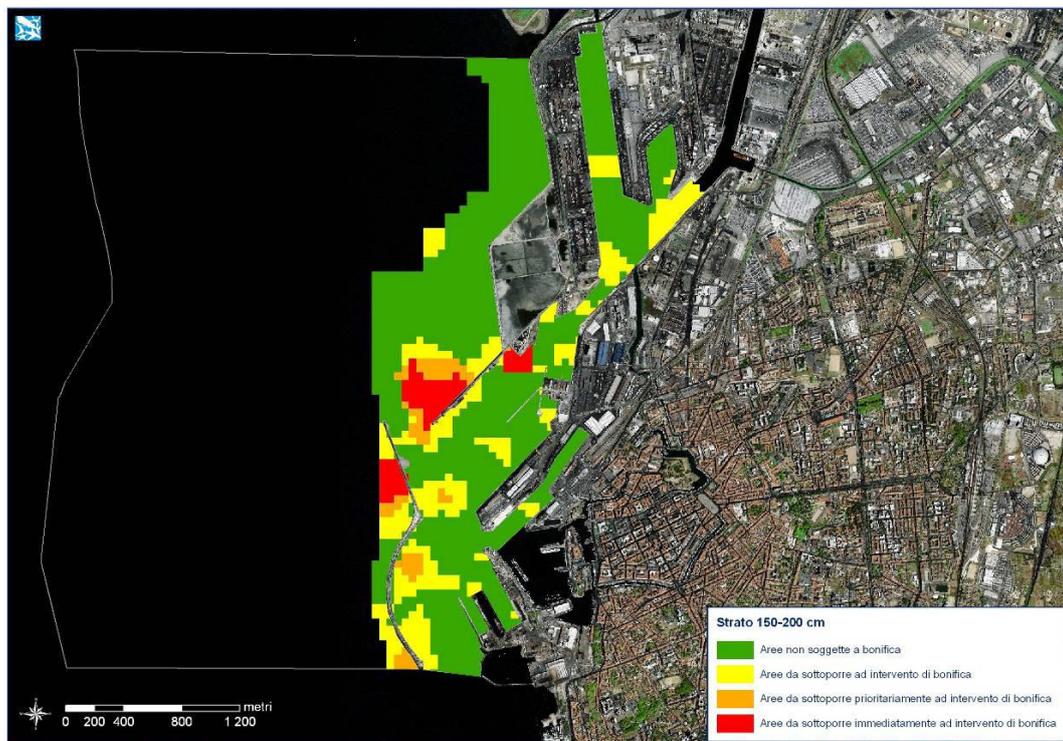


Figura 14: Strato di sedimento 150-200 cm – Aree da bonificare

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

Nella tabella 5 sono riportati, per ciascuno strato consecutivo di sedimento con spessore pari a 50 cm, e fino alla profondità di 2 m, i volumi complessivi dei sedimenti individuati nelle figure da 11 a 14 in giallo, arancione, rosso.

Tabella 5: Volumi di sedimenti gialli, arancioni e rossi fino alla profondità di 2 m dal fondale

STRATO	VOLUME DI SEDIMENTO "GIALLO" [m³]	VOLUME DI SEDIMENTO "ARANCIONE" [m³]	VOLUME DI SEDIMENTO "ROSSO" [m³]
0-50 cm	517.040	113.387	22.111
50-100 cm	412.687	128.383	33.511
100-150 cm	324.676	121.331	72.368
150-200 cm	363.919	76.128	89.365
TOTALE fino a 2 m	1.618.321	439.229	217.354

3.5 Gestione dei sedimenti contaminati

Per quanto riguarda la gestione dei sedimenti contaminati, le cui concentrazioni sono così elevate da comportare un sicuro rischio per l'ambiente acquatico, allo stato attuale delle conoscenze la bonifica consiste principalmente in attività di rimozione.

Per contaminazioni meno gravi possono invece essere ipotizzati eventuali trattamenti in situ.

Nel dettaglio, per i sedimenti indicati in "ROSSO", una volta rimossi, possono essere individuati i seguenti scenari:

- conferimento in discarica;
- trattamento (ex situ) per successivo conferimento in vasche di colmata o in strutture di confinamento realizzate in ambiente costiero.

Per i sedimenti indicati in "ARANCIONE", una volta rimossi, possono essere individuati i seguenti scenari:

- conferimento in vasche di colmata o in strutture di confinamento realizzate in ambiente costiero;
- trattamento (ex situ) ai fini del riutilizzo nel campo delle opere civili nel rispetto

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

- della normativa vigente.

Infine, per i sedimenti indicati in “GIALLO” possono essere individuati i seguenti scenari:

- trattamento in situ;
- rimozione e conferimento in vasche di colmata o in strutture di confinamento realizzate in ambiente costiero;
- rimozione e trattamento (ex situ) ai fini del riutilizzo nel campo delle opere civili nel rispetto della normativa vigente.

Peraltro, considerato che le indagini geotecniche eseguite all’interno delle aree del porto, sia le attuali che quelle del futuro sviluppo a nord, hanno evidenziato la presenza di strati di argille, nelle future attività di progettazione, per i sedimenti indicati in giallo e arancione collocati all’interno delle aree dove è prevista la realizzazione di nuove opere portuali (terrapieni, banchine etc.), potrebbe essere approfondita la fattibilità di un intervento di confinamento in situ (Messa In Sicurezza Definitiva).

3.6 Valutazione dei costi di bonifica

La caratterizzazione eseguita ha evidenziato che le maggiori concentrazioni di contaminanti si verifica negli strati compresi tra 1 e 2 m di profondità, mentre nello strato relativo ai primi 50 cm la contaminazione è minore.

La contaminazione riscontrata è dovuta principalmente a metalli pesanti quali Cd, Hg, Pb e Zn e a composti organostannici, e secondariamente ad idrocarburi policiclici aromatici. Tali evidenze sono confermate anche dai risultati delle analisi ecotossicologiche.

Complessivamente la contaminazione è localizzata nell’area più interna della Darsena Ammiraglio Inghirami e in una parte del Bacino di evoluzione, nelle darsene Petroli, Pisa e Calafati, nel Bacino Firenze, nell’Avamporto e in prossimità del Nuovo Bacino Galleggiante.

A ridosso delle Dighe Foranee, sia per il tratto che delimita la Nuova Darsena Petroli, che per quello denominato Diga della Meloria, sono presenti aree caratterizzate da concentrazioni

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

rilevanti di metalli pesanti, composti organostannici e IPA, determinati in misura maggiore negli strati sotto il primo metro.

In alcune aree come la Darsena Pisa (relativamente ai primi 50 cm), la Darsena dei Petroli, l'Imboccatura Nord e l'esterno della Diga Foranea (Diga Curvilinea e Diga della Meloria), per tutto lo spessore di 2 metri caratterizzato, la situazione è particolarmente delicata in quanto sono presenti concentrazioni superiori non solo ai valori di intervento ma anche del 90% del valore limite riportato dalla colonna B della tabella 1 dell'allegato 1 del DM 471/99.

In teoria un intervento di bonifica dovrebbe prevedere bonifica di tutti i sedimenti con concentrazioni superiori al valore di intervento, che dalla stima del progetto preliminare di bonifica ammontano a circa 3 milioni di m³.

Considerati gli elevati costi di un intervento di questo tipo, nel progetto preliminare di bonifica è stato eseguito uno studio specifico di gestione dei sedimenti contaminati stabilendo priorità di intervento, in funzione sia del livello di contaminazione che della destinazione d'uso delle diverse aree interne alla rada, con l'obiettivo minimizzare le volumetrie di sedimento da destinare a discarica, attraverso l'ottimizzazione di tutte le fasi della bonifica (rimozione, trasporto, gestione) e di adottare tecniche di trattamento volte alla decontaminazione dei sedimenti ai fini del conferimento in strutture confinate in ambiente marino o ai fini del riutilizzo nell'ambito delle opere civili, nel rispetto della normativa vigente.

Sono state quindi individuate classi di qualità dei sedimenti in funzione della relativa pericolosità per l'ambiente acquatico:

- Sedimenti per i quali è necessario avviare interventi di bonifica (sedimenti GIALLI);
- Sedimenti per i quali è necessario avviare prioritariamente interventi di bonifica (sedimenti ARANCIONI);
- Sedimenti per i quali è necessario avviare immediatamente interventi di bonifica (sedimenti ROSSI);

e, alla luce delle diverse tipologie di sedimenti contaminati e delle differenti priorità di intervento, sono state formulate differenti ipotesi di intervento di bonifica, ciascuna contenente diversi scenari di gestione possibili per le diverse tipologie di sedimento.

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

Nella tabella di seguito riportate sono indicate le ipotesi di costo minima e massima individuate nel progetto preliminare di bonifica in funzione delle combinazioni degli scenari prospettati.

Tabella 6: Schema riassuntivo dei costi per delle diverse ipotesi di intervento

CONFRONTO DELLE IPOTESI DI INTERVENTO	IPOTESI DI COSTO	
	MINIMA	MASSIMA
IPOTESI DI INTERVENTO n. 1	62.285.230,00	84.560.270,00
IPOTESI DI INTERVENTO n. 2	83.038.400,00	129.505.020,00
IPOTESI DI INTERVENTO n. 3	158.477.090,00	244.238.380,00

L'ipotesi di intervento n. 1, che prevede la rimozione dei soli sedimenti con valori delle concentrazioni d inquinanti superiori del 90% del valore limite riportato dalla colonna B della tabella 1 dell'allegato 1 del DM 471/99, comporta un sicuro miglioramento dell'ambiente acquatico, allontanando quei sedimenti le cui concentrazioni sono talmente elevate da costituire un costante pericolo per l'ambiente acquatico. Il miglioramento ottenuto mediante l'attuazione di tali ipotesi di intervento è però limitato sia in relazione alle superfici coinvolte che alla qualità dei sedimenti non rimossi, ancora critica e pericolosa (sedimento ARANCIONE e GIALLO).

L'ipotesi di intervento n. 2, che prevede di rimuovere i sedimenti delle aree ROSSE e ARANCIONI per tutto lo spessore indagato, attuando prioritariamente la rimozione dei sedimenti ROSSI, realizza la sostanziale bonifica dell'area marina di Livorno, rimuovendo la maggior parte dei sedimenti le cui concentrazioni costituiscono un serio pericolo per l'ambiente acquatico. Tale ipotesi intermedia permette quindi di coniugare le esigenze di tipo ambientale con quelle di tipo socioeconomico, e rappresenta un ragionevole compromesso in termini di costi-benefici.

L'ipotesi di intervento n. 3 realizza la completa bonifica dell'area marina di Livorno.

Occorre evidenziare che i costi di bonifica indicati nella tabella 6 sono da considerarsi cautelativi. Infatti per quanto riguarda la gestione dei sedimenti sui quali sono state rilevate concentrazioni superiori del 90% del valore limite riportato dalla colonna B della tabella 1 dell'allegato 1 del DM 471/99 nel progetto preliminare di bonifica è stato previsto il

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

conferimento in discarica o il trattamento ex situ per il successivo conferimento in vasche di colmata. In progetti di bonifica di sedimenti marini inquinati posti all'interno di aree S.I.N., il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare ha autorizzato il conferimento diretto in vasche di colmata realizzate in ambiente marino con concentrazioni di inquinanti fino al limite dei sedimenti pericolosi (v. Porto di Piombino).

Pertanto, qualora il Ministero dell'Ambiente confermi in futuro questo orientamento, il volume di sedimenti che dovranno essere conferiti in discarica, a cui corrispondono gli oneri di bonifica più elevati, si ridurrebbe sensibilmente e conseguentemente si ridurrebbero i costi di bonifica.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

4 DEFINIZIONE DEL VOLUME DI SEDIMENTI DA DRAGARE

Nel periodo compreso tra il 27 settembre ed il 30 ottobre 2011 è stata eseguita una campagna di rilievi batimetrici all'interno del porto di Livorno e nell'area antistante dove è appunto prevista la realizzazione della Piattaforma Europa.

Nella figura 1 è indicata l'area sottoposta a rilievo che ha una superficie complessiva di circa 15.000.000 m², nelle figure 15 e 16 è riportato il reticolo di acquisizione dati nella zona investigata e le rotte tracciate dall'imbarcazione che ha eseguito il rilievo, mentre nella figura 17 è riportato il modello 3D ottenuto a conclusione del rilievo effettuato.



Figura 15 – Area rilevata

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

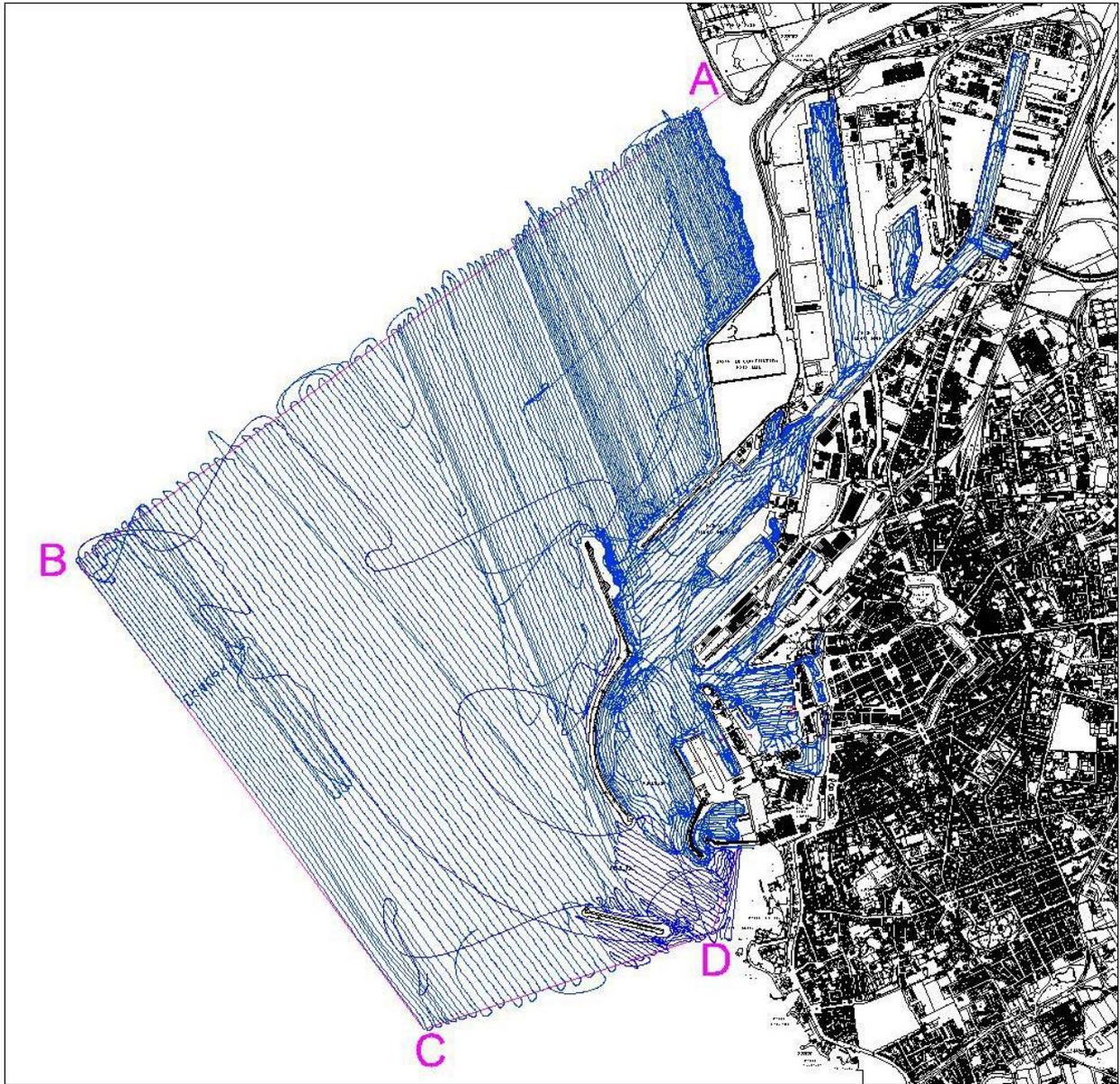


Figura 16 – Carta delle rotte

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

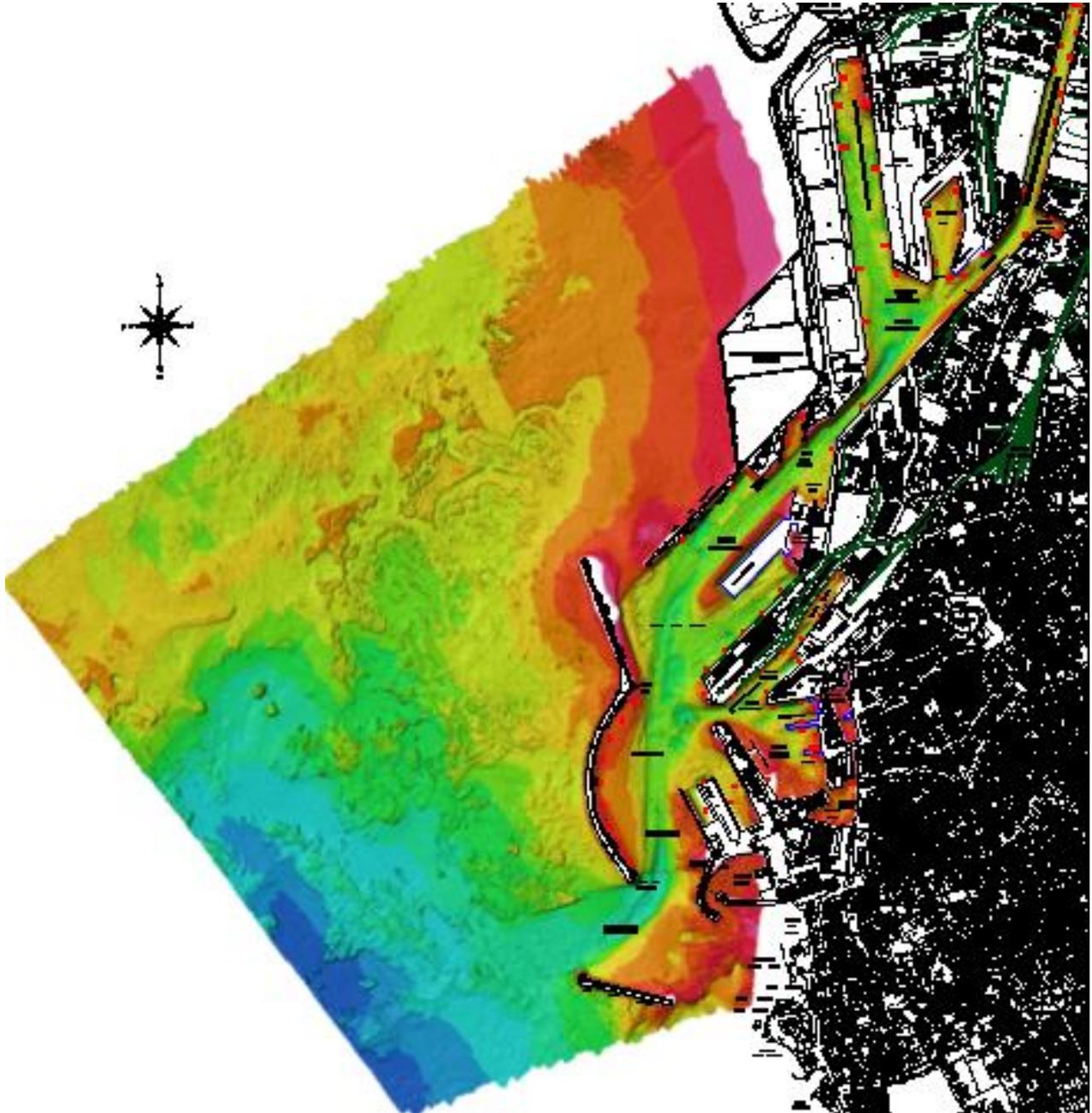


Figura 17 – Visione di insieme del rilievo

Considerato che la gestione dei sedimenti da dragare ed il bilancio tra i volumi di scavo e di riporto, a causa degli attuali vincoli sul loro riutilizzo, può rappresentare un punto di criticità nei riguardi della fattibilità delle previsioni di P.R.P., disponendo di un rilievo dettagliato ed aggiornato delle quote dei fondali di tutte le aree interessate dalla realizzazione delle nuove

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

opere previste nel nuovo P.R.P., in questa sede si è proceduto alla redazione del computo metrico dei dragaggi programmati.

In particolare per ciascuna delle aree da sottoporre a dragaggio sono stati tracciati i contorni delle isolinee e si è proceduto al calcolo dei volumi di sedimenti da dragare con il metodo delle sezioni (orizzontali) ragguagliate.

Nell'allegato 1 oltre al rilievo batimetrico sovrapposto alle opere ed ai dragaggi previsti nel nuovo P.R.P., ed al computo dei dragaggi da eseguire, sono riportati per ciascuna area di intervento omogenea i tracciati delle isolinee tracciate e l'estensione delle superfici delimitate. Nel calcolo dei volumi da dragare è stato considerato un extrascavo di 30 cm esteso sull'intera superficie da dragare, mentre per la definizione dei volumi relativi alle scarpate di raccordo con i fondali naturali si è ipotizzata una pendenza delle scarpate pari a 4/1.

Nella tabella di seguito riportata sono indicati i volumi di scavo relativi alla configurazione di Piano che prevede il dragaggio a quota -17 m s.m.m. per il canale di accesso, a quota -16 m s.m.m. per la zona avamposto ed evoluzione e per la darsena lato terminal contenitori, a quota -15 m s.m.m. per la darsena prodotti pericolosi e a quota -13 m s.m.m. per gli specchi acquei prospicienti gli attracchi per navi ro-ro e la banchina sud del terminal contenitori destinata alle navi di minori dimensioni (feeder), a quota -12 per l'area di evoluzione prevista nell'avamposto a tergo della diga Curvilinea introdotta sulla base dei risultati delle prove di navigabilità del nuovo terminal crociere, e -3.50 m s.m. per la darsena fluviale.

Per quanto riguarda l'area di evoluzione prevista in corrispondenza dell'accesso alla Piattaforma Europa dal Bacino S. Stefano nel calcolo dei volumi da dragare si è tenuto conto che l'approfondimento a quota -13.00 m s.m. dei fondali prospicienti il molo Italia è già stato programmati dall'A.P. ed inoltre che i suddetti volumi rientrano tra quelli per i quali è previsto il collocamento all'interno della seconda vasca di colmata e quindi, come specificato nelle premesse, i suddetti volumi non vengono considerati nel presente bilancio. Inoltre considerato che la quota minima dei fondali delle aree dell'attuale porto commerciale di Livorno è pari a -13.00 m s.m. e che nel nuovo P.R.P. non ne è previsto l'approfondimento, si è deciso di limitare a quota -13.00 m s.m. il dragaggio dell'area di evoluzione in oggetto.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

Tabella 1 – Quantificazione dei materiali di scavo

DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	TOTALE (m ³)
Approfondimento a quota -17.00 m s.m. dei fondali del canale di accesso	1.456.105,00
Approfondimento a quota -16.00 m s.m. dei fondali dell'avamposto interno (bacino di evoluzione)	5.445.395,00
Approfondimento a quota -13.00 m s.m. dei fondali del bacino di evoluzione all'ingresso dal bacino S. Stefano	490.005,00
Approfondimento a quota -15.00 m s.m. dei fondali della darsena prodotti pericolosi	2.018.165,00
Approfondimento a quota -15.00 m s.m. dei fondali dell'area di evoluzione avamposto esterno sud	387.834,00
Approfondimento a quota -16.00 m s.m. dei fondali della Darsena Europa (lato terminal contenitori)	2.879.275,00
Approfondimento a quota -13.00 m s.m. dei fondali della Darsena (lato terminal ro-ro) compreso bacino pontili ro-ro	1.999.648,00
Approfondimento a quota -12.00 m s.m. dei fondali dell'area di evoluzione posta a tergo della diga Curvilinea a fianco del canale di navigazione interno dragato a quota -13.00 m s.m.	370.345,00
Approfondimento darsena fluviale a quota -3.50 m s.m.	42.750,00
Volume totale dragaggi	15.089.522,00
Volume totale arrotondato dragaggi	15.100.000,00

Oltre al suddetto volume deve essere considerato anche il volume dei materiali provenienti dal salpamento/demolizione della diga della Vegliaia che, come risulta nel computo riportato in allegato, ammonta a 209.700,00 m³.

Pertanto per i materiali provenienti dalle suddette operazioni di salpamento/demolizione della diga della Vegliaia è sicuramente possibile ipotizzare il riutilizzo per la realizzazione della nuova diga omonima, e quindi il suddetto volume non deve essere considerato nel presente bilancio.

Pertanto dal computo metrico svolto risulta che, rispetto al quantitativo indicato nella precedente stima del P.R.P., il volume di materiale da dragare si riduce di circa 3 milioni di metri cubi passando appunto da 17.7 milioni di m³ a circa 14.75 milioni di m³ a cui poi sono stati aggiunti i volumi di sedimenti da dragare nell'avamposto a tergo della diga curvilinea necessari

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

per migliorare le condizioni di agibilità al nuovo terminal crociere raggiungendo il volume complessivo di 15.1 milioni di m³ ottenuto con il computo metrico.

Le maggiori differenze si registrano per il volume relativo all'area di evoluzione dell'avamposto interno della Piattaforma Europa per il quale il computo metrico estimativo eseguito in questa sede ha fornito un valore circa 2 milioni di m³ inferiore di quello determinato nella stima riportata negli elaborati di P.R.P.

Un'altra differenza sostanziale (circa 600.000 m³) si verifica per il volume relativo al dragaggio dell'area di evoluzione prevista in corrispondenza dell'entrata dal bacino S. Stefano nella Piattaforma Europa. In questo caso però la differenza in parte è dovuta al fatto che il dragaggio di una parte dell'area (v. molo Italia) è stata già programmata dall'A.P. e quindi esce dal bilancio dei materiali del P.R.P., ed in parte alla riduzione della profondità di progetto che da 15 m è stata portata a 13 m.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

5 BILANCIO DEI VOLUMI SI SCAVO/RIPORTO

Come evidenziato negli elaborati di Piano l'espansione del porto di Livorno (Piattaforma Europa) si svilupperà nella zona a nord del porto attuale e sarà dotato di ampi piazzali a servizio delle banchine di attracco che verranno totalmente conquistati al mare.

Ipotizzando una quota dei terrapieni pari a +4.00 m s.m. per le aree del terminal contenitori (molo Sud) e +3.00 m s.m. per le aree del terminal autostrade del mare (molo Nord), e considerando che i riempimenti/rilevati eseguiti con i materiali di risulta dei dragaggi si interrompano a quota +3.00 m s.m. (quota di imposta della fondazione del pacchetto di pavimentazione) per i piazzali del terminal contenitori ed a quota +2.00 m s.m. per quelli del terminal autostrade del mare, trascurando i quantitativi necessari per realizzare il terrapieno del molo Petroli, i volumi di sedimenti dragati che possono essere riutilizzati per la realizzazione dei piazzali Nord e Sud della darsena della Piattaforma Europa è pari a circa 11.6 milioni di metri cubi, di cui 6.5 milioni di metri cubi per la realizzazione del terrapieno nord e 5 milioni per la realizzazione del terrapieno sud.

Tale valore è al netto del volume occupato dalle strutture di banchina e del volume necessario per compensare i cedimenti che subirà il piano di fondazione dei rilevati e di quelli che subirà il rilevato stesso nel corso dell'evoluzione dei processi di consolidazione.

Nelle aree di interesse insistono inoltre le due vasche di contenimento impermeabili delle quali la prima è completamente riempita e quindi non presenta capacità residua, mentre la seconda, in fase di costruzione, che ha una capacità volumetrica di circa 1.7 milioni di m³, dovrà essere utilizzata per il conferimento dei dragaggi già programmati dall'A.P. (Molo Italia, Sponda Est Darsena Toscana ed Area evoluzione imboccatura sud) che ammontano complessivamente a circa 1.5 milioni di m³ e che non sono stati considerati nel computo dei volumi di sedimenti da dragare per realizzare le configurazioni dei fondali di Piano.

Pertanto ai fini del bilancio scavi/riporti del nuovo PRP del porto di Livorno la capacità delle due vasche di contenimento impermeabili non viene considerata.

Possono invece essere considerati i volumi che si renderanno disponibili a seguito dei cedimenti che subiranno i terreni di fondazione di tutti i piazzali della Piattaforma Europa (Superficie

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

complessiva circa 2.1 milioni di m²) a meno della porzione occupata dalla vasca di contenimento esistente (superficie circa 350.000 m²) per la quale, essendo stata già riempita, cautelativamente si ipotizza che l'evoluzione dei suddetti cedimenti si sia già esaurita.

Dallo studio eseguito in occasione della redazione del progetto esecutivo della seconda vasca di colmata risulta che il cedimento dei terreni di fondazione atteso considerando una quota media dei fondali pari a -4.50 m s.m. ed una quota di riempimento pari a +3.50 m s.m. è pari a 60 cm. Pertanto estendendo cautelativamente tale valore del cedimento a tutti i rilevati della Piattaforma Europa si ottiene un volume complessivo pari a:

$$(2.100.000 - 350.000) * 0.60 = 1.050.000 \text{ m}^3$$

Inoltre ai fini della valutazione dei volumi disponibili per il conferimento dei materiali di risulta dei dragaggi occorre considerare anche la porzione di terrapieno occupato dalla vasca di contenimento esistente, di superficie pari a circa 350.000 m², per la porzione compresa tra l'attuale quota di riempimento (pari a circa +2.00 m s.m.m.) e la quota di imposta della fondazione del pacchetto di pavimentazione (+3.00 m s.m.m.), per cui si ottiene un ulteriore volume disponibile pari a 350.000 m³.

Il volume complessivo disponibile per la collocazione dei sedimenti dragati ammonta quindi a complessivi:

$$11.600.000 + 1.050.000 + 350.000 = 13.000.000 \text{ m}^3$$

Pertanto il volume di sedimenti provenienti dai dragaggi programmati dal nuovo PRP, al netto dei sedimenti con livelli di contaminazione superiore ai limiti della colonna B della tabella 1 dell'allegato 1 del D.M. 471/99 (assunto pari a 200.000 m³), che non possono essere riutilizzati per la realizzazione dei nuovi rilevati, ammonta a:

$$15.100.000 - 200.000 - 13.000.000 = 1.900.000 \text{ m}^3$$

La destinazione più ovvia per il suddetto volume di sedimenti che non possono essere riutilizzati per la realizzazione dei nuovi terrapieni è senza dubbio a ripascimento della costa sabbiosa posta a nord del porto di Livorno lungo la quale si verificano diffusi fenomeni di erosione.

Infatti le indagini di caratterizzazione dei sedimenti marini delle aree da sottoporre a dragaggio hanno evidenziato per gli strati superficiali, circa 2.00 m di spessore, una prevalenza della frazione sabbiosa. Considerato che la loro provenienza è da collegare al trasporto solido del

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

fiume Arno, è sicuramente possibile ipotizzare in questa fase un loro riutilizzo per interventi di ripascimento sommerso delle spiagge a nord della foce dello Scolmatore.

Per questo tipo di intervento, che consiste nella realizzazione di un ripascimento che può essere in parte sommerso ed in parte emerso, la profondità di versamento e la sua localizzazione planimetrica verranno definite in una fase più avanzata della progettazione sulla base di una analisi di compatibilità tra i sedimenti nativi con quelli di apporto.

Gli interventi di rinascimento potranno interessare sia il tratto di litorale compreso tra la foce del Calambrone e quella dell'Arno (litorale di Tirrenia e Marina di Pisa – estensione circa 11 km), sia il tratto di litorale a nord della foce dell'Arno fino alla foce del Serchio (litorale del parco di San Rossore – estensione circa 11 km) entrambi interessati da fenomeni di erosione connessi alla diminuzione del trasporto solido dell'Arno.

Ipotizzando su entrambi i litorali in oggetto la realizzazione di un intervento di ripascimento sommerso (barra sommersa) che prevede l'impiego di 200.000 m³ di sedimenti per km di costa (in un intervento analogo eseguito lungo il litorale di Ostia sono stati impiegati circa 400.000 m³/km) si ottiene un fabbisogno complessivo di 4.4 milioni di metri cubi superiore al volume di sedimenti che non possono essere utilizzati nell'ambito dei lavori di costruzione dei nuovi piazzali del porto di Livorno e che quindi si rendono disponibili per l'esecuzione dei suddetti interventi di ripascimento.

Per quanto riguarda la compatibilità dei sedimenti provenienti dai dragaggi con l'impiego per i suddetti interventi di ripascimento sommerso si evidenzia che la superficie complessiva delle aree da sottoporre a dragaggio è pari a circa 3.4 milioni di metri quadrati e che le indagini di caratterizzazione svolte hanno dimostrato che nei primi 2 m è prevalente la frazione sabbiosa, pertanto il volume di sedimenti provenienti dagli interventi di dragaggio che sarebbe compatibile con tale utilizzo ammonta a circa 6.8 milioni di m³ superiore quindi sia al fabbisogno che al volume di sedimenti disponibile.

Le difficoltà connesse all'ottenimento delle autorizzazioni necessarie per consentire tale utilizzo, vista la mancanza di un protocollo di intesa con la Provincia ed il Comune di Pisa, ai

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

quali è demandata la competenza per l'esecuzione di interventi di ripascimento sul tratto di costa in esame, in questa fase non offrono sufficienti garanzie sulla sua fattibilità.

Pertanto in questa sede, al fine del raggiungimento del bilanciamento tra scavi e riporti, sono stati individuati gli interventi di dragaggio che, senza condizionare il raggiungimento degli obiettivi del nuovo P.R.P. del porto di Livorno, possono essere rimandati alla fase finale di attuazione, condizionandoli eventualmente all'ottenimento di una intesa che consenta il loro utilizzo per i suddetti interventi di ripascimento oppure alla definizione di un altro impiego.

In particolare tra gli interventi previsti sono stati individuati i seguenti che possono essere rimandati alla fase finale di attuazione del Piano o che possono essere anche stralciati senza pregiudicare il raggiungimento degli obiettivi:

- 1) Limitazione a quota -13 m s.m. dei dragaggi dei fondali della porzione di avamposto interno posto di fronte alla banchina di testata del molo Sud esterna al cerchio di evoluzione D 800 m;
- 2) Limitazione a quota -13.00 m s.m. dei dragaggi dei fondali della darsena Petroli e dell'area di evoluzione dell'avamposto esterno posta a sud del canale di accesso;
- 3) Limitazione a quota -10.00 dei dragaggi dei fondali dell'area di evoluzione prevista nell'avamposto a tergo della diga curvilinea.

Nel primo caso si tratta di una limitazione che non ha alcun effetto sull'operatività del porto di Livorno in generale in quanto l'area in esame rappresenta il collegamento tra la Piattaforma Europa ed il bacino del porto esistente e verrà utilizzata dalle navi dirette/provenienti dal bacino portuale esistente che utilizzano l'imboccatura nord. Visto che la quota minima dei fondali del bacino portuale esistente è appunto pari a -13.00 m s.m. tali limitazione non ne limita l'utilizzo da parte delle navi che la percorreranno. Anche per quanto riguarda l'operatività della banchina di testata del molo Sud, che si ricorda è destinata all'ormeggio delle navi in attesa, tale previsione ne limita l'utilizzo alle navi con pescaggio massimo di 12 m che rappresenta il pescaggio massimo della classe di navi che utilizzeranno con maggior frequenza le infrastrutture della Piattaforma Europa con ripercussioni irrilevanti sulla funzionalità del nuovo scalo marittimo.

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

Nel secondo caso la quota dei fondali prevista (-13 m s.m.) coincide con la quota minima che attualmente viene garantita in corrispondenza degli attracchi delle navi che trasportano prodotti petroliferi del porto di Livorno. Pertanto tale previsione non ha alcun effetto sulla composizione della flotta che anche in futuro utilizzerà la darsena Petroli mentre la possibilità di accogliere navi cisterna di dimensioni superiori di quelle che attualmente frequentano il porto di Livorno dovrà essere rimandata ad una fase futura che sarà condizionata all'individuazione di una destinazione dei corrispondenti materiali di dragaggio.

Nel terzo caso la quota dei fondali prevista (-10.00 m s.m.) risulta compatibile con i pescaggi di tutte le navi da crociera che attualmente navigano nel Mediterraneo. Pertanto questa previsione non condiziona l'accessibilità al nuovo terminal da parte delle navi da crociera che costituiscono l'attuale flotta. Mentre l'approfondimento necessario nel caso che in futuro le nuove navi da crociera vengano realizzate con pescaggi superiori degli attuali dovrà essere rimandata ad una fase futura che sarà condizionata all'individuazione di una destinazione dei corrispondenti materiali di dragaggio.

Dal computo eseguito (v. allegato 1) risulta che rispetto ai quantitativi indicati nella tabella 1 le suddette modifiche introducono le seguenti riduzioni sui volumi da sedimenti da dragare:

- 1) Limitazione a quota -13 m s.m. dragaggi avamposto interno: 529.500,00 m³
- 2) Limitazione a quota -13.00 m s.m. dragaggi darsena Petroli 1.431.500,00 m³
- 3) Limitazione a quota -10.00 m s.m. dragaggi evoluzione crociere 225.165,00 m³

Per cui, tenendo conto tali riduzioni, il volume complessivo di sedimenti da dragare che devono essere riutilizzati nell'ambito dei lavori programmati dal nuovo P.R.P., al netto del volume di sedimenti per i quali il livello di contaminazione impedisce tale utilizzo (200.000 m³), ammonta a:

$$15.100.000,00 - (529.500,00 + 1.431.500,00 + 225.165,00) - 200.000 = 12.713.835,00 \text{ m}^3$$

Inferiore al volume complessivo necessario per la realizzazione dei nuovi piazzali portuali pari a 13.000.000,00 m³.

 Autorità Portuale di Livorno	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
Piano Regolatore Portuale 2012		10	010	RR	017	-1	MAR

6 DEFINIZIONE DELLE MODALITÀ DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA DEI DRAGAGGI

I materiali di scavo dei fondali portuali sono oggi considerati una possibile risorsa e non più un rifiuto inutilizzabile e portatore di problemi.

I risultati delle campagne di caratterizzazione dei sedimenti portuali del porto di Livorno hanno evidenziato che del volume complessivo di sedimenti da dragare solo 217.000 m³ non possono essere riutilizzati tal quale ma devono essere obbligatoriamente conferiti in discarica.

Inoltre le analisi granulometriche hanno evidenziato che all'interno dei volumi da dragare la frazione prevalente è quella sabbiosa e quindi tali sedimenti risultano sicuramente idonei per la realizzazione di colmate e rilevati.

Come evidenziato negli elaborati di Piano l'espansione del porto di Livorno (Piattaforma Europa) si svilupperà nella zona a nord del porto attuale e sarà dotato di ampi piazzali a servizio delle banchine di attracco che verranno totalmente conquistati al mare.

Ipotizzando una quota dei terrapieni pari a +4.00 m s.m. e considerando che i riempimenti/rilevati eseguiti con i materiali di risulta dei dragaggi si interrompano a quota +3.00 m s.m. (quota di imposta della fondazione del pacchetto di pavimentazione) per i piazzali del terminal contenitori ed a quota +2.00 m s.m. per quelli del terminal autostrade del mare, i volumi di sedimenti marini che possono essere riutilizzati per la realizzazione dei piazzali Nord e Sud della darsena della Piattaforma Europa è pari a circa 11.6 milioni di metri cubi.

Pertanto nel bilancio tra scavi e riporti si realizza un esubero di sedimenti dragati che non possono essere riutilizzati nell'ambito dei lavori di costruzione della Piattaforma Europa pari a circa 6.1 milioni di metri cubi.

Considerato che le indagini di caratterizzazione dei sedimenti marini delle aree da sottoporre a dragaggio hanno evidenziato per gli strati superficiali, circa 1.00 m, una prevalenza della frazione sabbiosa è sicuramente possibile ipotizzare in questa fase un loro riutilizzo per interventi di ripascimento delle spiagge a nord della foce dello Scolmatore.

La superficie complessiva delle aree da sottoporre a dragaggio è pari a circa 3.4 milioni di metri quadrati e pertanto ipotizzando di utilizzare per interventi di rinascimento solo i materiali

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

provenienti dal dragaggio dello strato superficiale di spessore pari a 1.00 m, il volume di sedimenti provenienti dai dragaggi che non possono essere riutilizzati nell'ambito dei lavori si riduce a 2.7 milioni di metri cubi.

Peraltro occorre osservare che nella valutazione dei volumi disponibili per il conferimento dei materiali di risulta dei dragaggi è stato completamente trascurato il volume della seconda vasca di contenimenti, che potrà essere utilizzata per il conferimento dei materiali provenienti dai dragaggi da eseguire all'interno dell'attuale bacino portuale, e tutta la porzione di terrapieno occupato dalle due vasche di contenimento, di superficie pari a circa 700.000 m², per la porzione compresa tra la quota di riempimento delle vasche prevista nei rispettivi progetti (pari a circa +2.00 m s.m.m.) e la quota di imposta della fondazione del pacchetto di pavimentazione. Pertanto studiando opportunamente la quota finita e la sagomatura superficiale di questo terrapieno si potrebbe ulteriormente ridurre il volume di sedimenti marini per i quali dovrà essere trovato un utilizzo alternativo (ad es. trattamento e riutilizzo nell'ambito delle opere civili).

Inoltre si fa presente che nel computo dei volumi disponibili relativi alla formazione dei nuovi rilevati sono stati completamente trascurati quelli risultanti dai cedimenti dei terreni di fondazione. Pertanto considerato che la superficie complessiva dei nuovi terrapieni è pari a circa 140 ha l'effettivo volume di sedimenti non riutilizzabili nell'ambito dei lavori di realizzazione delle opere previste nel PRP si ridurrà ulteriormente.

Peraltro non è da escludere che parte dei suddetti sedimenti, previo opportuno trattamento, potrebbero essere utilizzati anche per la realizzazione dello strato di fondazione del pacchetto di pavimentazione dei piazzali.

 Autorità Portuale di Livorno Piano Regolatore Portuale 2012	Raggruppamento: Modimar s.r.l. Alberto Noli Technital s.p.a. Bureau Veritas Italia s.p.a. Acquatecno s.r.l.	Titolo Elaborato: Studio della gestione dei materiali di dragaggio					
		Data: novembre 2014					
		10	010	RR	017	-1	MAR

ALLEGATO 1

COMPUTO METRICO DRAGAGGI E SALPAMENTI

SCAVI FUORI ACQUA E SALPAMENTI			
Diga della Meloria			
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale
2	5 800.00	143 000.00	
-3	51 400.00	66 700.00	
-4	82 000.00		
TOTALE SCAVI FUORI ACQUA E SALPAMENTI			209 700.00
DRAGAGGI			
Canale di accesso			
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale
-11	7 250.00	52 325.00	
-12	97 400.00	118 300.00	
-13	139 200.00	160 950.00	
-14	182 700.00	248 675.00	
-15	314 650.00	336 025.00	
-16	357 400.00	377 700.00	
-17	398 000.00	119 400.00	(extrascavo 30 cm)
		1 413 375.00	
scarpata nord	1 300.00	31 850.00	
scarpata sud	1 360.00	10 880.00	
Totale Canale di accesso			1 456 105.00
Area evoluzione a quota -16			
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale
-4	60 150.00	76 975.00	
-5	93 800.00	127 750.00	
-6	161 700.00	184 450.00	
-7	207 200.00	237 850.00	
-8	268 500.00	299 850.00	
-9	331 200.00	395 850.00	
-10	460 500.00	514 950.00	
-11	569 400.00	623 525.00	
-12	677 650.00	678 400.00	
-13	679 150.00	2 037 450.00	
-16	679 150.00	203 745.00	(extrascavo 30 cm)
Totale		5 380 795.00	
Scarpata lato Terminal ro ro			
	1 450.00	26 100.00	
Scarpata lato bacino S. Stefano			
	7 700.00	38 500.00	
Totale Area evoluzione a quota -16			5 445 395.00
Detrazione per limitazione a quota -13 m s.m. dell'area prospiciente la banchina ovest			
	176 500.00	529 500.00	529 500.00
Area di evoluzione ingresso bacino S. Stefano (-13)			
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale
-4	21 850.00	23 100.00	
-5	24 350.00	26 300.00	
-6	28 250.00	29 625.00	
-7	31 000.00	32 250.00	
-8	33 500.00	40 175.00	

-9	46 850.00	53 075.00		
-10	59 300.00	65 500.00		
-11	71 700.00	83 775.00		
-12	95 850.00	103 100.00		
-13	110 350.00	33 105.00	(extrascavo 30 cm)	
Totale Area di evoluzione ingresso bacino S. Stefano			490 005.00	
Darsena Petroli				
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale	
-10	37 050.00	51 725.00		
-11	66 400.00	182 075.00		
-12	297 750.00	410 300.00		
-13	522 850.00	554 525.00		
-14	586 200.00	622 125.00		
-15	658 050.00	197 415.00	(extrascavo 30 cm)	
Totale Darsena Petroli			2 018 165.00	
Area evoluzione a -15 Darsena Petroli				
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale	
-11	31 950.00	44 050.00		
-12	56 150.00	78 075.00		
-13	100 000.00	101 625.00		
-14	103 250.00	108 525.00		
-15	113 800.00	34 140.00	(extrascavo 30 cm)	
Totale		366 415.00		
Scarpata sud	1 033.00	21 418.66		
Totale Area evoluzione a -15 Darsena Petroli			387 833.66	
Detrazione per limitazione dragaggi a quota -13 m s.m. Darsena petroli e Area di evoluzione				
Darsena				
-13	522 850.00	156 855.00	(extrascavo 30 cm)	
-13	522 850.00	- 554 525.00		
-14	586 200.00	- 622 125.00		
-15	658 050.00	- 197 415.00	(extrascavo 30 cm)	
Area evoluzione				
-13	100 000.00	30 000.00	(extrascavo 30 cm)	
-13	100 000.00	- 101 625.00		
-14	103 250.00	- 108 525.00		
-15	113 800.00	- 34 140.00	(extrascavo 30 cm)	
Totale detrazione			- 1 431 500.00	
Terminal Autostrade del mare				
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale	
-5	255.00	3 877.50		
-6	7 500.00	15 000.00		
-7	22 500.00	44 640.00		
-8	66 780.00	140 440.00		
-9	214 100.00	320 950.00		
-10	427 800.00	433 200.00		
-11	438 600.00	447 700.00		
-12	456 800.00	456 800.00		
-13	456 800.00	137 040.00	(extrascavo 30 cm)	
Totale Terminal Autostrade del mare			1 999 647.50	

Terminal contenitori			
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale
-5	22 750.00	56 375.00	
-6	90 000.00	113 100.00	
-7	136 200.00	163 450.00	
-8	190 700.00	227 500.00	
-9	264 300.00	291 150.00	
-10	318 000.00	318 000.00	
-11	318 000.00	1 590 000.00	
-16	318 000.00	95 400.00	(extrascavo 30 cm)
Totale		2 854 975.00	
scarpata lato terminal ro ro			
	1 350.00	24 300.00	
TOTALE TERMINAL CONTENITORI			2 879 275.00
Darsena fluviale			
Quota isobata	Superficie isobata	Volume	Volume totale
-3.5	57 000.00	42 750.00	42 750.00
Area di evoluzione terminal crociere			
4	-		
5	20.00	10.00	
6	2 930.00	1 475.00	
7	9 360.00	6 145.00	
8	32 920.00	21 140.00	
9	60 115.00	46 517.50	
10	79 675.00	69 895.00	
11	92 240.00	85 957.50	
12	105 170.00	98 705.00	
Totale		329 845.00	
scarpate (media -7.50)		40 500.00	
TOTALE AREE DI EVOLUZIONE		370 345.00	
Detrazione per limitazione dragaggi a quota -10 m s.m. Area di evoluzione terminal crociere			
10	79 675.00		
11	92 240.00	85 957.50	
12	105 170.00	98 705.00	
Totale		184 662.50	
scarpate (media -7.50)		40 500.00	
Totale detrazione			225 162.50

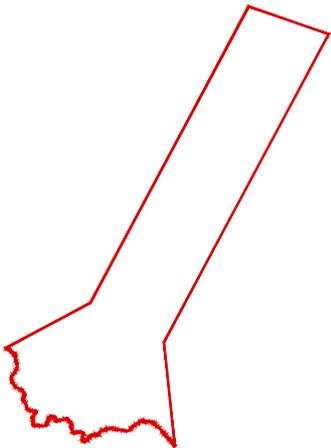
CANALE DI ACCESSO A -17.00 m s.m.



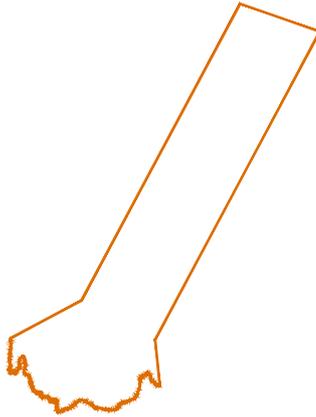
LEGENDA

- 17
- 16
- 15
- 14
- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- +2

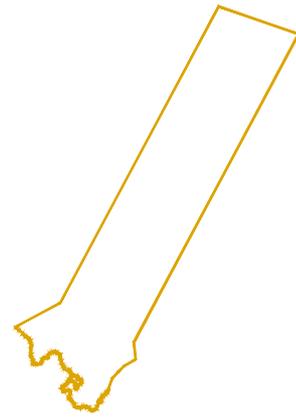
Isobata -17
S= 398.000 m²



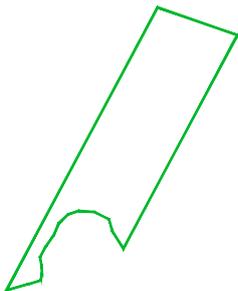
Isobata -16
S= 357.400 m²



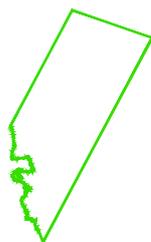
Isobata -15
S= 314.650 m²



Isobata -14
S= 182.700 m²



Isobata -13
S= 139.200 m²



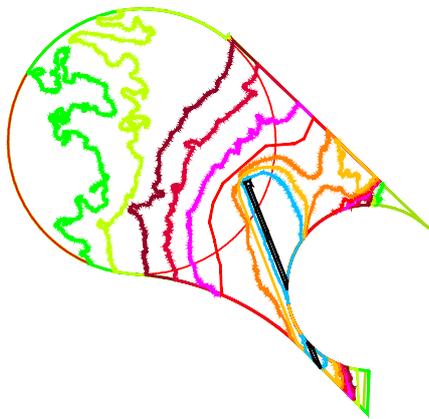
Isobata -12
S= 97.400 m²



Isobata -11
S= 7.250 m²



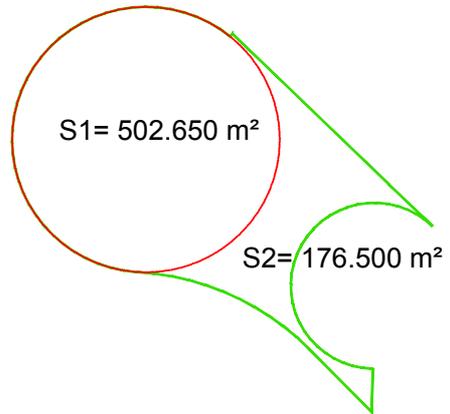
AREA DI EVOLUZIONE A -16.00 m s.m.



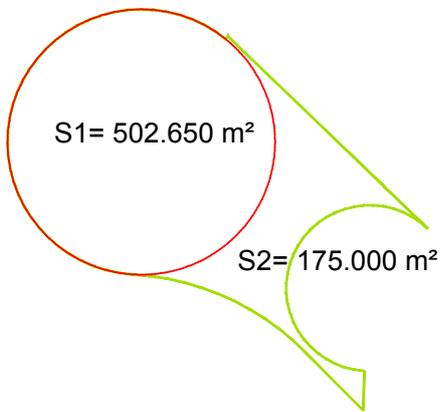
LEGENDA

- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- +2

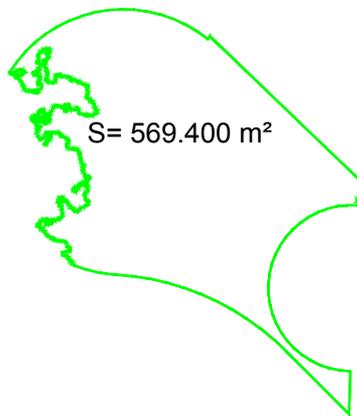
Isobata -13



Isobata -12



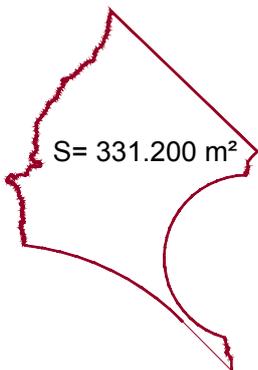
Isobata -11



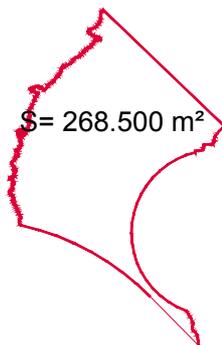
Isobata -10



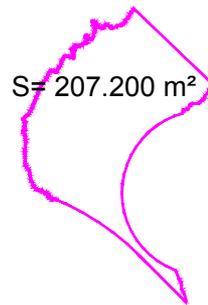
Isobata -9



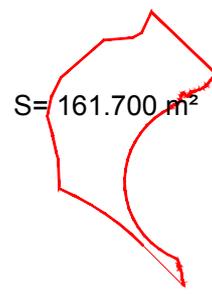
Isobata -8



Isobata -7



Isobata -6



Isobata -5

S= 93.800 m²



Isobata -4

S= 60.150 m²



SALPAMENTO DIGA DELLA MELORIA

Isobata -3

S= 34.700 m²

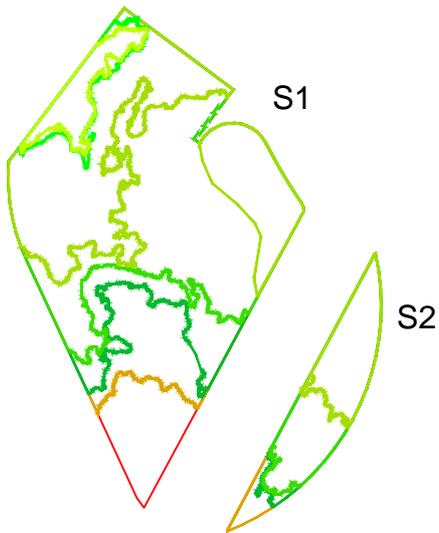


Isobata +2

S= 3.900 m²



DARSENA PETROLI (S1) E AREA DI EVOLUZIONE (S2) A -15 m s.m.



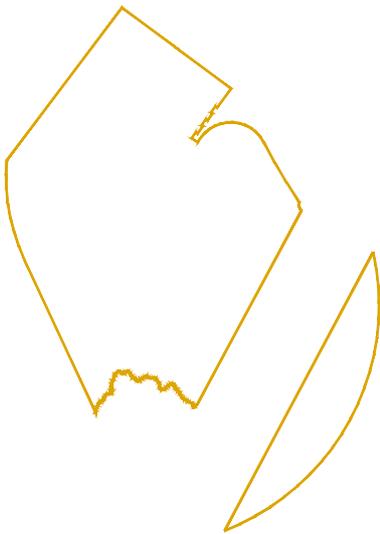
LEGENDA



Isobata -15

S1= 658.050 m²

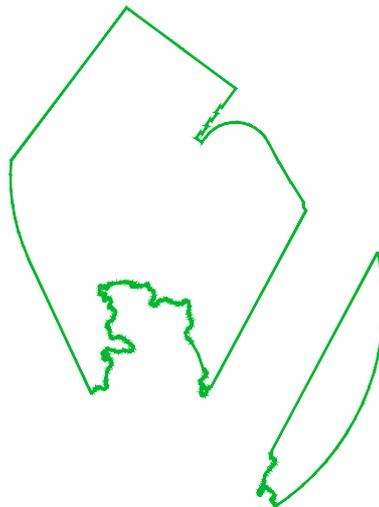
S2= 113.800 m²



Isobata -14

S1= 586.200 m²

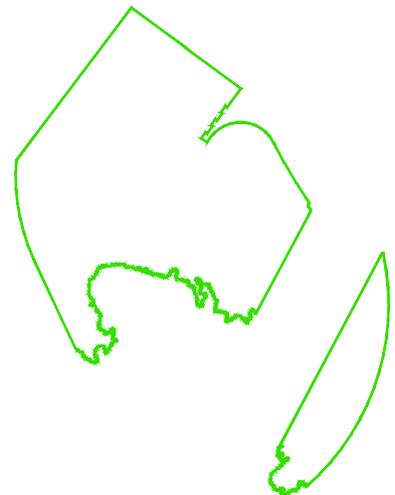
S2= 103.250 m²



Isobata -13

S1= 522.850 m²

S2= 100.000 m²



Isobata -12

S1= 297.750 m²

S2= 56.150 m²



Isobata -11

S1= 66.400 m²

S2= 31.950 m²

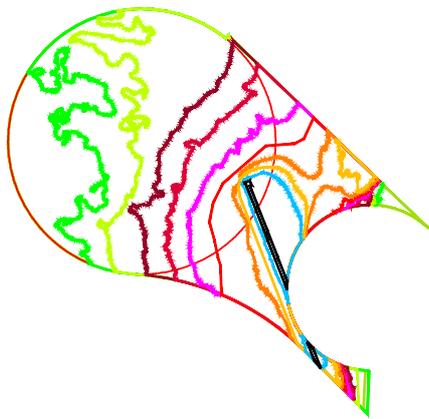


Isobata -10

S1= 37.050 m²



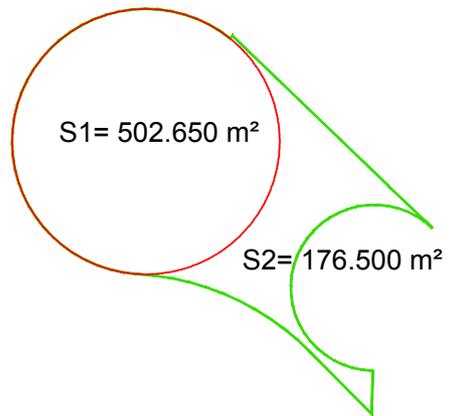
AREA DI EVOLUZIONE A -16.00 m s.m.



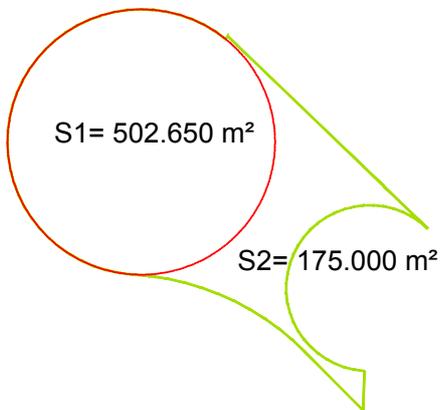
LEGENDA

- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- +2

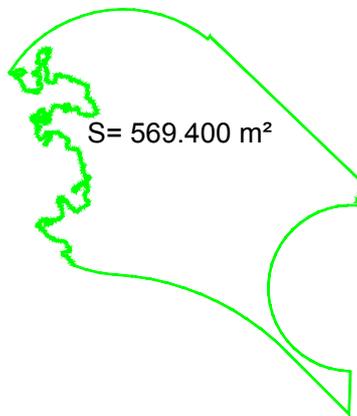
Isobata -13



Isobata -12



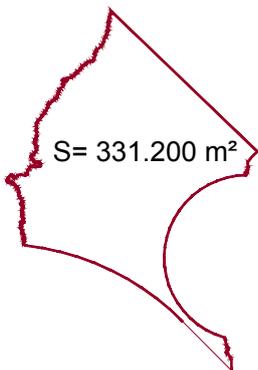
Isobata -11



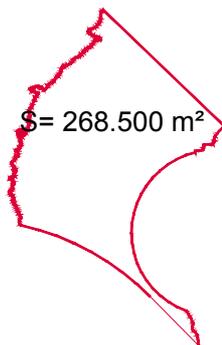
Isobata -10



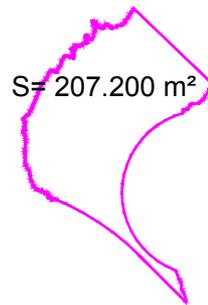
Isobata -9



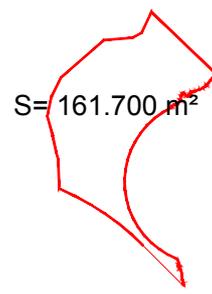
Isobata -8



Isobata -7



Isobata -6



Isobata -5

S= 93.800 m²



Isobata -4

S= 60.150 m²



SALPAMENTO DIGA DELLA MELORIA

Isobata -3

S= 34.700 m²



Isobata +2

S= 3.900 m²



AREA DI EVOLUZIONE INGRESSO BACINO S. STEFANO A -13 m s.m.

LEGENDA

- 13
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- +2

Isobata -13
S= 110.350 m²



Isobata -12
S= 95.850 m²



Isobata -11
S= 71.700 m²



Isobata -10
S= 59.300 m²



Isobata -9
S= 46.850 m²



Isobata -8
S= 33.500 m²



Isobata -7
S= 31.000 m²



Isobata -6
S= 28.250 m²



Isobata -5
S= 24.350 m²



Isobata -4
S= 21.850 m²



SALPAMENTO DIGA DELLA MELORIA

Isobata -3
S= 16.700 m²



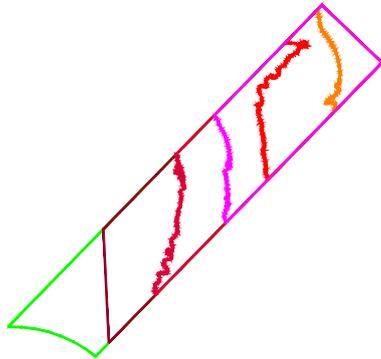
Isobata +2
S= 1.900 m²



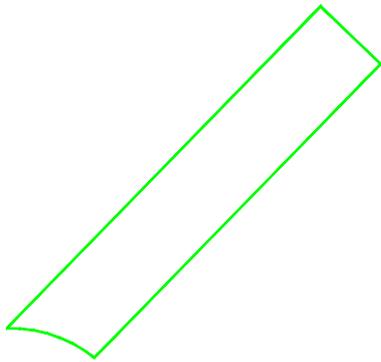
DARSENA TERMINAL CONTENITORI A -16 m s.m.

LEGENDA

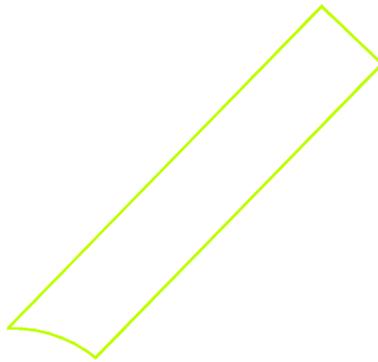
- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- +2



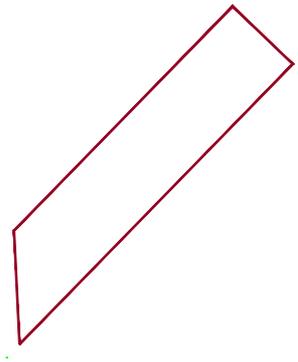
Isobata -11
S= 318.000 m²



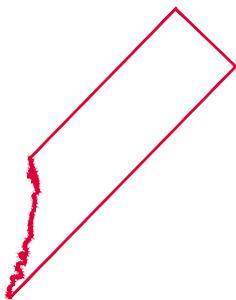
Isobata -10
S= 318.000 m²



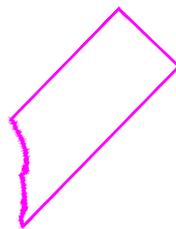
Isobata -9
S= 264.300 m²



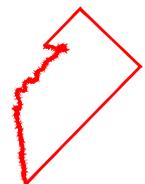
Isobata -8
S= 190.7000 m²



Isobata -7
S= 136.200 m²



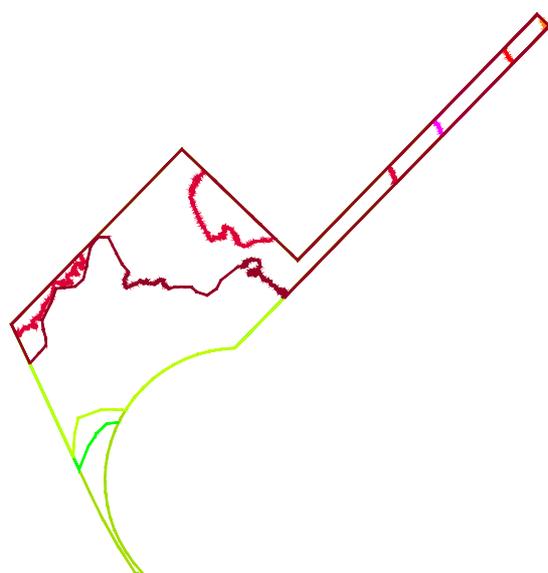
Isobata -6
S= 90.000 m²



Isobata -5
S= 22.750 m²



DARSENA TERMINAL AUTOSTRADE DEL MARE A -13 m s.m.



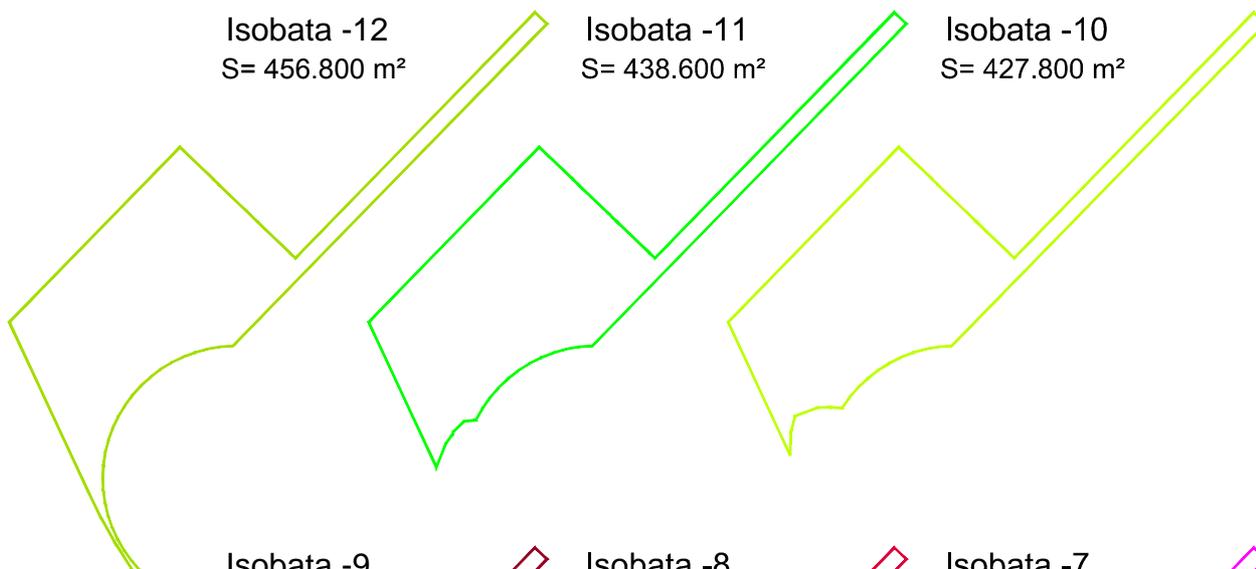
LEGENDA

- 12
- 11
- 10
- 9
- 8
- 7
- 6
- 5
- 4
- 3
- +2

Isobata -12
S= 456.800 m²

Isobata -11
S= 438.600 m²

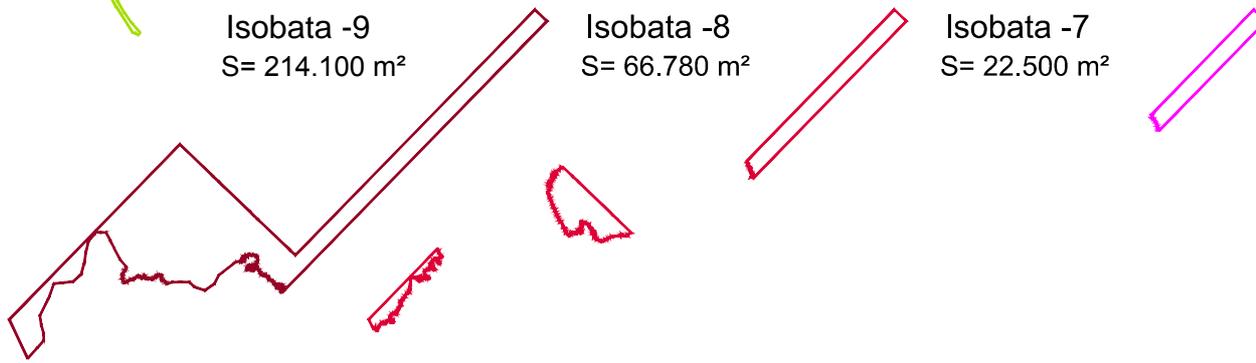
Isobata -10
S= 427.800 m²



Isobata -9
S= 214.100 m²

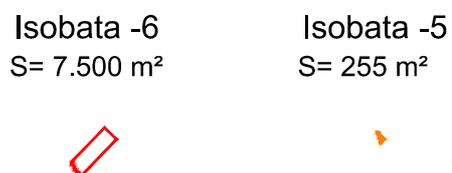
Isobata -8
S= 66.780 m²

Isobata -7
S= 22.500 m²



Isobata -6
S= 7.500 m²

Isobata -5
S= 255 m²



AREA DI EVOLUZIONE TERMINA CROCIERE A -12.00 m s.m.



LEGENDA



Isobata -12
S= 105.170 m²



Isobata -11
S= 92.240 m²



Isobata -10
S= 79.675 m²



Isobata -9
S= 60.115 m²



Isobata -8
S= 32.920 m²



Isobata -7
S= 9.360 m²



Isobata -6
S= 2.930 m²



Isobata -5
S= 20 m²

