



Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale
Scali Rosciano, 6 - 57123 Livorno, Italia

R.U.P. ing. Enrico Pribaz
D.E.C. ing. Ilaria Lotti

R.T.P.



30035 Mirano (VE)
Viale Belvedere, 8/10
www.fm-ingegneria.com

Tel. +39 041 5785 711
Fax +39 041 4355 933
portolivorno@fm-ingegneria.com



P.O. Box 1132
3800 BC Amersfoort
The Netherlands
www.royalhaskoningdhv.com

Tel. +44 (0)207 222 2115
Fax +44 (0)207 222 2659
info@rhdhv.com



35027 Noventa Padovana (PD)
Via Pana 56/a

Tel. +39 049 8945 087
Fax +39 049 8707 868
mail@hsmarinesrl.com



31027 Spresiano (TV)
Via Tiepolo, 8
www.gtgeo.it

Tel. +39 0422 8870 31
Fax +39 0422 8895 89
info@gtgeo.it

PROGETTO

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE E DEFINITIVA DELLE
OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI
NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA
PIATTAFORMA EUROPA, COMPRESO LO STUDIO DI
IMPATTO AMBIENTALE E LA VALUTAZIONE DI INCIDENZA
AMBIENTALE**

EMISSIONE

PROGETTO PRELIMINARE

TITOLO

B - GEOLOGIA E GEOTECNICA
Relazione Geologica

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
1					
2					
3					
4					
5					

ELABORATO N.

B001

DATA: 08/11/2019	SCALA:	FILE: - 1233_PP-B001_0.doc	J.N. 1233/'19
PROGETTO C. Galli	DISEGNO L. Dal Colle	VERIFICA C. Galli	APPROVAZIONE T. Tassi

Progetto:
Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:
Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:
RELAZIONE GEOLOGICA
1233_PP-B-001_0.docx

Indice generale

1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3	ANALISI DEI PRINCIPALI STRUMENTI URBANISTICI VIGENTI	8
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	12
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
4.2	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	15
4.3	INQUADRAMENTO TETTONICO	16
4.4	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	18
4.5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	19
4.6	CONTESTO IDROGRAFICO DELL'AREA PORTUALE	19
5	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA	20
5.1	PERICOLOSITA' SISMICA	20
5.2	CATEGORIA TOPOGRAFICA	21
5.3	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA LOCALE	21
6	INDAGINI IN SITO	24
6.1	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	24
6.2	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE ELETTRICHE CON PIEZOCONO	26
7	MODELLO GEOLOGICO	27
7.1	INQUADRAMENTO LITOSTRATIGRAFICO DELL'AREA DEL "TERRAZZO DI LIVORNO"	27
7.2	MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO	29
7.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI	37
7.4	COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI	38

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

Indice delle figure

Figura 1: Scala 1 : 25.000 - Inquadramento topografico dell'area di indagine da cartografia IGM.....	5
Figura 2: Inquadramento dell'area di indagine all'interno dell'area urbana di Livorno	6
Figura 3 - Scala 1 : 5.000 Ubicazione dell'area di indagine da cartografia CTR.....	7
Figura 4: Tavola 1 del Piano Strutturale del Comune di Livorno "Sistemi Territoriali e Funzionali invariati luoghi con statuto speciale, luoghi centrali", in viola le aree destinate a "Sistema infrastruttura porto e delle attività"	8
Figura 5: Planimetria delle opere di progetto e delle aree di dragaggio	10
Figura 6: Schema planimetrico con evidenziati i principali interventi in progetto (da Piano Regolatore Portuale).....	11
Figura 7: Estratto dalla Carta Geologica dei Comuni di Livorno e Collesalveti (Lazarotto, Mazzanti, Nencini, 1987)	13
Figura 8: estratto dalla Carta geologica della Toscana alla scala 1 : 250.000	14
Figura 9: Schema stratigrafico dei dintorni di Livorno.....	15
Figura 10: Estratto dalla Carta geomorfologica redatta per la Vasca di colmata dei sedimenti di dragaggio – Dott. Geol. Antonio Rafanelli	16
Figura 11: Schema strutturale dei bacini neogenici e dei principali lineamenti antiappenninici nell'area toscana (da Martini e Sagri 1993, modificato.....	17
Figura 12 : Mappa dell'accelerazione fondamentale al suolo	20
Tabella 1: Categorie topografiche (Tab. 3.2.III NTC 2018).....	21
Tabella 2: Estratto Categorie sottosuolo da NTC2018.....	22
Figura 13: Sondaggio ID10-S08, da 0 a 2 m in cassetta; esempio di facies con elementi di ghiaia e resti di posidonia	29
Figura 14: Sondaggio ID02-S02, da 2 a 5 m in cassetta; esempio di facies con resti di fanerogame di posidonia oceanica	30
Figura 15: Sondaggio ID26-S17, da 5 a 7 m in cassetta; calcarenite semi-litoide e contatto con l'Orizzonte superiore al tetto.....	30
Figura 16: Sondaggio ID10-S08, da 5 a 10 m in cassetta; sabbia fine con clasti calcarenitici (color nocciola/ocra/avana).....	31
Figura 17: Sondaggio ID14-S10, da 15 a 20 m in cassetta; sabbie e limi color grigio piombo.....	32
Figura 18: Sondaggio ID09-S07, da 7 a 10 m in cassetta; alternanze di ghiaia medio-grossa e sabbia medio-fine limosa, color avana	32
Figura 19: Sondaggio ID56-S06, da 6 a 10 m in cassetta; argilla limosa con intercalazioni di sabbia fine, grigia.....	33
Figura 20: Sondaggio ID01-S01, da 50 a 54 m in cassetta; argilla sabbiosa fine, grigia.....	33
Figura 21: Schema planimetrico con traccia delle sezioni geologiche.....	35
Figura 22: Indicazione degli orizzonti geologici di cui al modello geologico nelle sezioni stratigrafiche – Elaborato 1233_PP-B-102_0	36

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

1 Premessa

La società G&T S.r.l., mandante dell'ATI con FM Ingegneria S.p.A., Haskoning DHV Nederland B.V. e HS Marine s.r.l., ha redatto una relazione geologica ai sensi delle NTC 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" – Decreto 17/01/2018, finalizzata allo studio dei terreni del sottosuolo nell'area coinvolta dal progetto di realizzazione della nuova "Piattaforma Europa", presso il Porto di Livorno. Le opere in progetto consistono sostanzialmente nella realizzazione di una nuova struttura portuale in un'area attualmente occupata dal mare.

Ai sensi sia delle norme tecniche nazionali vigenti (NTC2018), sia della d.p.g.r. 36/R/09 (art.7, comm. 4, con riferimento alle classi di indagine n.4), l'indagine geognostica e geofisica, finalizzata alla ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno e alla definizione dell'azione sismica locale in sito, è consistita nell'esecuzione delle seguenti indagini da piattaforma.

- 24 sondaggi a carotaggio continuo con finalità geognostica, con esecuzione di prove SPT in foro, prove pressiometriche, prove di permeabilità in foro Lefranc, prelievo di campioni indisturbati e prelievo di campioni rimaneggiati finalizzati a prove geotecniche di laboratorio;
- 7 sondaggi a carotaggio continuo con finalità ambientale con prelievo di campioni di sedimento da avviare ad analisi chimica finalizzata alla caratterizzazione ambientale dei sedimenti;
- 45 sondaggi a carotaggio continuo mediante vibrocorer con prelievo di campioni geotecnici e ambientali;
- 9 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU;
- Indagini batimetriche con strumentazione multibeam;
- Indagini morfologiche con side scan sonar;
- Indagini geofisiche sub bottom profiler;

Nel corso dei sondaggi a carotaggio continuo sono state eseguite le seguenti prove in foro:

- 9 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile;
- 158 prove di Standard penetration test SPT in foro; prove scissometriche in foro (Vane Test);
- 18 prove pressiometriche in foro
- 116 analisi granulometriche per vagliatura per via umida e sedimentazione;

Le indagini geognostiche in sito sono state appaltate al Raggruppamento Temporaneo di Imprese composta da Geotec S.p.A., Sondedile s.r.l., Geoter s.r.l., Get s.r.l., con sede in Campobasso. Si rimanda al Documento Report intermedio "Fase 1" - RTI Esecutore del 21/10/2019 per quanto riguarda i dettagli dell'indagine e il report dei risultati.

Alla luce di queste premesse, il presente studio geologico si pone i seguenti obbiettivi:

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

- inquadramento geografico e analisi dei vincoli urbanistici eventualmente gravanti
- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico dell'area
- definizione dell'azione sismica locale – inquadramento sismico dell'area
- descrizione delle indagini in sito
- definizione del modello geologico del terreno
- caratteristiche idrogeologiche dei terreni
- composizione granulometrica dei sedimenti

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

2 Inquadramento geografico

L'area di indagine è situata nella porzione settentrionale del Porto di Livorno, e si estende verso Ovest per circa 2 Km.

Nelle figure sottostanti è riportato l'inquadramento topografico dell'area su cartografia I.G.M. (Figura 1 su foto satellitare (Figura 2) e su cartografia tecnica regionale CTR (Figura 3).

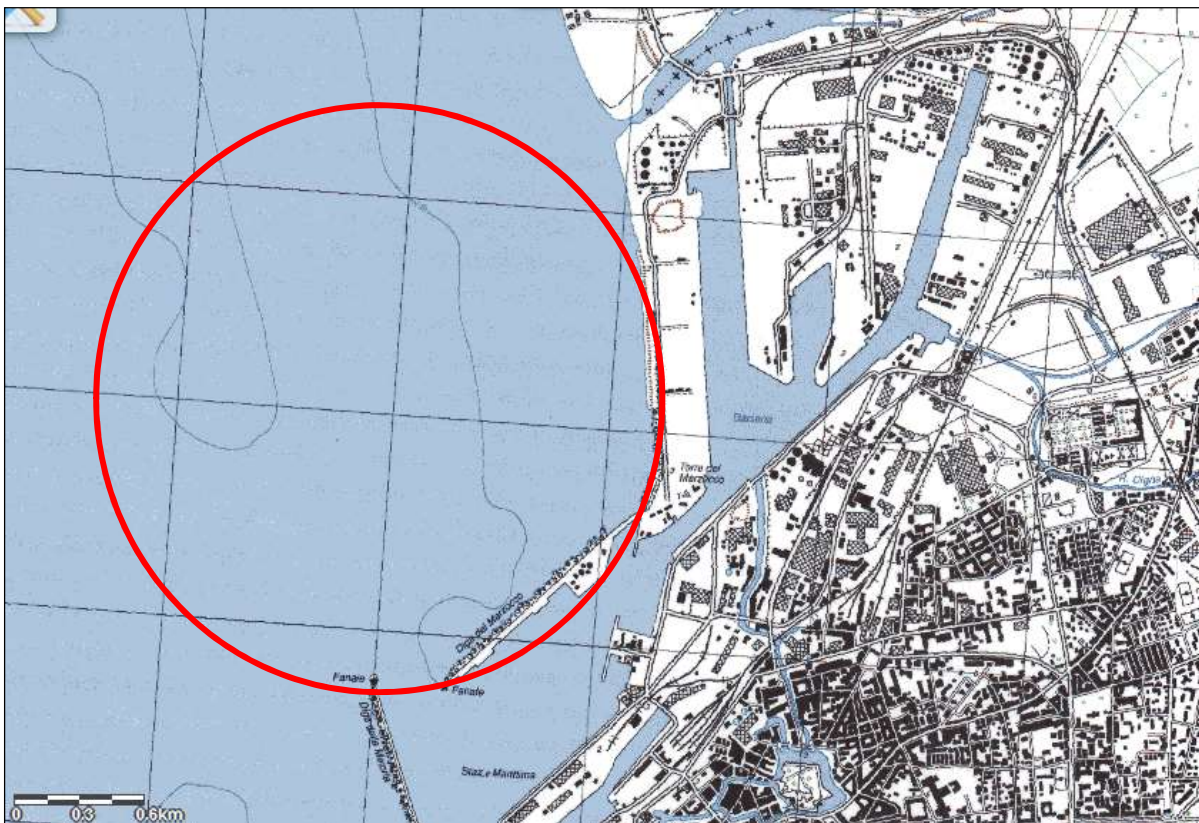


Figura 1: Scala 1 : 25.000 - Inquadramento topografico dell'area di indagine da cartografia IGM

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

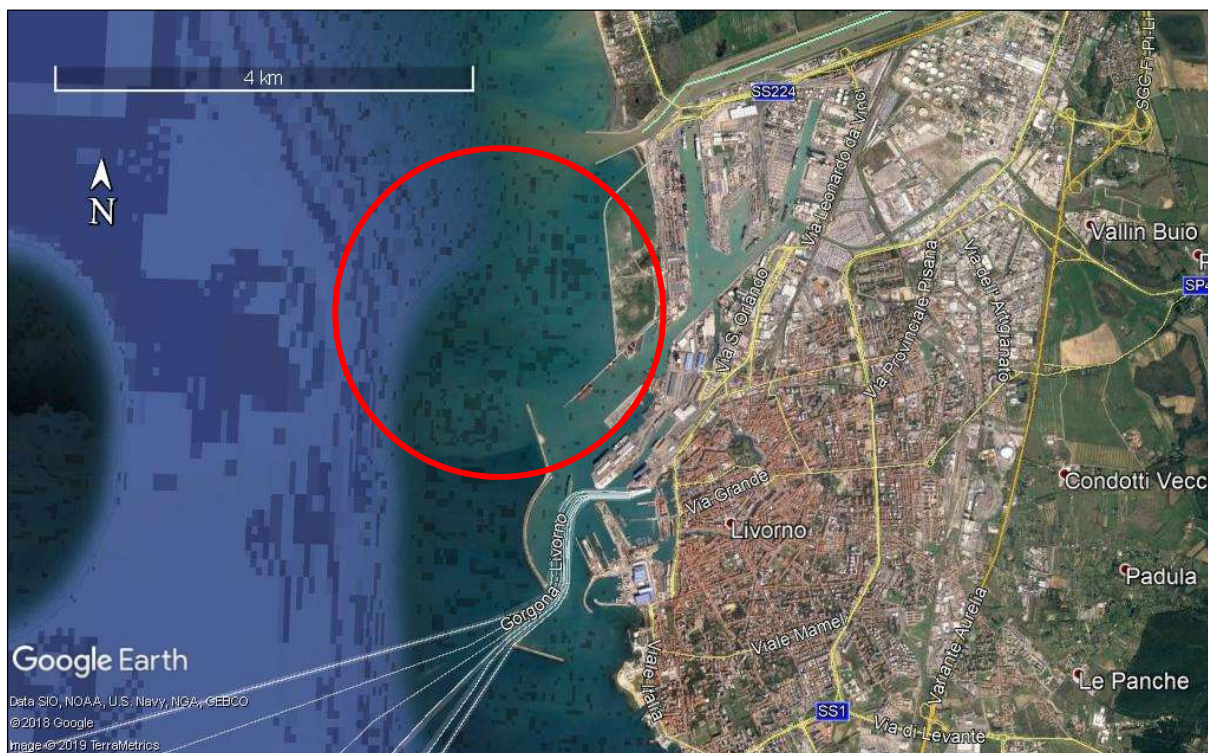


Figura 2: Inquadramento dell'area di indagine all'interno dell'area urbana di Livorno

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:



Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

Legenda

-  dragaggi_prima fase
-  Opere di difesa

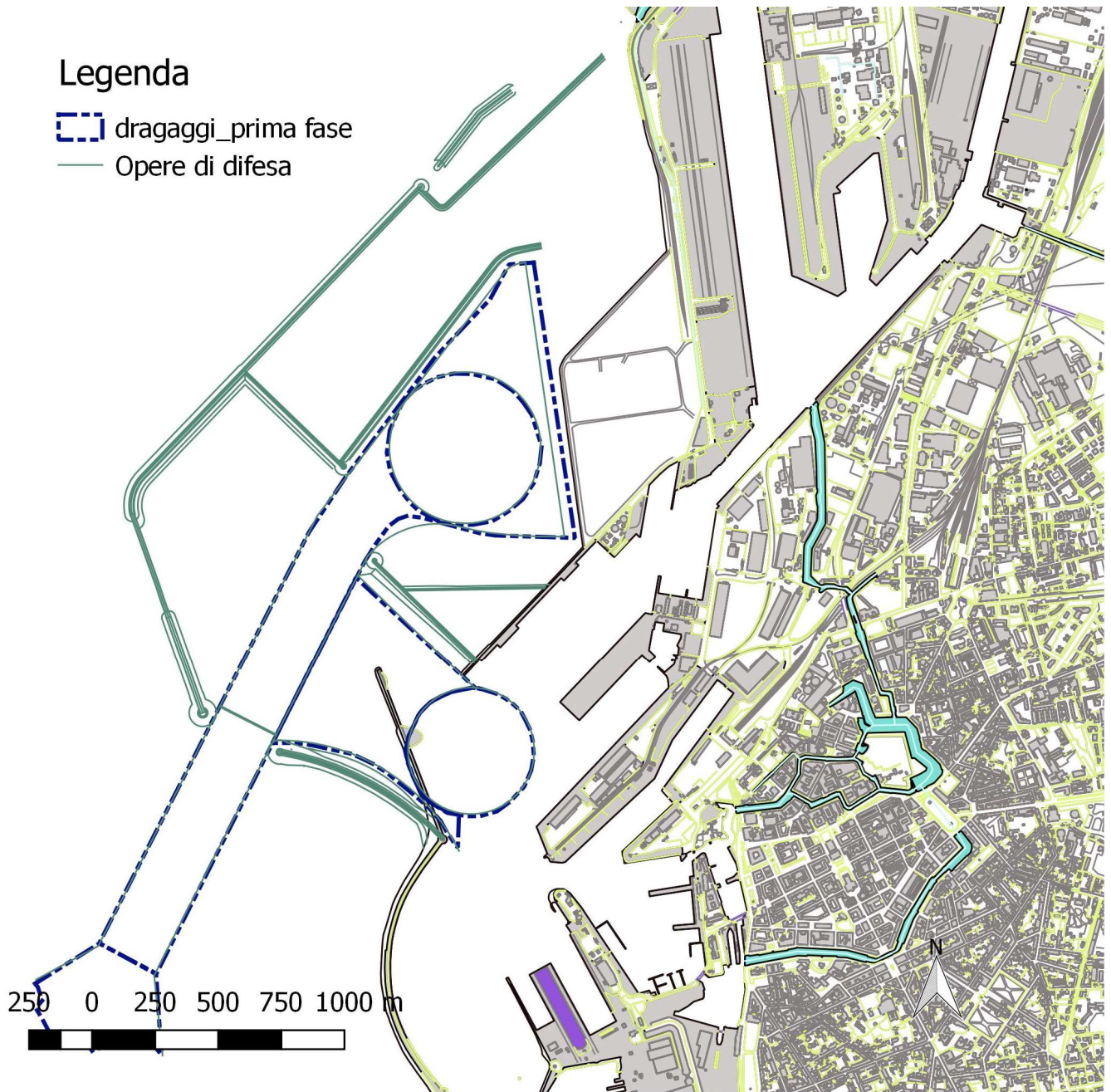


Figura 3 - Scala 1 : 5.000 Ubicazione dell'area di indagine da cartografia CTR

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

3 Analisi dei principali strumenti urbanistici vigenti

Il Piano strutturale del Comune di Livorno identifica l'area evidenziata in viola in Figura 4 come "Sistema infrastruttura porto e delle attività".

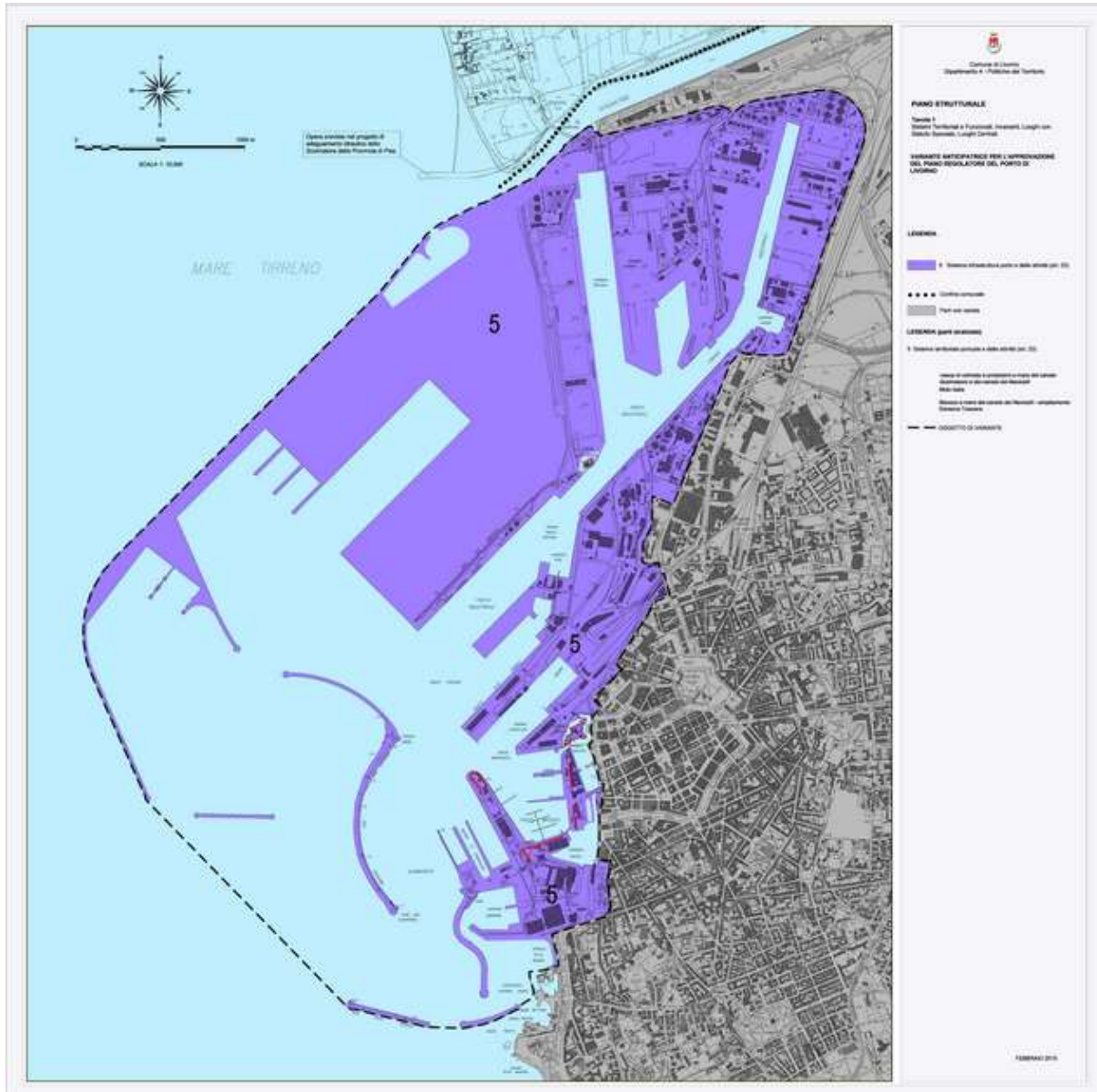


Figura 4: Tavola 1 del Piano Strutturale del Comune di Livorno "Sistemi Territoriali e Funzionali invariati luoghi con statuto speciale, luoghi centrali", in viola le aree destinate a "Sistema infrastruttura porto e delle attività"

Il Piano Strutturale e il Regolamento Urbanistico vigenti prevedono un ampliamento dell'area portuale da destinare allo sviluppo delle attività commerciali, giudicato insufficiente alla luce delle più recenti valutazioni dello sviluppo futuro dei traffici di merci nel Mare Mediterraneo.

L'Autorità Portuale di Livorno ha perciò elaborato nel 2008 un nuovo Piano Regolatore Portuale che costituisce variante al Piano Strutturale vigente.

Progetto:	Livello progettazione:	Elaborato:
Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Progetto di fattibilità tecnico economica	RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx

Il Piano Regolatore Portuale di Livorno prevede l'ampliamento a mare delle strutture esistenti, tenendo conto delle seguenti condizioni:

1. la necessità di conservare l'integrità della cassa di colmata in via di completamento, e di quella di prossima realizzazione. Le casse sono situate all'esterno del terminal Darsena Toscana e della diga di protezione della Darsena Petroli, di forma romboidale e superficie di circa 30 ha entrambe, senza alterare tale perimetrazione a tutela della separazione dei sedimenti sversati all'interno, e tenendo di conto che all'interno della prima non è possibile eseguire opere (ad esempio pali infissi e/o trivellati, palancole infisse, ecc.) che provocherebbero la "perforazione" della geomembrana utilizzata per l'impermeabilizzazione del fondo e delle sponde della vasca;
2. la realizzazione di una piattaforma verso il mare richiede inoltre la costruzione di una nuova diga foranea a nord, a protezione delle nuove banchine previste e di uno specchio acqueo interno di evoluzione delle navi, a servizio delle nuove banchine.
3. la rilocalizzazione del terminale di sbarco degli olii e derivati, che risulterebbe decisamente allontanato dall'area urbana (circa 3 km anziché 1,5 km dalla Fortezza nuova), con la conseguenza di richiedere la posa di un nuovo fascio tubiero;
4. la necessità di rivedere il sistema degli accessi al porto;
5. le modalità di realizzazione del Piano, se in più fasi intermedie con la conseguente opportunità di poter mettere a reddito le opere man mano che vengono completate, oppure l'opportunità, a fronte di una procedura di partenariato pubblico privato, di realizzare in un'unica fase tutta l'infrastruttura;
6. la minimizzazione dell'impatto con i pur limitati specchi acqueei sede dei sedimenti inquinati da bonificare;
7. la predisposizione dello sbocco a mare dello Scolmatore d'Arno.

La Piattaforma Europa pertanto pare opportuno si debba sviluppare a nord del molo sottoflutto (Diga del Marzocco) che chiude attualmente a nord il porto di Livorno, orientato secondo la direzione dei venti prevalenti (grecale e libeccio) e dei mari dominanti, provenienti da libeccio e ad ovest del limite occidentale del terrapieno che costituisce il terminale contenitori della Darsena Toscana.

Nella Figura 5 seguente è visibile uno schema planimetrico di progetto con indicate le opere di difesa e le aree di dragaggio. Nella Figura 6 è invece visibile uno schema planimetrico dei principali interventi previsti nel Piano Regolatore Portuale.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA
1233_PP-B-001_0.docx

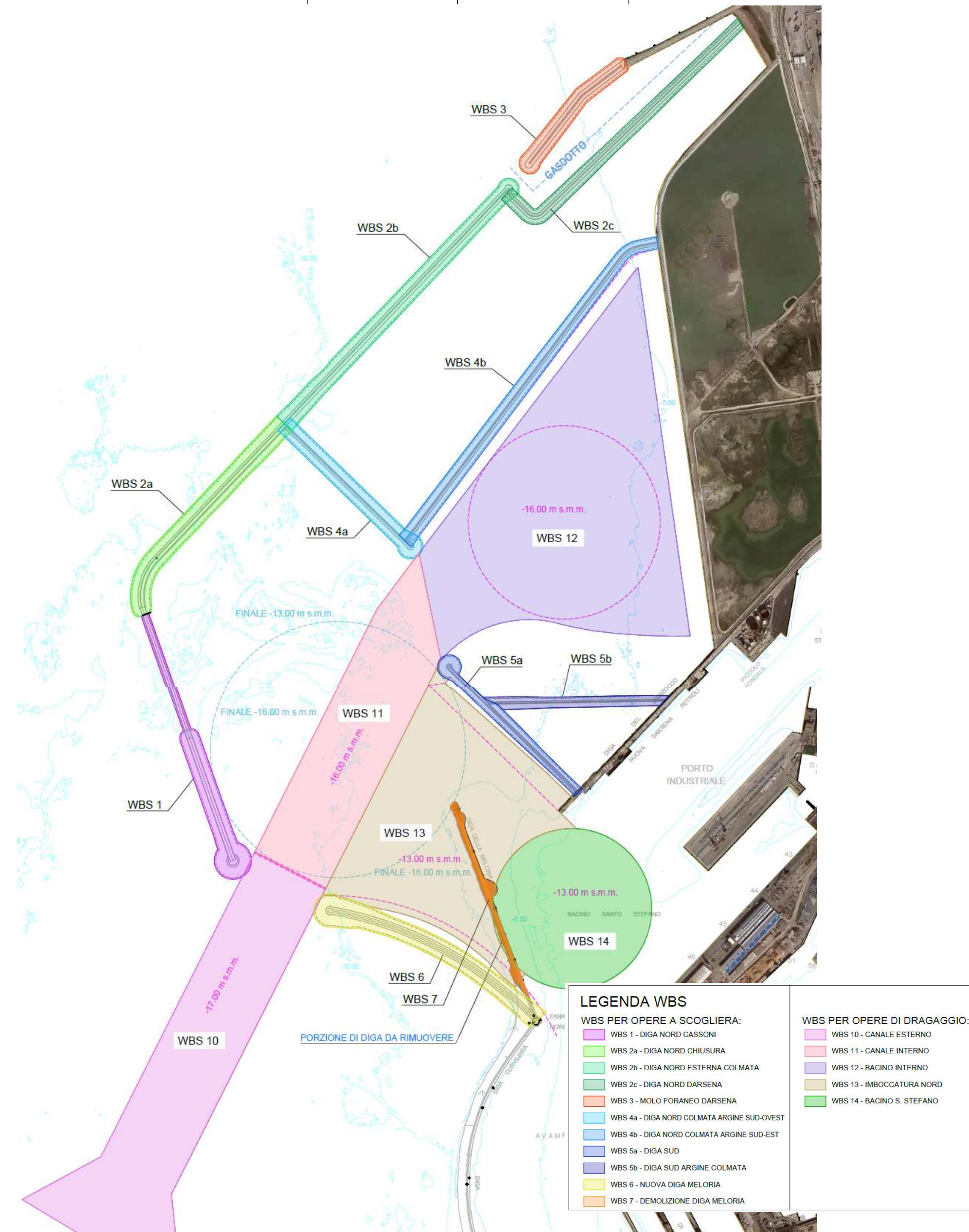


Figura 5: Planimetria delle opere di progetto e delle aree di dragaggio

Progetto:
 Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:
 Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:
 RELAZIONE GEOLOGICA
 1233_PP-B-001_0.docx

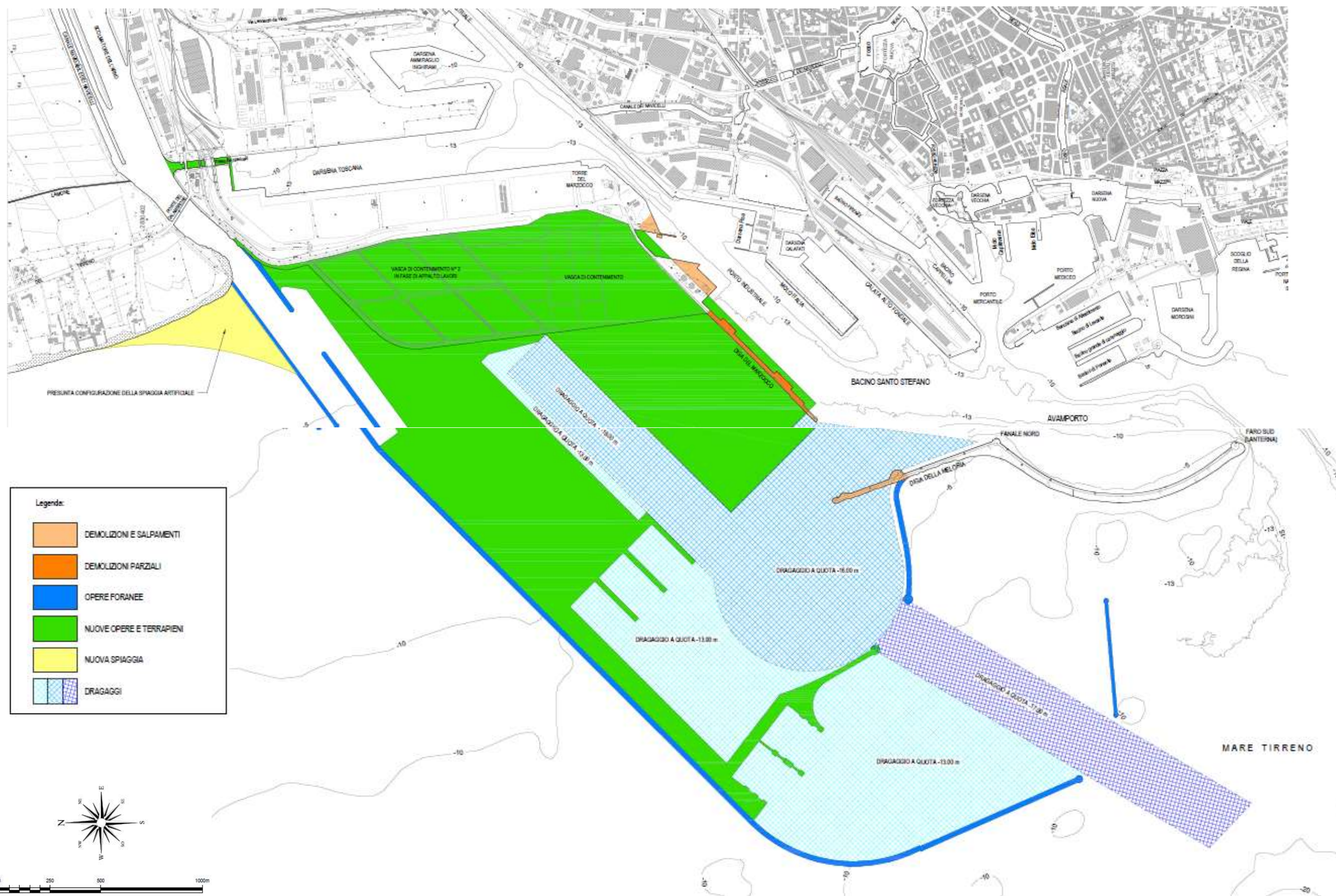


Figura 6: Schema planimetrico con evidenziati i principali interventi in progetto (da Piano Regolatore Portuale)

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

4.1 Inquadramento geologico

La città di Livorno sorge al margine meridionale della Pianura dell'Arno stretta tra la linea di costa e le colline livornesi.

Da un punto di vista strutturale essa occupa una delle depressioni tettoniche originatesi a partire dal Miocene superiore in conseguenza della rotazione antioraria della catena Appenninica. Tale depressione, come le altre poste più ad ovest, è stata riempita di sedimenti di origine sia alluvionale che marina.

Dall'analisi della Carta geologica dei comuni di Livorno e Collesalveti in scala 1:25.000 (Lazarotto, Mazzanti e Nencini, 1987), di cui un estratto è riportato in Figura 7, nell'intorno dell'area di studio si rilevano in affioramento le seguenti litologie:

- a) Depositi di **spiaggia attuale** (s), regolata dai moti ondosi del mare, dalle correnti e dalle maree insieme alle dinamiche di trasporto del Canale dello Scolmatore d'Arno; si tratta di sabbie molto fini tendenzialmente ancora in accumulo;
- b) Depositi di **alluvioni** (a), affiorante in destra idraulica dello Scolmatore e che corrisponde con la fase di risalita del livello di base dei fiumi conseguente a quella trasgressione versiliana del livello del mare;
- c) Depositi dei **sedimenti palustri, alluvionali e di colmata** (t), spesso non facilmente riconoscibili l'uno dall'altro;
- d) Depositi delle **Sabbie d'Ardenza** (q9) che sormontano le Calcareniti Sabbiose di Castiglioncello; sono sostanzialmente sabbie molto fini sempre di origine continentale e di accumulo eolico e di tipico colore arancio-rosso. Rappresentano per la zona una formazione tipica nell'ambito del cosiddetto Terrazzo di Livorno.

Naturalmente le aree portuali e le aree cittadine interne alle cerchie murarie storiche non sono cartografate in quanto oggetto di escavi e movimenti terra (porto) o in quanto obliterate dall'intervento antropico (centro cittadino).

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

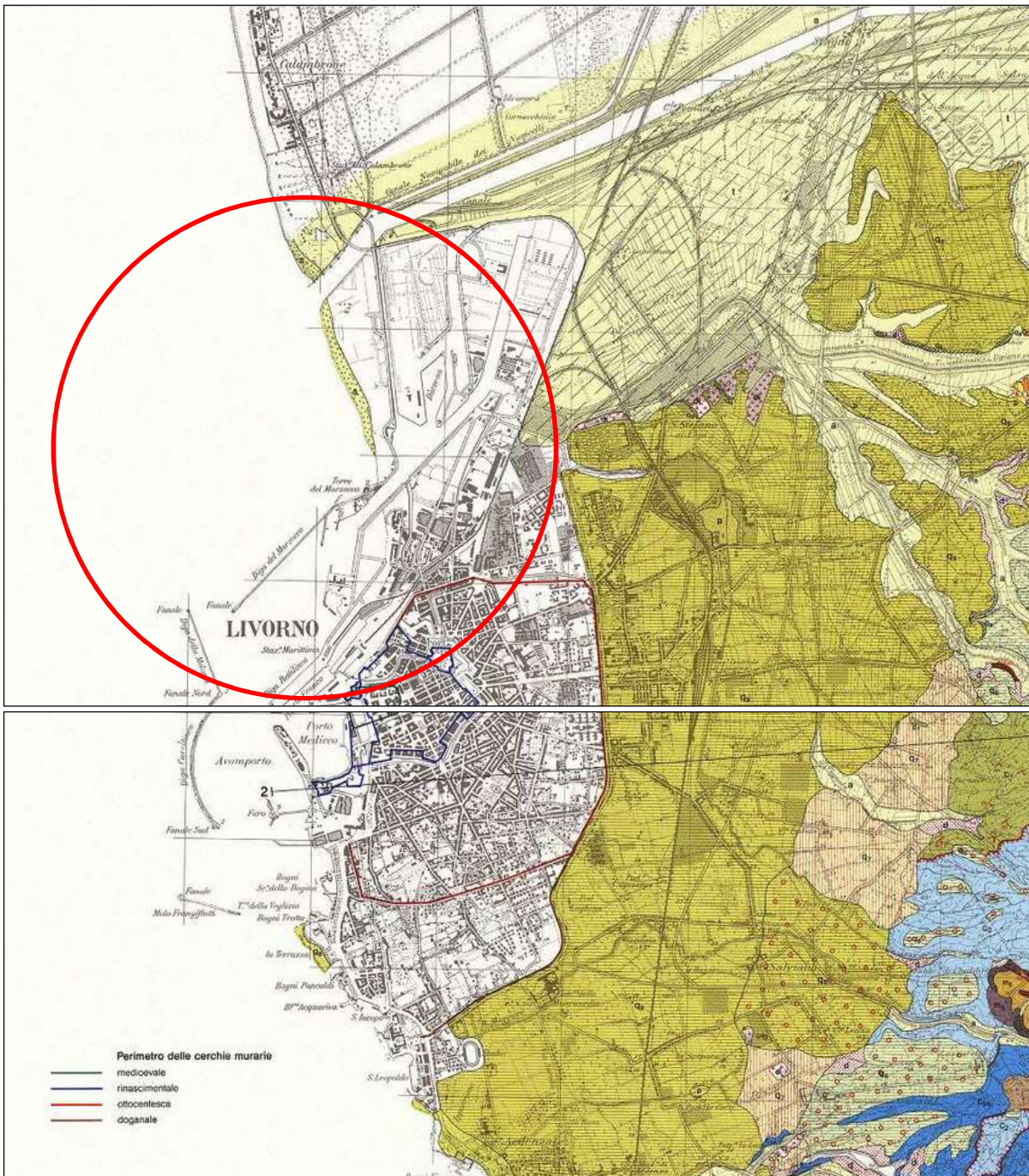
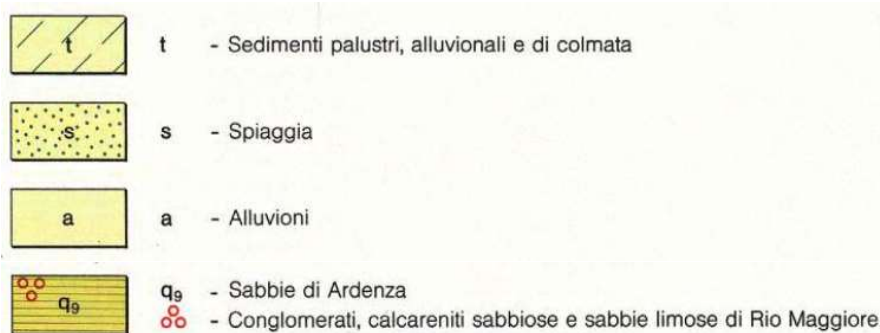


Figura 7: Estratto dalla Carta Geologica dei Comuni di Livorno e Collesalveti (Lazzarotto, Mazzanti, Nencini, 1987)



Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

La presenza di sedimenti pliocenici e quaternari di origine continentale o costiera è confermata anche nella carta geologica della Regione Toscana opportunamente ingrandita sull'area di indagine, di cui si riporta un estratto in Figura 8.

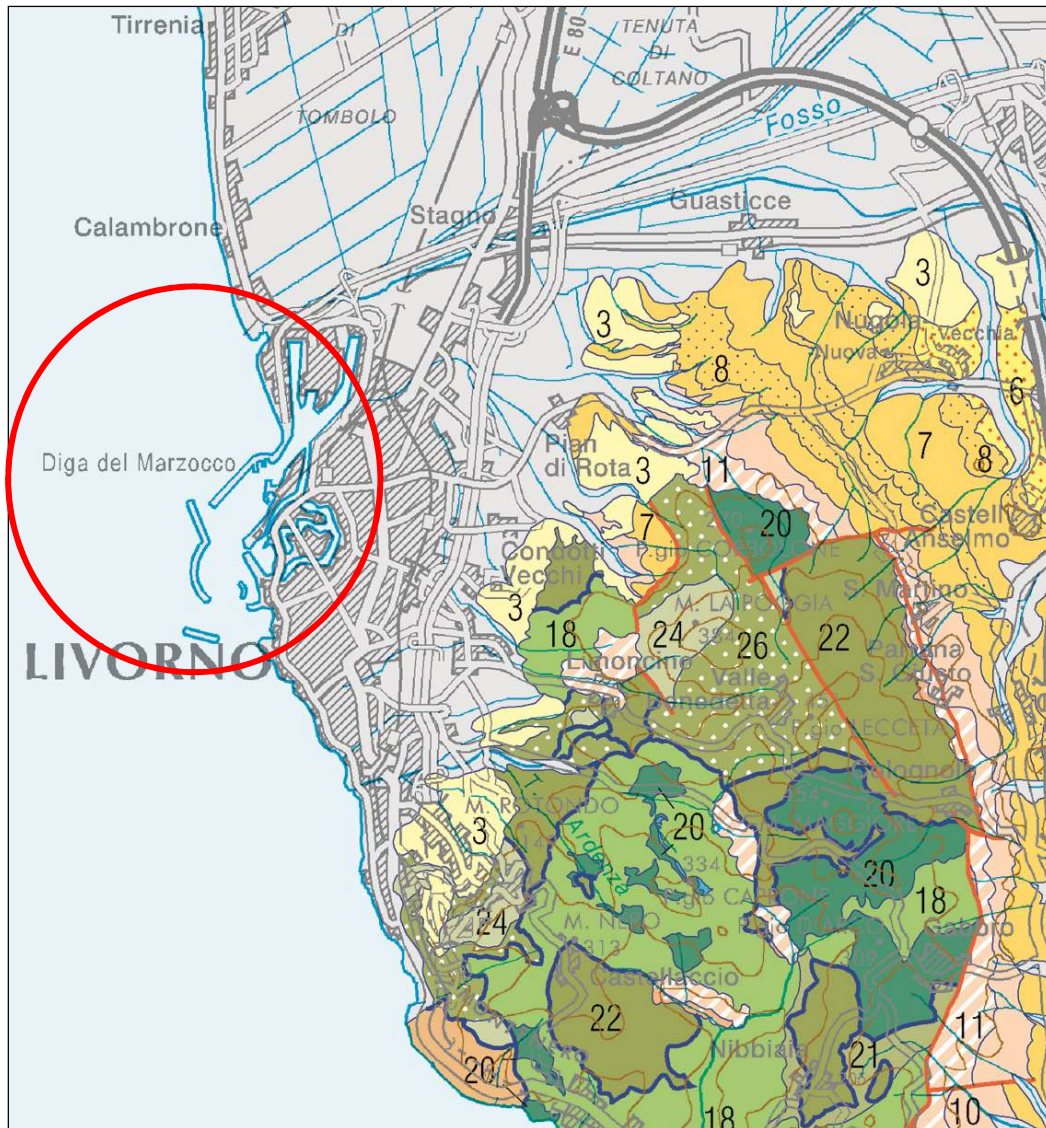


Figura 8: estratto dalla Carta geologica della Toscana alla scala 1 : 250.000

DEPOSITI CONTINENTALI E COSTIERI PLIOCENICI E QUATERNARI
PLIOCENE-QUATERNARY CONTINENTAL AND COASTAL DEPOSITS

- | | |
|---|--|
|  | Sabbie, ciottoli e limi (depositi alluvionali, eolici, lacustri, palustri, lagunari e di spiaggia).
QUATERNARIO SUP.
<i>Sands, pebbles and muds (alluvial, eolian, lacustrine, palustrine, lagoonal, coastal deposits).</i>
LATE QUATERNARY |
|  | Conglomerati, sabbie, silt, argille e calcari di ambiente fluvio-lacustre.
RUSCINIANO - VILLAFRANCHIANO
<i>Conglomerates, sands, silts, clays and limestones of fluvial-lacustrine environment.</i>
RUSCINIAN - VILLAFRANCHIAN |

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

4.2 Inquadramento geomorfologico

L'area interessata dal progetto, completamente interna alle strutture portuali esistenti o posta in corrispondenza del Mar Tirreno, non presenta com'è ovvio segni geomorfologici naturali. Al contrario la realizzazione di tali strutture ha comportato l'elisione delle caratteristiche geomorfologiche del territorio, come ad esempio del cordone litoraneo a sud della foce del Canale Scolmatore visibile in Figura 7 ed attualmente obliterato della banchina occidentale della Darsena Toscana e dalle colmate in via di completamento.

Le strutture geomorfologiche tipiche delle fasce costiere, caratterizzate da sistemi di cordoni dunali alternati a lame a carattere palustre, si sono invece conservate a nord del Canale Scolmatore.

Il segno geomorfologico più significativo rimasto nell'area è perciò il cosiddetto "Terrazzo di Livorno", il cui orlo, nella porzione settentrionale dell'abitato, è comunemente conosciuto come "Gronda dei lupi".

Il Terrazzo di Livorno costituisce la superficie, elevata di circa 6 m s.l.m.m., sulla quale si è sviluppata la città (Figura 9). Il suo orlo di scarpata è tuttora abbastanza ben riconoscibile e separa le aree residenziali da quelle industriali e portuali.

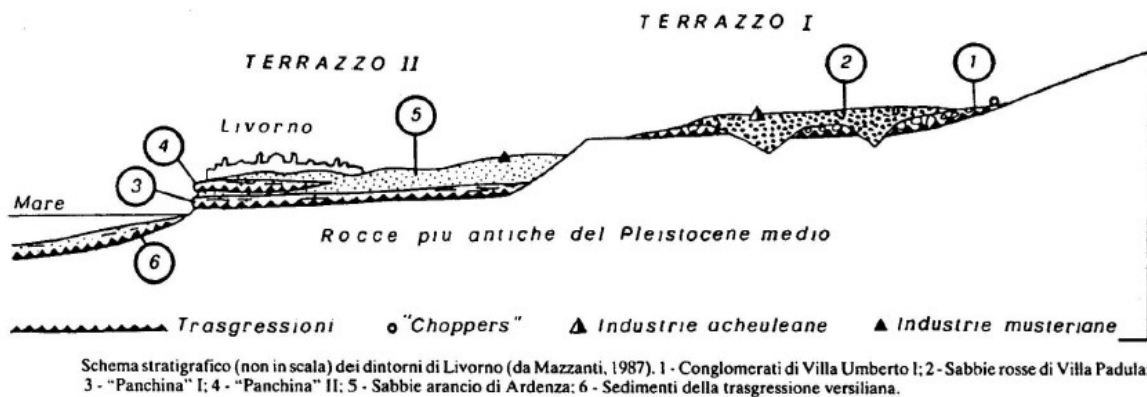


Figura 9: Schema stratigrafico dei dintorni di Livorno

Nella figura sottostante si riporta un estratto dalla Carta geomorfologica dell'area, dove è visibile il margine geomorfologico (linea rossa marcata) che separa l'area della piana del terrazzo di Livorno a Sud-Est dal margine meridionale della pianura alluvionale di Pisa.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

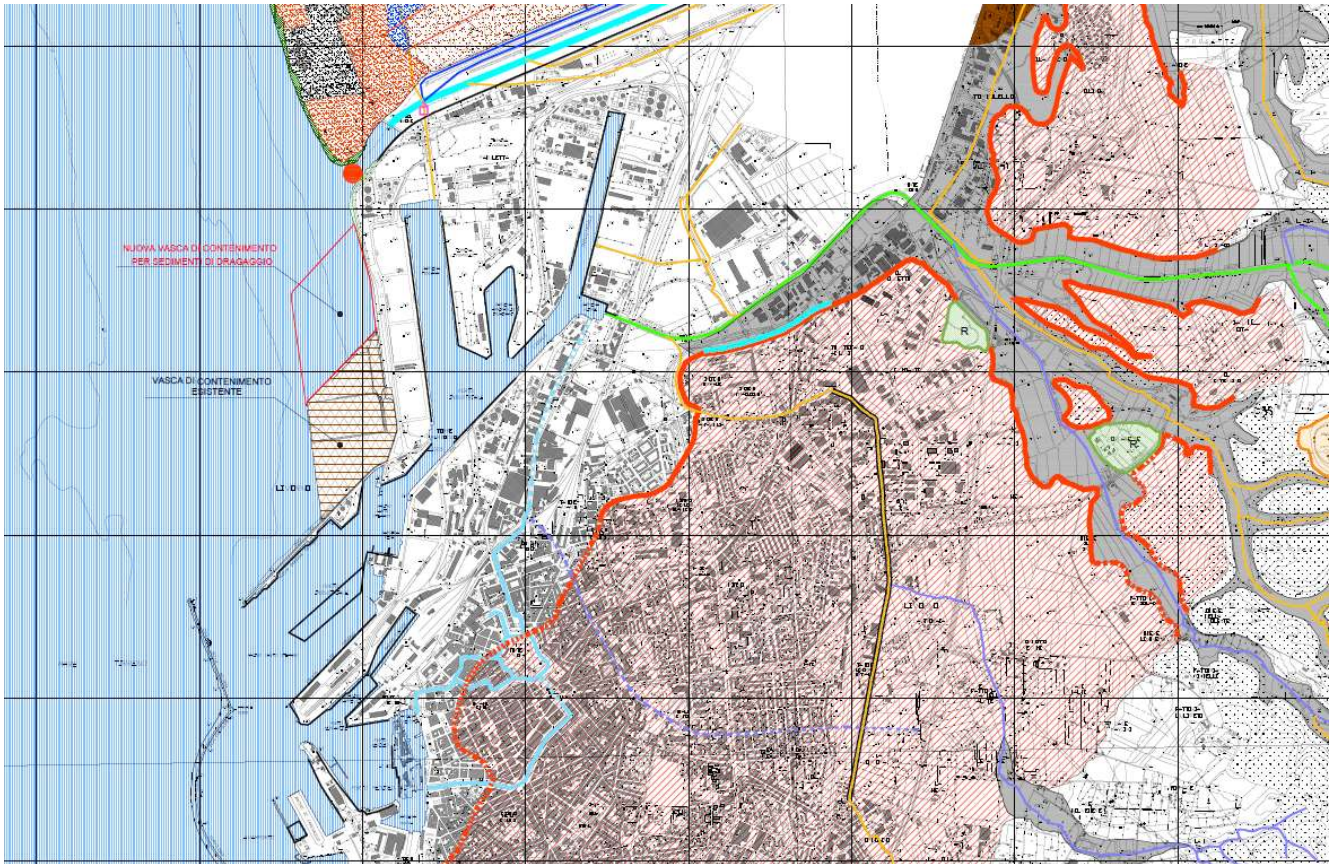















Figura 10: Estratto dalla Carta geomorfologica redatta per la Vasca di colmata dei sedimenti di dragaggio – Dott. Geol. Antonio Rafanelli

SISTEMA DEL TERRAZZO GEOMORFOLOGICO:

-  Margine geomorfologico visibile
-  Margine geomorfologico presunto
-  Plane del terrazzo
-  Alluvioni
-  Allineamento di bordo delle sorgenti storiche

FORME DUNALI:

-  Spiaggia attuale
-  Sistema dunale attivo (con debole attecchimento di piante alofite ed elaborazione delle forme ad opera di marosi e venti)
-  Sistema urbano realizzato entro il sistema dunale
-  (ceduato recente-forte impronta del sottobosco)
-  a. Area di tombolo a cordoni litoranei multipli consolidati
-  b. Modificazioni antropiche a scopi turistici-sportivi
-  (ceduato antico-debole impronta del sottobosco)
-  b. Modificazioni antropiche a scopi residenziali-industriali

4.3 Inquadramento tettonico

Nell'area della fascia costiera Toscana i lineamenti tettonici presentano prevalentemente una direttrice in senso NO-SE, ed una età posteriore al Miocene superiore. La zona di Livorno, dove insiste l'area di studio, in questo senso non fa eccezione nonostante siano presenti anche faglie disgiuntive con andamento NE-SW.

Come accennato in precedenza questa configurazione, correlata ad una tettonica distensiva dovuta alla rotazione antioraria della catena appenninica ed all'apertura del Mar Tirreno, dà luogo ad uno schema tettonico caratterizzato da alternanze di alti strutturali (in marrone in Figura 11) e bacini (in giallo nella stessa figura) impostati su fosse tettoniche.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

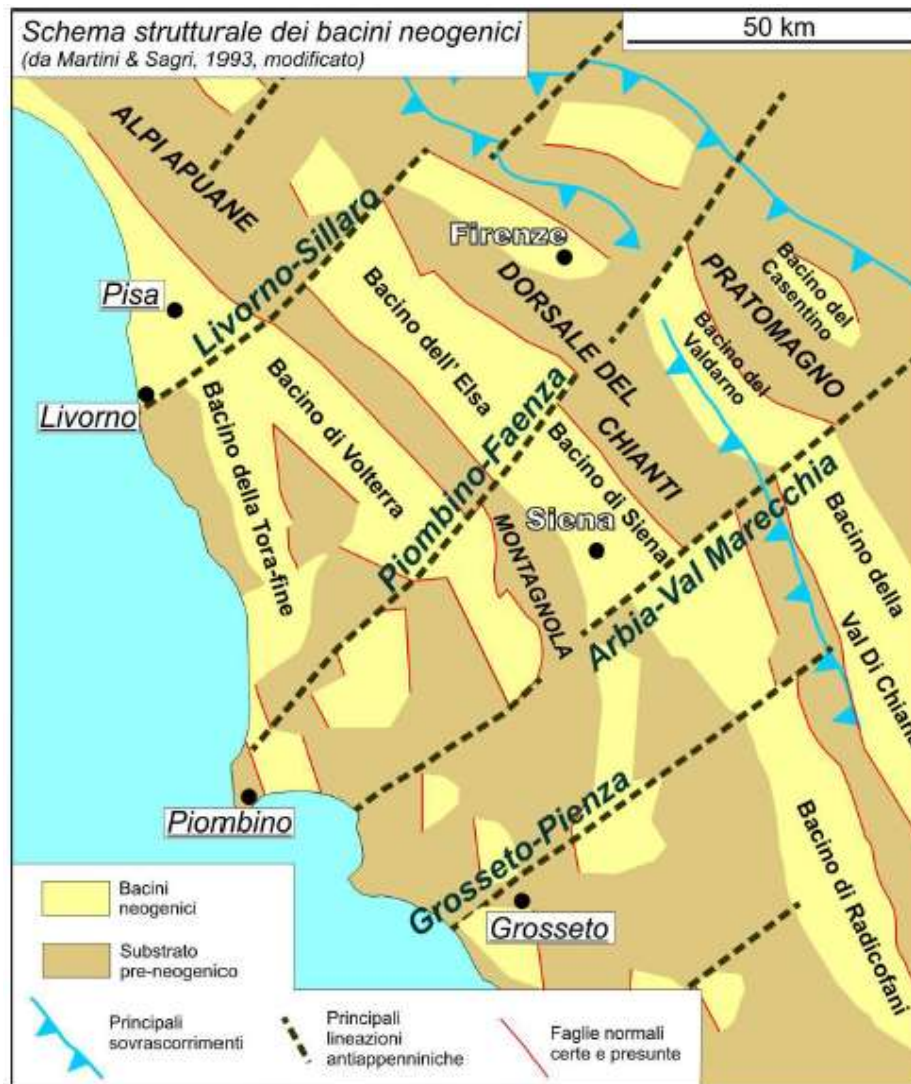


Figura 11: Schema strutturale dei bacini neogenici e dei principali lineamenti antiappenninici nell'area toscana (da Martini e Sagri 1993, modificato)

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

4.4 Inquadramento idrografico

L'assetto idrografico di superficie dell'area livornese si basa su tre tipologie di corsi d'acqua:

- 1) corsi d'acqua naturali che talvolta hanno subito rettifiche, modifiche di tracciato o lavori di rivestimento;
- 2) canali realizzati su antiche tracce di corsi d'acqua naturali mediante l'escavazione, il dragaggio o la formazione di banche fluviali con funzioni di regolamentazione e scolmature delle piene del Fiume Arno o con caratteristiche di navigabilità interna in collegamento con il mare;
- 3) tracce di canali tendenzialmente antropici con tipiche forme a "scacchiera" o a "rastrello" con evidenti funzioni di drenaggio delle aree acquitrinose per l'imbonimento dei terreni mal saldi.

Il primo gruppo è rappresentato dai torrenti e rii che traggono origine dai rilievi collinari ad est della città e che non interessano direttamente l'area di studio, ma al più la delimitano: il Torrente Ugione, il Rio dell'Acqua Puzzolente (affluente in sinistra idraulica del T. Ugione) ed il Rio Cigna.

Sotto il profilo geomorfologico il Torrente Ugione deve aver subito alcune modificazioni di tracciato anche in relazione agli sviluppi di espansione settentrionale della città, mentre è utile ricordare che in anni recenti (1980-1985) il tratto finale del Rio Cigna è stato completamente rivestito e la sua parte terminale è divenuta in pratica un canale trapezoidale rivestito in cemento.

Sono ricompresi nel secondo gruppo quei corpi idraulici che hanno una direzione più perpendicolare all'attuale linea di costa con andamento pressappoco ENE-WSW, come ad esempio lo Scolmatore d'Arno che è stato realizzato per proteggere l'abitato di Pontedera e Pisa dalle piene del Fiume Arno.

Altri corsi d'acqua artificiali degni di nota sono lo storico Canale dei Navicelli, ma anche il Canale Emissario di Bientina e la Fossa Chiara, il Fosso della Tora e l'Antifosso delle Acque Chiare.

Il terzo gruppo riguarda i canali e fossi di varia gerarchia realizzati allo scopo di bonificare le aree palustri negli ultimi 4 secoli. Molti di essi sono ad oggi scarsamente evidenti, tuttavia in diversi casi mantengono ancora la loro funzione di rete di drenaggio superficiale, particolarmente nella piana a nord del Canale Scolmatore d'Arno.

Progetto:	Livello progettazione:	Elaborato:
Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Progetto di fattibilità tecnico economica	RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx

4.5 Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico dell'area di Livorno e dei suoi dintorni è stato oggetto di diversi studi specifici, tra i quali sono stati presi in considerazione:

- 1) Studio idrogeologico della Piana di Livorno, Studio di geologia A. Rafanelli, 1980-1984;
- 2) Studio idrogeologico dell'Acquifero del Mortaiolo, Studio di geologia A. Rafanelli, 1980-1986.

Il primo prende in considerazione l'area compresa tra il torrente Ugione – Rio dell'Acqua Puzzolente a Nord ed il torrente Chioma a Sud, il secondo è incentrato su un'areale della Piana di Pisa posto a Nord del Canale Scolmatore d'Arno.

Pur concentrandosi su acquiferi profondi, in quanto volti alla ricerca idropotabile, tali studi restituiscono un assetto idrogeologico locale caratterizzato dalla presenza di numerosi di un acquifero multistrato, formato da più acquiferi sovrapposti, separati tra loro da orizzonti a bassa permeabilità. La ricostruzione geometrica delle strutture idrogeologiche è comunque sempre molto impegnativa, a causa soprattutto della complessità degli originari sistemi deposizionali (fluvio-lacustre e marino-transizionale-eolico), che comportano frequenti passaggi laterali e verticali delle litofacies.

Il livello statico di queste falde si attesta a quote prossime al piano campagna, con soggiacenza dell'ordine di 1 – 2 m, mentre la direzione di deflusso è circa NordOvest in corrispondenza della Piana di Livorno, e Ovest in corrispondenza delle aree a Nord dello Scolmatore d'Arno.

Gli acquiferi più superficiali, che possono venire in contatto con le opere in progetto, sono comunque caratterizzati solitamente da produttività limitata, a causa di aree di ricarica di limitata estensione, e qualità chimica delle acque scarsa, principalmente a causa dell'elevata durezza.

4.6 Contesto idrografico dell'area portuale

L'area portuale di Livorno è inserita nel contesto idrografico della Piana di Pisa e della Piana di Livorno, segnato da un'elevata antropizzazione dovuta alle opere di bonifica delle aree situate nella Piana di Pisa, alla necessità proteggere il territorio dalle inondazioni del fiume Arno e dallo sviluppo delle aree industriali nella porzione settentrionale della città di Livorno.

L'area portuale in particolare è delimitata a Nord dal Canale Scolmatore d'Arno, corso d'acqua artificiale creato negli anni '50 e '60 al fine di proteggere la città di Pisa dagli eventi alluvionali più intensi, come quello del 1949. Esso trae origine con un'opera di presa a valle di Pontedera e sfocia nel Mar Tirreno dopo un percorso di circa 28 Km e dopo aver ricevuto alcuni corsi d'acqua minori quali il Fosso Tora, il Canale dei Navicelli, il Canale Industriale ed il Canale Tora o Antifosso delle Acque Chiare.

Il Canale Scolmatore d'Arno è interessato da un progetto di navigabilità volto a garantire un collegamento tra il porto di Livorno, l'interporto "A. Vespucci" di Guasticce e l'autoparco "Il Faldo", situato a Nord di Vicarello.

All'interno dell'area portuale inoltre sfociano alcuni corsi d'acqua che nascono nelle alture ad Est della città, il torrente Ugione, il Ro Cigna, il Rio dell'Acqua Puzzolente. Si tratta di corsi d'acqua che, nel loro tratto terminale all'interno del tessuto urbano della città sono stati interessati anch'essi da interventi di rettificazione, e che presentano una foce comune in corrispondenza della "Darsena Ugione".

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA

5.1 Pericolosità sismica

Per quanto riguarda la definizione del parametro accelerazione al suolo, nella figura seguente si riportano i valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV) espresso in termini di accelerazione fondamentale del suolo $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% (SLV) in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A; Class. Ed. II.) $a(g)$ fondamentale al suolo = 0.075-0.100 g

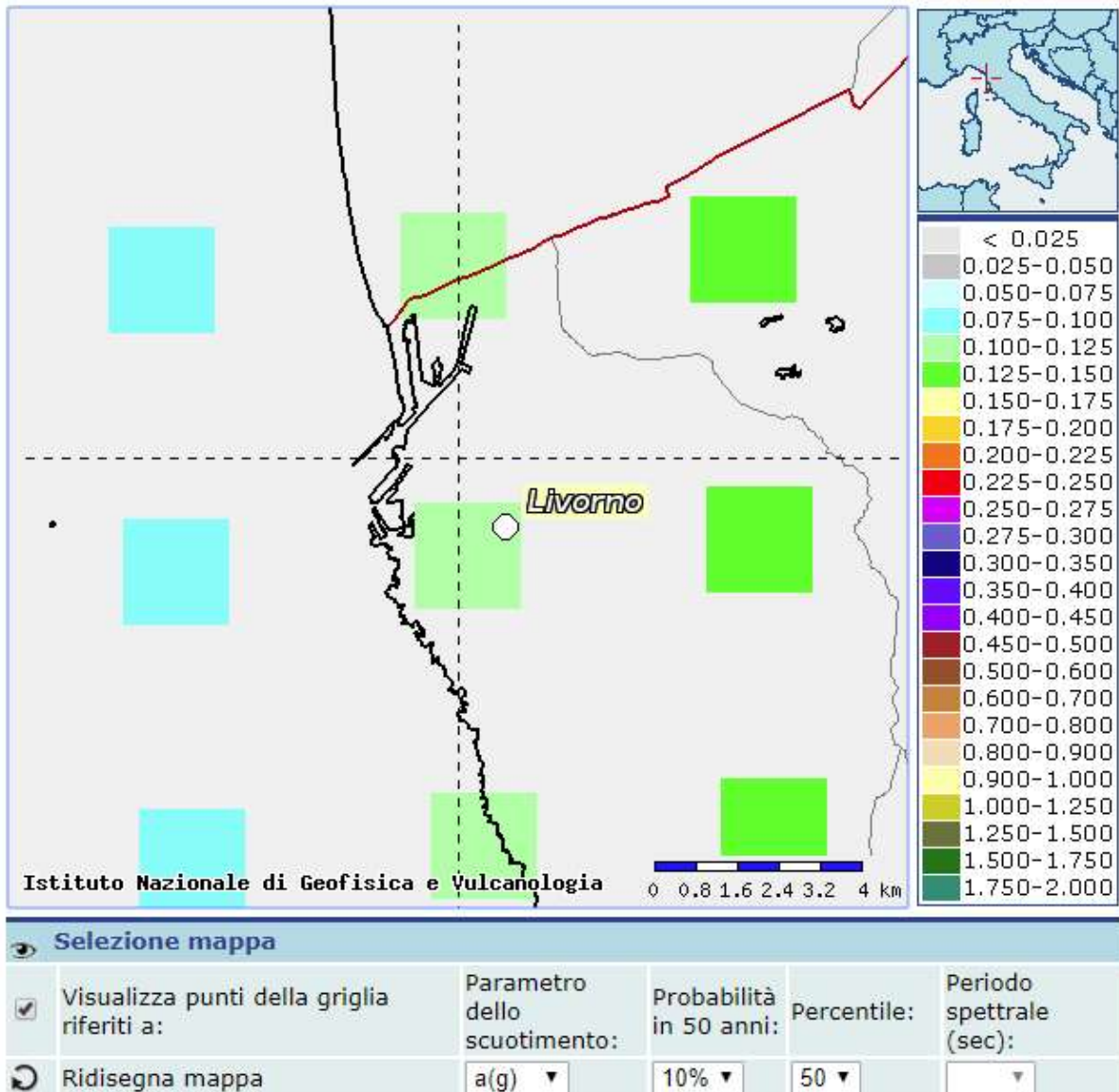


Figura 12 : Mappa dell'accelerazione fondamentale al suolo

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

5.2 Categoria topografica

Per quanto riguarda le caratteristiche della superficie topografica, necessarie per la definizione del parametro ST, esse sono definite nella Tab. 3.2.III delle NTC2018:

Tabella 1: Categorie topografiche (Tab. 3.2.III NTC 2018)

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Dato che l'area di studio è rappresentata da un'area costiera antistante il Porto di Livorno, con quote fondale mediamente comprese tra -4 e -10 **m s.l.m.**; la superficie topografica è pertanto classificabile in **categoria T1** “superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

5.3 Definizione dell'azione sismica locale

Secondo quanto prescritto nel capitolo 3.2.2 “Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche” del testo delle NTC2018 “Norme tecniche per le costruzioni” – Decreto del 17/01/2018, si stabilisce che:

“Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite della Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, VS,eq (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con: h_i = spessore dell'i-esimo strato;

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N= numero di strati

H= profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tabella 2: Estratto Categorie sottosuolo da NTC2018

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nello specifico, per la stima della $V_{S,eq}$ e quindi della categoria di sottosuolo sulla base della prova penetrometrica più profonda, è stata utilizzata la relazione di Robertson et al. (1992) che mette in correlazione la resistenza alla punta misurata in fase di prova CPTU (q_c) con la velocità delle onde di taglio (V_S):

$$V_S = \left[10^{0,55 \lg + 1,68} \frac{(q_c - \sigma_{vo})}{p_a} \right]^{0,5}$$

dove p_a rappresenta la pressione atmosferica e σ_{vo} la pressione litostatica alla profondità di calcolo.

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

Il calcolo di cui sopra, eseguito per tutti i valori di q_c rilevati nelle prove CPTU ID 55 e ID 46, ha permesso di stimare un valore di $V_{s_{eq}}$ nei primi 30 m (V_{s30}) pari a circa **200 m/s**; il sottosuolo in esame può pertanto ragionevolmente essere classificato in **categoria C**.

C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
----------	--

Per quanto riguarda una descrizione dettagliata dell'azione sismica locale si rimanda all'elaborato 1233_PP-B-004_0 "Relazione sismica".

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

6 INDAGINI IN SITO

Il raggruppamento Temporaneo di Imprese composto da Geotec S.p.A., Sondedile s.r.l., Geoter s.r.l., Get s.r.l., a far data dal mese di Luglio 2019 ha eseguito attività di indagine geognostica a mare mediante l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo, con esecuzione di prove geotecniche in foro, e prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU.

Tutte le verticali di indagine sono state eseguite da piattaforma a mare.

L'ubicazione delle verticali di indagine eseguite ad oggi è visibile nell'elaborato progettuale "Planimetria delle indagini geotecniche e ambientali ", codice elaborato "1233_PP-B-101_0". Descrizione dettagliata delle indagini svolte e dei risultati ottenuti è contenuta nell'elaborato progettuale "Relazione sulle indagini geognostiche", codice elaborato "1233_PP-B-002_0".

Di seguito si riporta una breve descrizione delle attività geognostiche svolte e completate ad oggi, di cui si ha riscontro nel documento Report intermedio "Fase 1" - RTI Esecutore del 21/10/2019.

6.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti seguendo la norma A.G.I. 1977, utilizzando una sonda perforatrice tipo EGT VD 700, posizionata su piattaforma, mediante perforazione a carotaggio continuo diametro 101 mm e rivestimento del foro di sondaggio fino a fondo foro. Le carote di terreno estratte sono state riposte in cassette catalogatrici in PVC e fotografate; sulle stesse sono state eseguite prove speditive di Pocket penetrometer e Torvane. A fine sondaggio tutti i fori di sondaggio sono stati cementati.

Nel corso di ciascun sondaggio sono state eseguite alcune prove geotecniche in foro, nello specifico prove di standard penetration test (SPT), prove pressiometriche e prove di permeabilità Lefranc a carico variabile.

Sono stati inoltre prelevati alcuni campioni rimaneggiati e/o indisturbati di terreno, mediante campionatore Shellby e/o Osterberg, finalizzati all'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio.

Ad oggi risultano completati n. 24 sondaggi a carotaggio continuo, con profondità di investigazione variabile compresa tra 30 e 100 m, nella maggioranza dei casi comunque dell'ordine di 40 m da quota fondale.

Di questi, n. 16 sondaggi a carotaggio continuo competono alla Prima Fase, mentre n. 8 sondaggi geognostici risultano un anticipo dell'indagine geognostica prevista per la Seconda Fase.

Nella tabella seguente si riporta un elenco dei sondaggi completati ad oggi, la cui ubicazione è visibile nell'elaborato progettuale "1233_PP-B-101_0". Per un'analisi dettagliata delle caratteristiche di ciascuna verticale di indagine si rimanda alla documentazione fotografica e ai log stratigrafici redatti da Geotec Spa, utilizzati dalla scrivente per redarre il modello geologico del terreno e le Sezioni Stratigrafiche di cui all'elaborato 1233_PP-B-102_0.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

ID	N. Sondaggio	Profondità (m da fondale)	Tipologia prove geotecniche in foro e prelievo campioni*	Fase di progett. N.1	Fase di progett. N.2
1	S1	60	3 CI, 2 CR, 9 SPT	X	
2	S2	40	3 CI, 6 CR, 6 SPT, 5 PR	X	
5	S3	40	6 CI, 5 SPT, 1 LF	X	
6	S4	30	3 CI, 2 CR, 6 SPT	X	
7	S5	40	4 CI, 4 SPT, 5 PR	X	
9	S7	40	4 CI, 4 CR, 8 SPT	X	
10	S8	40	1 CI, 6 SPT, 1LF	X	
12	S9	40	1 CI, 3 CR, 5 SPT	X	
14	S10	30	3 CI, 7 CR, 6 SPT	X	
15	S11	40	4 CI, 9 SPT, 1 LF	X	
16	S12	60	1 CI, 8 SPT, 5 LF	X	
24	S16	100	10 CI, 10 CR, 4 SPT	X	
26	S17	60	2 CI, 11 CR, 10 SPT, 1 LF	X	
36	S20	60	5 CI, 8 SPT		X
37	S21	40	4 CI, 8 SPT, 3 PR		X
39	S22	40	3 CI, 7 SPT		X
40	S23	60	4 CI, 13 SPT		X
41	S24	40	4 CI, 7 SPT		X
42	S25	60	8 CI, 5 SPT		X
46	S26	40	5 CI, 4 SPT, 5 PR	X	
49	S27	40	5 CI, 7 SPT	X	
53	S29	40	5 CI, 6 SPT		X
56	S06	40	3 CI, 9 SPT, 1 LF	X	
57	S30	40	7 CI, 1 CR, 3 SPT		X

* CI = campione indisturbato, CR = campione rimaneggiato, SPT = Prova di standard penetration test, PR = prova pressiométrica, LF = prova di permeabilità Lefranc a carico variabile

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

6.2 Prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono

Ad oggi sono state eseguite n. 9 prove penetrometriche statiche elettriche con piezocono CPTU, di cui n.2 prove eseguite con Penetrometro Statico PAGANI TG 73-200KN montato su Autocarro MAGIRUS IVECO 4x4 160-17 e n.7 prove eseguite con Penetrometro Statico cingolato standard PAGANI TG 63-200KN, rispettando quanto previsto nella normativa ASTM D 5778.

Per la prova è stata utilizzata una punta elettrica con piezocono del tipo G1-CPL2IN e relativo sistema di acquisizione D1-PEN8 forniti dalla TECNOPENTA S.r.l. le cui caratteristiche sono sintetizzate di seguito:

Modello: PIEZOCONO G1- CPL2IN

Punta conica:

Diametro : 35.70 mm

Altezza nominale : 30.90 mm

Angolo di apertura : 60°

Area nominale : 1000.00 mm²

Altezza filtro : 5.00 mm

Diametro interno filtro : 27.00 mm

Distanza tra filtro e base cono : 4.00 mm

Altezza quadring : 3.50 mm

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle prove eseguite; per i dettagli relativi alle singole prove si rimanda ai diagrammi redatti da Geoter.

ID	N. CPTU	Profondità (m da fondale)	Prove di dissipazione delle sovra-pressioni neutrali	Fase di progett. N.1	Fase di progett. N.2
1	1	15		X	
9	4	31.2		X	
10	28	25.6	X	X	
14	7	18.4		X	
24	29	33.3	X	X	
27	12	20.9		X	
46	21	30.9		X	
48	23	37		X	
55	26	31.3	X	X	

Si rimanda al Documento Report intermedio "Fase 1" – Prove CPTU, RTI Esecutore del 21/10/2019 per quanto riguarda i dettagli dell'indagine e il report dei risultati.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

7 MODELLO GEOLOGICO

7.1 INQUADRAMENTO LITOSTRATIGRAFICO DELL'AREA DEL "TERRAZZO DI LIVORNO"

Il territorio circostante l'area in esame risulta particolarmente interessante dal punto di vista stratigrafico, coinvolgendo sia l'area della piana del terrazzo di Livorno a Sud-Est sia il settore meridionale della pianura alluvionale di Pisa; i due contesti geomorfologici distinti sono separati da un lineamento geomorfologico di tipo "scarpata erosiva" ben visibile nella Carta Geologica e geomorfologica. Per questo motivo l'area è stata oggetto di diversi studi stratigrafici corredati da tests paleontologici e datazioni ¹⁴C. Di questi, per la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e del modello geologico del sottosuolo, vengono considerati nello specifico due studi.

Il primo lavoro, pubblicato sul Bollettino della Società Paleontologica Italiana da Dall'Antonia, Ciampalini, Michelucci, Zanchetta, Bossio e Bonadonna (2004) si basa su uno studio multidisciplinare condotto su 15 sondaggi guida effettuati nell'area di Livorno. Esso individua n.7 unità stratigrafiche per l'area di Livorno, **dalla più antica alla più recente:**

UNITA' 1: Questa unità stratigrafica è datata Pleistocene Inferiore e comprende due sub-unità, la prima caratterizzata da sabbie limose e argille azzurre-grigie con limi argillosi e la seconda in cui sono incluse alternanze di limi-sabbiosi, sabbie medie-fini ed argille con sabbie grossolane;

UNITA' 2: questa unità, datata Pleistocene Inferiore, è caratterizzata da sabbie grossolane e ghiaie sparse con passaggi a sabbie più fini fino alle argille;

UNITA 3: Questa unità, datata Pleistocene superiore, è ben evidente e posta alla base del Terrazzo di Livorno ed è costituita da una sabbia con clasti calcarenitici spesso cementata in forma di calcarenite (panchina) con abbondanti conchiglie marine (molluschi); essa è correlata ad un deposito trasgressivo datato circa 125.000 anni fa;

UNITA' 4: Attribibile sempre al Pleistocene superiore (circa 40.000 anni fa) essa consiste in un'alternanza di limi-argillosi grigi-azzurri e sabbie e sembra essere posizionata tra il Terrazzo di Livorno e la Pianura di Pisa.

UNITA' 5: Questa unità viene suddivisa in due unità delle quali l'unità inferiore comprende limi e argille sabbiose con spessori di ghiaie o sabbie grossolane mentre l'unità superiore è composta da sabbie e sabbie limose con vari livelli di sabbie più grossolane. Per questa unità l'ambiente deposizionale varia da piano alluvionale con caratteristiche di trasporto di materiale anche a depositi di corrente.

UNITA' 6: Questa unità è composta da limi sabbiosi e limi argillosi con sabbie con presenza di molluschi e gasteropodi di acqua fresca e nei livelli superiori anche forme di molluschi terrestri; l'età risulta anteriore all'Olocene.

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

UNITA' 7: L'unità più superficiale è composta nella parte inferiore da sabbia grossolana localmente con ghiaia, attribuita alla trasgressione versiliana, e nella parte superiore da limi sabbiose e sabbia limose ricche in resti di Posidonia oceanica. Si tratta di un deposito Olocenico che nella componente più recente, ovvero nel livello più superficiale, indicherebbe una deposizione avvenuta anche in epoca storica (circa 1.000 anni fa).

Il secondo studio, redatto dall'Area della ricerca del CNR nel 2018 "Relazione stratigrafica, micropaleontologica e sedimentologica del sottosuolo della Torre del Marzocco (Livorno) e caratterizzazione geocronologica dei reperti lignei rinvenuti", individua solamente tre unità, dalla più antica alla più recente:

UNITA' 1: Questa unità stratigrafica è datata Pleistocene inferiore ed costituita principalmente da un'alternanza di livelli di sabbia fine limosa molto fossilifera di colore grigio, e livelli di limo argilloso molto consistente e fossilifero anche esso di colore grigio. Le associazioni a microfossili sono indicative di un ambiente marino costiero, con batimetrie variabili (tra circa 0 e 20m di profondità). Profondità relativamente maggiori, sempre nei limiti dell'ambiente neritico interno (non oltre i 50m di profondità), possono essere ipotizzate per i livelli limoso-argillosi.

UNITA' 2: È costituita da livelli decimetrici di calcarenite o conglomerato, talvolta frammentati e accumulati in una sabbia ocra. Corrisponde ai depositi trasgressivi del Pleistocene superiore (Tirreniano) molto diffusi nel sottosuolo della città di Livorno e sono attribuibili ad un ambiente deposizionale marino litorale o transizionale.

UNITA' 3: In questa unità sono riconoscibili livelli metrici di limo sabbioso e sabbia limosa di colore grigio con abbondanti resti di Posidonia oceanica; è confermata un'età corrispondente alla trasgressione Versiliana dell'Olocene. In particolare i livelli più superficiali si sarebbero depositati probabilmente in epoca storica.

UNITA' 4: Questa unità, formatasi in epoca storica, è costituita da materiale antropico principalmente lapideo, ha un aspetto caotico e spessore molto variabile.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

7.2 MODELLO GEOLOGICO DEL TERRENO

L'indagine a mare eseguita nell'ambito del progetto preliminare e definitivo della Fase 1 ha messo in evidenza la presenza più o meno continua di alcune delle unità indicate nell'inquadrimento litostratigrafico generale dell'area costiera su cui sorgerà la nuova Piattaforma Europa. Di fatto l'ambito di studio si trova in una zona di transizione tra un'area caratterizzata da ambiente deposizionale alluvionale o di colmata, corrispondente al margine meridionale della Pianura alluvionale di Pisa, e il dominio del "Terrazzo di Livorno" dove predominavano ambienti deposizionale di tipo litorale e costiero e dove è presente un livello più o meno continuo di panchina (sabbie calcarenitiche). Questi diversi domini deposizionali si traducono in termini litologici in orizzonti stratigrafici discretamente eterogenei sul piano sia orizzontale sia verticale.

Nello specifico nell'area di indagine si possono riconoscere tre unità stratigrafiche principali, che a loro volta presentano al loro interno diversi orizzonti litologici con granulometria discretamente variabili, così schematizzabili:

Orizzonte superiore (Olocene): Limo da sabbioso a debolmente sabbioso, grigio, con resti di bivalvi e di fanerogame di posidonia oceanica; localmente ghiaioso e con limitati orizzonti di ghiaia sabbioso-limoso superficiale. Questo orizzonte si presenta generalmente da sciolto a poco addensato e con spessori variabili da 3 a 8 m; esso rappresenta inoltre un confine litostratigrafico abbastanza netto, formatosi in un ambiente transizionale vicino alla linea di riva e in presenza di una piana costiera poco inclinata. Questo orizzonte è presente in modo continuo, anche se con spessori variabili, in tutta l'area di indagine. L'eterogeneità litologica e di spessore dell'unità conferma quanto già indicato dalle indagini pregresse che hanno interessato i settori ad est del settore oggetto del presente studio (vasca di contenimento per sedimenti di dragaggio del porto di Livorno - 2010).

Il tetto di questa unità corrisponde al fondale marino mentre il letto è posto a quota variabile da -10.0 a -16.5 m s.l.m.; essa può corrispondere all'Unità 3 definita dallo studio del CNR del 2018.

Nella figura seguente è visibile una foto del litotipo caratteristico di questo orizzonte:



Figura 13: Sondaggio ID10-S08, da 0 a 2 m in cassetta; esempio di facies con elementi di ghiaia e resti di posidonia

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx



Figura 14: Sondaggio ID02-S02, da 2 a 5 m in cassetta; esempio di facies con resti di fanerogame di *posidonia oceanica*

Orizzonte intermedio (Pleistocene superiore): Sabbia medio-fine limosa color ocre generalmente con clasti calcarenitici (panchina) passante localmente lateralmente a ghiaia sabbioso-limosa. Si tratta di depositi connessi alla trasgressione tirreniana, formati in ambiente marino litorale o transazionale; in particolare i clasti poligenici derivano dalla disgregazione della (Panchina). Questo orizzonte si presenta generalmente moderatamente addensato e con spessori medi di ordine metrico (da 1 a 3 m); i livelli ghiaioso-sabbiosi si presentano invece in genere più spessi con spessore di ordine plurimetrico. Come accennato in precedenza, dati i diversi domini deposizionali cui insiste l'area di intervento, questo orizzonte presenta caratteristiche costituzionali e di giacitura discretamente eterogenee, risultando pseudo-litoide (calcarenite) nella parte nord-orientale della *Diga Nord a scogliera* (Sondaggio ID26-S17) e sabbioso-limoso con o senza clasti poligenici calcarenitici nella parte centra della *Diga Nord e Sud a palancole e scogliera* e nella *Diga Nord a cassoni*. Nel margine Sud-orientale della *Diga Nord a scogliera* e nel margine settentrionale della *Diga Nord a cassoni*, al posto della sabbia calcarenitica è presente ghiaia sabbioso-limosa. Nel margine meridionale della *Nuova diga della Meloria a scogliera* questo orizzonte è assente, pertanto vi è contatto diretto tra l'Orizzonte superiore olocenico e l'orizzonte inferiore pleistocenico medio.

Il tetto di questa unità è posto a quota variabile da -10.0 a -16.5 m s.l.m. mentre il letto è posto a quota da circa -15 a circa -19 m s.l.m.; essa può corrispondere all'Unità 2 definita dallo studio del CNR del 2018.

Nella figura seguente è visibile una foto del litotipo caratteristico di questo orizzonte:



Figura 15: Sondaggio ID26-S17, da 5 a 7 m in cassetta; calcarenite semi-litoide e contatto con l'Orizzonte superiore al tetto

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx



Figura 16: Sondaggio ID10-S08, da 5 a 10 m in cassetta; sabbia fine con clasti calcarenitici (color nocciola/ocra/avana)

Orizzonte inferiore (Pleistocene medio): Sabbie da medie a fini limose, alternate a livelli limoso-sabbiosi e argilloso-limosi, di colore grigio piombo e con orizzonti plurimetrici di ghiaia eterometrica sabbioso-limosa. Questo orizzonte si presenta da moderatamente addensato ad addensato nei livelli incoerenti a generalmente consistente nei livelli coesivi. Dal punto di vista deposizionale i sedimenti sabbioso limosi con resti di bivalvi sono ascrivibili ad un ambiente deposizionale costiero con batimetrie variabili da 0 a 20 m; diversamente, per i sedimenti più fini argilloso-limosi sono ipotizzabili batimetrie più profonde (non oltre i 50 m di profondità). Diversamente, i sedimenti ghiaioso-sabbiosi poligenici risultano correlabili a episodi di deposizione fluviale di antichi paleoalvei o conoidi fluviali che trasportarono materiale dall'antico entroterra livornese-pisano. **Questa unità può corrispondere all'Unità 1 definita dallo studio del CNR del 2018.**

In generale in tutta l'area di indagine della Fase 1 questo orizzonte può essere suddiviso in almeno tre sub-orizzonti litostratigrafici, di seguito elencati dal superiore (più recente) all'inferiore (più antico):

Sub-Orizzonte 1, da circa -15/-19 m s.l.m. a circa -19/-30 m s.l.m.: Sabbia fine limoso-argilla alternata a livelli limoso-sabbiosi/argillosi con resti di bivalvi, generalmente moderatamente addensata, color grigio piombo; localmente passante lateralmente a ghiaia medio-fine poligenica e argilla limosa con intercalazioni di sabbia fine.

Nella figura seguente è visibile una foto del litotipo caratteristico di questo orizzonte:

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

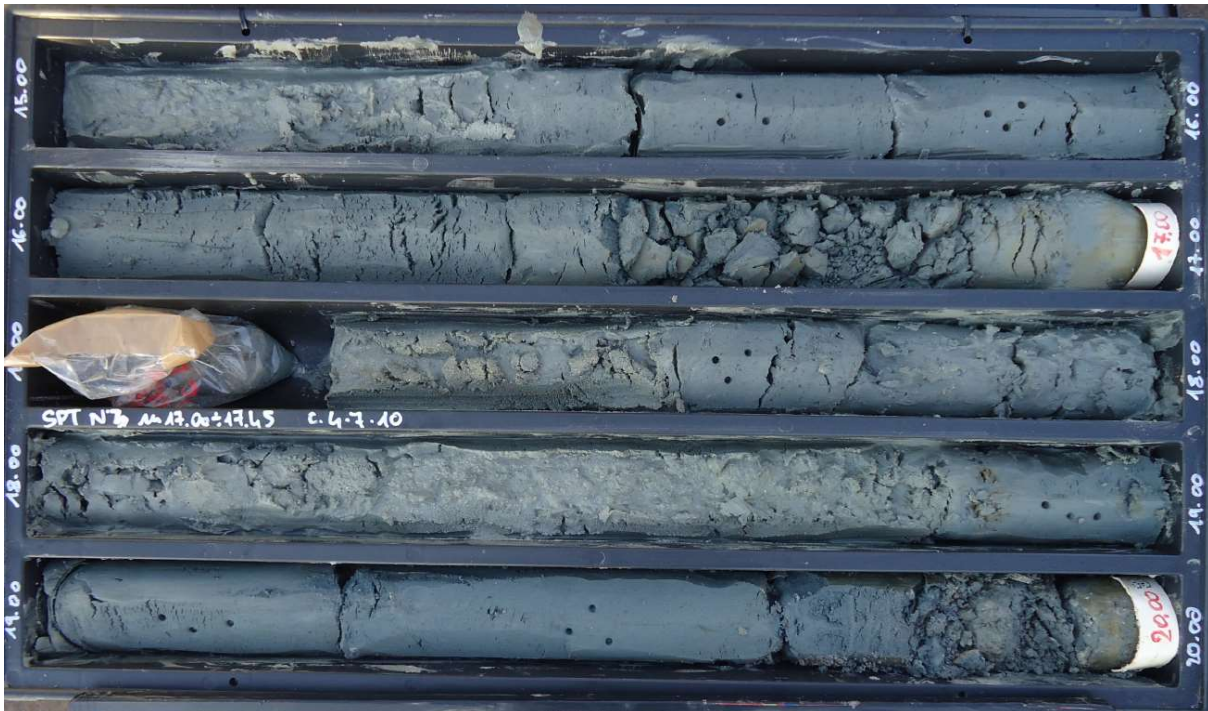


Figura 17: Sondaggio ID14-S10, da 15 a 20 m in cassetta; sabbie e limi color grigio piombo

Sub-Orizzonte 2, da circa -19/-30 m s.l.m. a circa -30/-39 m s.l.m.: Alternanze di ghiaia medio-grossa-fine sabbioso-limosa da poligenica a prevalentemente calcarea e sabbie e limi argillosi, passante lateralmente a livelli più fini di limi e argille sabbiose; i livelli più grossolani ghiaioso-sabbiosi si presentano generalmente addensati, mentre i livelli limoso-argillosi/sabbiosi si presentano generalmente consistenti nelle componenti coesive e moderatamente addensati nelle componenti incoerenti.

Questo orizzonte si presenta discretamente eterogeneo nell'area della Nuova Piattaforma Europa, risultando generalmente più grossolano (ghiaioso-sabbioso/limoso) nella parte centro settentrionale della Diga a Nord a Scogliera e nella Diga Nord a Palancole e scogliera; nella Diga Nord a Cassoni, nel margine meridionale della Nuova Diga della Meloria e nella Diga Sud prevalgono invece litologie più fini limoso-argillose/sabbiose.

Nelle figure seguenti è visibile una foto dei litotipi caratteristici di questo orizzonte:



Figura 18: Sondaggio ID09-S07, da 7 a 10 m in cassetta; alternanze di ghiaia medio-grossa e sabbia medio-fine limosa, color avana

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx



Figura 19: Sondaggio ID56-S06, da 6 a 10 m in cassetta; argilla limosa con intercalazioni di sabbia fine, grigia

Sub-Orizzonte 3, da circa -30/-39 m s.l.m. a circa -47/-68 m s.l.m.: Sabbia da medio-fine a fine, con livelli argilloso-limosi e resti di bivalvi; generalmente addensata, localmente moderatamente addensata; si tratta di un orizzonte discretamente continuo e omogeneo nell' area di indagine, che presenta all'interno strati con spessore pluri-metrico argilloso-limosi/sabbiosi consistenti; in prossimità della *Diga Nord a Scogliera* lo strato argilloso sabbioso/limoso si presenta continuo con spessori variabili da 5 a 12 m.

Nella figura seguente è visibile una foto del litotipo caratteristico di questo orizzonte:



Figura 20: Sondaggio ID01-S01, da 50 a 54 m in cassetta; argilla sabbiosa fine, grigia

Progetto: Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale	Livello progettazione: Progetto di fattibilità tecnico economica	Elaborato: RELAZIONE GEOLOGICA 1233_PP-B-001_0.docx
--	---	---

Si pone l'attenzione sul fatto che l'Orizzonte più superficiale di riporto, di cui si da riscontro nell'inquadramento litostratigrafico dell'area del "Terrazzo di Livorno", risulta sostanzialmente assente nel bacino di realizzazione della Fase1 della PE.

Per dare un quadro più completo e chiaro dell'assetto litostratigrafico e del modello geologico del sottosuolo sono state redatte n. 4 sezioni stratigrafiche, riportate nella Tavola 1/2 (Codice elaborato 1233_PP-B-102_0) la cui traccia è indicata nella figura seguente.

Queste sezioni sono così sintetizzabili:

Sezione 1: traccia su parte del sedime della Diga Nord a scogliera, tra il Sondaggio ID26-S17 e il sondaggio ID02-S02

Sezione 2: traccia su parte del sedime della Diga Nord a cassoni e della Nuova Diga della Meloria, tra il Sondaggio ID02-S02 e la prova penetrometrica CPTU ID55 – CPTU26.

Sezione 3: traccia su sedime della Diga Nord e della Doga Sud a palancole e scogliera, tra il Sondaggio ID01-S01 e il sondaggio ID12-S09

Sezione 4: traccia ortogonale al sedime della Diga Nord a scogliera e parallela al sedime della Diga Nord e Diga Sud a Palancole e Scogliera, compresa tra il sondaggio ID26-S17 e il sondaggio ID16-S12.

Nella figura seguente è riportata traccia delle sezioni geologiche:

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

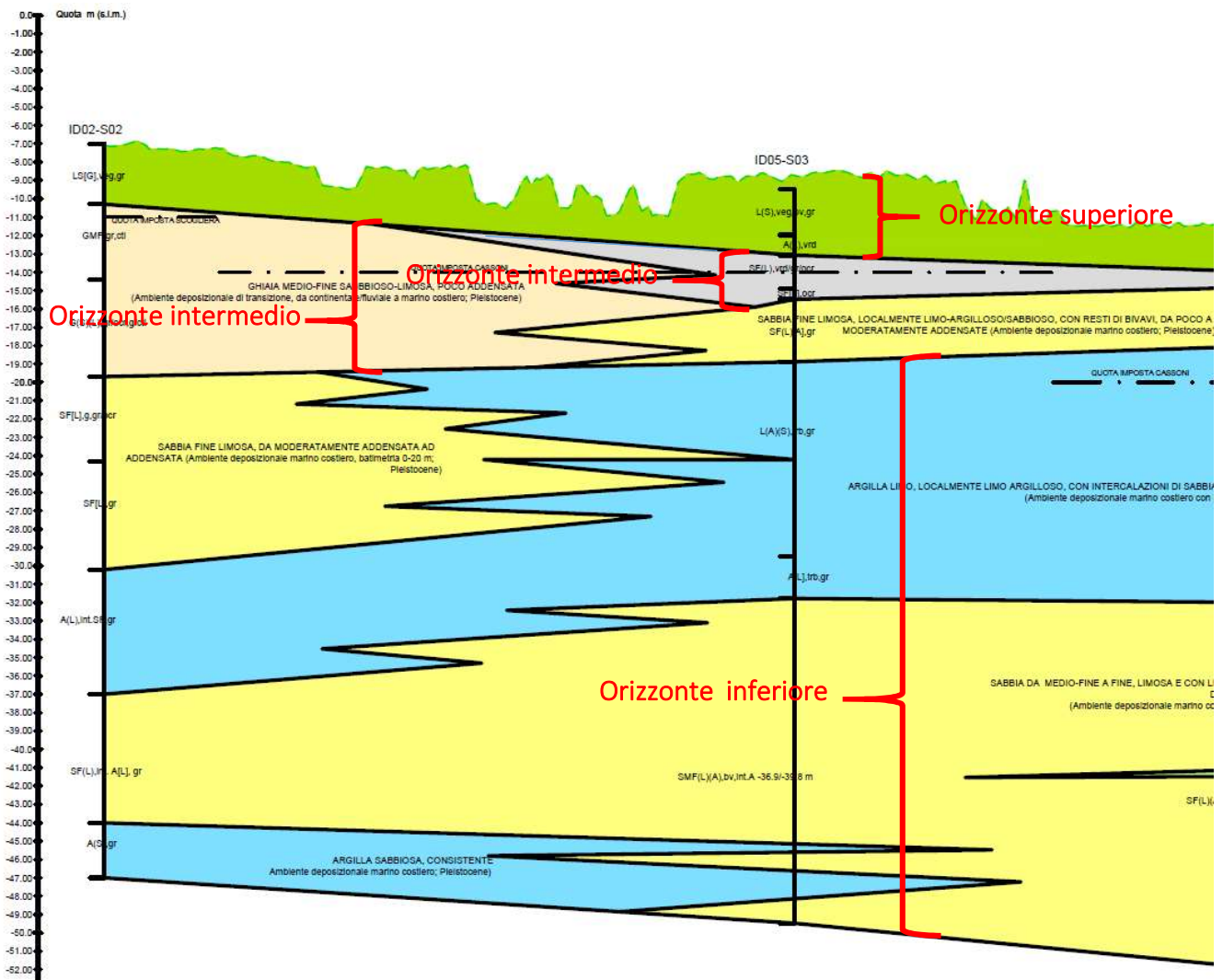


Figura 22: Indicazione degli orizzonti geologici di cui al modello geologico nelle sezioni stratigrafiche – Elaborato 1233_PP-B-102_0

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA

1233_PP-B-001_0.docx

7.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEI TERRENI

Durante le fasi di indagine mediante perforazione a carotaggio continuo, all'interno dei fori di sondaggio sono state eseguite in totale n. 9 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile, finalizzate alla valutazione del Coeff. di permeabilità medio dei sedimenti indagati.

Dai risultati ottenuti è quindi possibile associare ai diversi orizzonti individuati nel modello geologico, seppure in linea generale e con un certo margine di approssimazione, un dato medio di permeabilità.

La tabella seguente riepiloga i risultati delle prove, individuando la natura litologica del tratto di prova e l'orizzonte stratigrafico di riferimento.

ID	SCC	Prof. rivestimenti e foro di prova	K_{medio} (m/s)	Natura litologica tratto di prova	Orizzonte geologico di riferimento
2	S02	11.0-12.0 m	2.3×10^{-5}	Ghiaia sabbioso-limosa	Orizz. Inferiore (sub-orizzonte 1)
5	S03	6.0-6.0 m	3.0×10^{-6}	Sabbia fine limosa/argillosa	Orizz. Inferiore (sub-orizzonte 1)
5	S03A	11.5-13.0 m	4.2×10^{-6}	Limo argilloso/sabbioso	Orizz. Inferiore (sub-orizzonte 2)
10	S08	6.0-6.0 m	1.6×10^{-6}	Sabbia medio-fine limosa	Orizz. intermedio
15	S11	6.0-6.5m	2.4×10^{-5}	Sabbia fine limosa	Orizz. Superiore
16	S12	3.0-4.5	9.6×10^{-7}	Sabbia limosa limosa/limo	Orizz. Superiore
16	S12	10.5-12.0	4.2×10^{-6}	Sabbia limosa, argilla limosa	Orizz. Intermedio e sub-orizzonte 1
16	S12	18.0-19.5	8.1×10^{-6}	Sabbia fine limosa	Orizz. Inferiore (sub-orizzonte 1)

Come si può notare dalla tabella di sintesi delle permeabilità, a litologie marcatamente diverse non corrisponde una altrettanta diversificazione nei valori di Coeff. di permeabilità e questo è probabilmente relazionabile alla medio-alta percentuale pelitica nei sedimenti, che andando a saturare i vuoti anche nelle litologie più granulari (sabbia, ghiaia) influisce sul valore finale di porosità efficace del mezzo e quindi sui processi di circolazione idrica nello stesso.

Progetto:

Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale

Livello progettazione:

Progetto di fattibilità tecnico economica

Elaborato:

RELAZIONE GEOLOGICA
1233_PP-B-001_0.docx

7.4 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

Allo stato attuale sono stati resi disponibili i risultati delle curve di distribuzione granulometriche valutate su tutti i punti di indagine sia ambientale che geotecnica, nei campioni prelevati negli intervalli di profondità compresi tra 0 e al massimo 12-15 m, per un totale di 116 campioni.

Dato che ai fini della gestione dei sedimenti per ripascimento è importante conoscere la percentuale di pelite ($\phi < 0.063$ mm)¹, ovvero della frazione granulometrica riferibile alla componente limosa e argillosa nel sedimento, è stata eseguita una analisi statistica di tale percentuale dividendo l'intervallo di profondità 0-12 m in orizzonti di profondità prestabiliti 0-50 cm, 50-100 cm, 100-200 cm, 200-400 cm, e a seguire con intervalli di 200 cm fino a fine carotaggio. Complessivamente sono state analizzate n .108 curve granulometriche.

La tabella seguente sintetizza, per ciascun orizzonte, la percentuale media di componente pelitica suddivisa per i diversi orizzonti selezionati, nonché la distribuzione granulometrica all'interno dei sedimenti (Ghiaia, sabbia, limo, argilla).

PROFONDITA' ORIZZONTE (cm da fondale)	Peliti % <0.075 mm	% Non pelitica	% Ciottoli	% Ghiaia	% Sabbia	% Limo	% Argilla
0-50	40	60	0	7	56	23	17
50-100	41	59	0	7	54	24	17
100-200	37	63	0	8	56	23	14
200-400	44	56	0	4	53	24	20
400-600	32	68	0	12	54	20	14
600-800	53	47	0	4	43	34	19
800-1000	50	50	0	8	41	33	18
1000-1200	60	40	0	11	29	33	27
400-Fine carotaggio	54	46	0	4	43	35	19

Da questo studio delle granulometrie risulta che la percentuale pelitica, per tutti gli orizzonti, si attesta mediamente nell'ordine del 35-45%. Risulta inoltre evidente, per tutti gli orizzonti, una prevalenza della matrice sabbiosa che si attesta su percentuali mediamente maggiori del 50 %.

Inoltre, se da un lato risulta che litologie limoso-sabbiose/argillose siano costituite da una percentuale pelitica prevalente (maggiore del 50%), i dati a disposizione mostrano, per le litologie prettamente sabbioso-limose, una percentuale di pelite molto variabile, con una forbice compresa tra il 20 % e il 50 %.; queste litologie prevalgono nell'Orizzonte inferiore.

Diversamente, le litologie sabbiose derivate dalla discregrazione della "panchina" (presenti nell'Orizzonte intermedio) e le litologie ghioioso-sabbiose (presenti nell'Orizzonte intermedio e nell'Orizzonte inferiore / Sub-Orizzonte 2) mostrano una percentuale pelitica inferiore al 20%, mediamente dell'ordine del 10%.

Ne risulta quindi che, su scala generale, il sedimento di dragaggio risulta costituito da due frazioni prevalenti in un rapporto quasi 1:1, ovvero sabbia (prevalente) e pelite (limo, argilla; mediamente 40 %). La restante frazione granulometrica è composta da ghiaia grossa-medio-fine, ciottoli poligenici, tritume conchigliare e nell'orizzonte superiore rest di posidonia oceanica. Per i dettagli si veda l'elaborato 1233_PP-B-103_0 "Rappresentazione della distribuzione delle classi granulometriche".

¹ L'attuale elaborazione, dovendo uniformare i dati delle granulometrie ad oggi disponibili, è stata eseguita considerando un limite di 0.075 mm per la componente pelitica; si tratta quindi di una valutazione più cauteliva rispetto a quanto non si avrebbe considerando un limite di 0.063 mm, in quanto la frazione pelitica viene sovrastimata mediamente di 3/4 punti percentuali.

<p>Progetto:</p> <p>Progettazione preliminare e definitiva delle opere marittime di difesa e dei dragaggi previsti nella nuova prima fase di attuazione della Piattaforma Europa, compreso lo studio di impatto ambientale e la valutazione di incidenza ambientale</p>	<p>Livello progettazione:</p> <p>Progetto di fattibilità tecnico economica</p>	<p>Elaborato:</p> <p>RELAZIONE GEOLOGICA</p> <p>1233_PP-B-001_0.docx</p>
---	--	--

Si pone l'attenzione sul fatto che una frazione pelitica così formulata, ovvero data dalla somma della frazione limosa e argillosa (granuli con diametro inferiore a 0.063 mm), include al suo interno particelle di terreno aventi comportamento idro-fisico e idro-chimico molto diversi. Ne consegue che nelle fasi successive di progettazione occorrerà valutare in dettaglio l'influenza di tali elementi nella dinamica deposizionale in corrispondenza dei siti di ripascimento, anche attraverso studi e simulazioni dedicate.