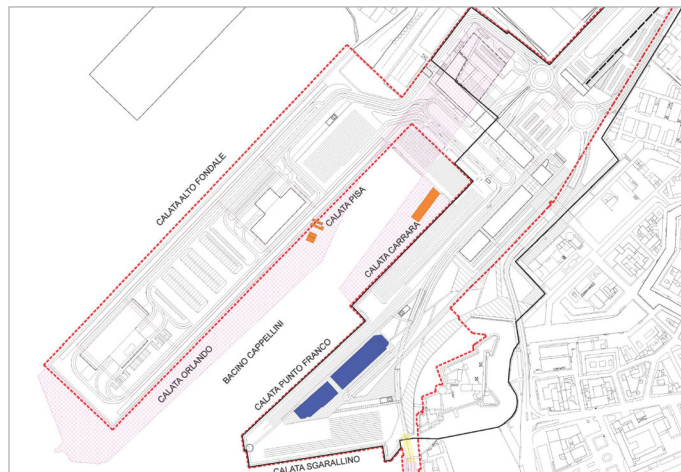




*Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Tirreno Settentrionale*



Porti di Livorno, Piombino,  
Portoferraio, Rio Marina,  
Cavo, Capraia Isola



**TIPO: PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA**

**TITOLO:**

**ADEGUAMENTO AL PRP DELLE STRUTTURE PORTUALI  
LIMITROFE ALLA STAZIONE MARITTIMA DI LIVORNO  
LAVORI DI RESECAZIONE DELLE BANCHINE PORTUALI**

**OGGETTO:**

**RELAZIONE AMBIENTALE**

**Piano preliminare di utilizzo in sito di terre e rocce da scavo e sedimenti**

**Progettazione**

**DIREZIONE INFRASTRUTTURE**



*Andrea Carli*

**Professionisti esterni incaricati**



**Responsabile Unico del Procedimento:**  
*Ing. Andrea Carli*

**Dirigente responsabile:**  
*Ing. Enrico Pribaz*

FORMATO/FORMAT	SCALA/SCALE	COD. ELABORATO	DISEGNO No./DRAWING No.	TAV/PLATE. No.
A4	1 : 1	01-20-P2000-PF-RA-00		<b>RA-00</b>
0	Giù. 2020	PRIMA EMISSIONE	CRITERIA SRL	CA EP
REV.	DATA/DATE	DESCRIZIONE/DESCRIPTION	ESEGUITO/BY	CONTR./CHKD APPROV.



*Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Tirreno Settentrionale*



Porti di Livorno, Piombino,  
Portoferraio, Rio Marina,  
Cavo, Capraia Isola

## SERVIZIO DI PROGETTAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE DELLE OPERE DI "ADEGUAMENTO AL PRP DELLE STRUTTURE PORTUALI LIMITROFE ALLA STAZIONE MARITTIMA DI LIVORNO – LAVORI DI RESECAZIONE DELLE BANCHINE PORTUALI"

Il RUP e il Direttore della prestazione  
Ing. Andrea Carli

  
C R I T E R I A

*Criteria S.r.l.*  
Città:Ricerche:TERritorio:Innovazione:Ambiente  
via Cugia, 14 09129 Cagliari (Italy)  
tel. +39 070303583 - fax +39 070301180  
[www.criteria.eu](http://www.criteria.eu)

### Coordinamento e Responsabile dello Studio

Geol. Maurizio Costa  
(*Direttore Tecnico*)  
*Firmato digitalmente*

### Assistenza tecnica e verifica

*Geol. Antonio Pitzalis*  
*Geol. Chiara Porru*

## PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

AGOSTO 2020

Versione: finale

**Adeguamento al PRP delle strutture portuali limitrofe alla Stazione Marittima di Livorno**  
Progetto di Fattibilità Tecnico Economica – Piano di caratterizzazione ambientale

Rev.	Cod. Elaborato	Data	Redatto	Verificato	Approvato
			M. Costa		
			A Pitzalis		
06	A20_12_Rel_Amb_PL_06	31 agosto 2020	C. Porru	A. Pitzalis	M. Costa

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>1</b>
1.1	Normativa di riferimento.....	2
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....</b>	<b>7</b>
3.1	Assetto geologico .....	8
3.2	Assetto geomorfologico e idrografico .....	12
3.3	Assetto idrogeologico .....	15
3.4	Assetto litostratigrafico .....	15
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE .....</b>	<b>16</b>
4.1	Sintesi dei risultati dell'indagine ambientale pregressa .....	16
<b>5</b>	<b>PROPOSTA DI PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE.....</b>	<b>19</b>
5.1	Quadro normativo di riferimento per le nuove caratterizzazioni ambientali .....	19
5.2	Piano indagini ambientali proposto .....	23
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>32</b>

## 1 PREMESSA

Il presente studio preliminare di indagine ambientale è stato sviluppato su mandato dell'Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale di Livorno, nell'ambito del progetto di Fattibilità Tecnico Economica per il riassetto funzionale dell'intera area attorno all'attuale Stazione Marittima del Porto di Livorno, al fine di renderla idonea ad accogliere anche il traffico crocieristico e di potenziare l'attuale traffico traghetti.

Gli interventi in progetto prevedono:

- l'ampliamento dello specchio acqueo del Bacino Cappellini, condizione che consentirà l'accorto contemporaneo in sicurezza di navi su entrambe le sponde, da attuare principalmente mediante la resecazione (ridefinizione geometrica in riduzione) delle attuali banchine sulle Calate Orlando, Pisa e Carrara
- riduzione del Bacino Firenze tramite il tombamento, così da poter realizzare nuovi piazzali di imbarco

La seguente relazione è finalizzata alla pianificazione della caratterizzazione ambientale che verrà eseguita ai sensi del DPR 120/2017 e del DM 173/2016.

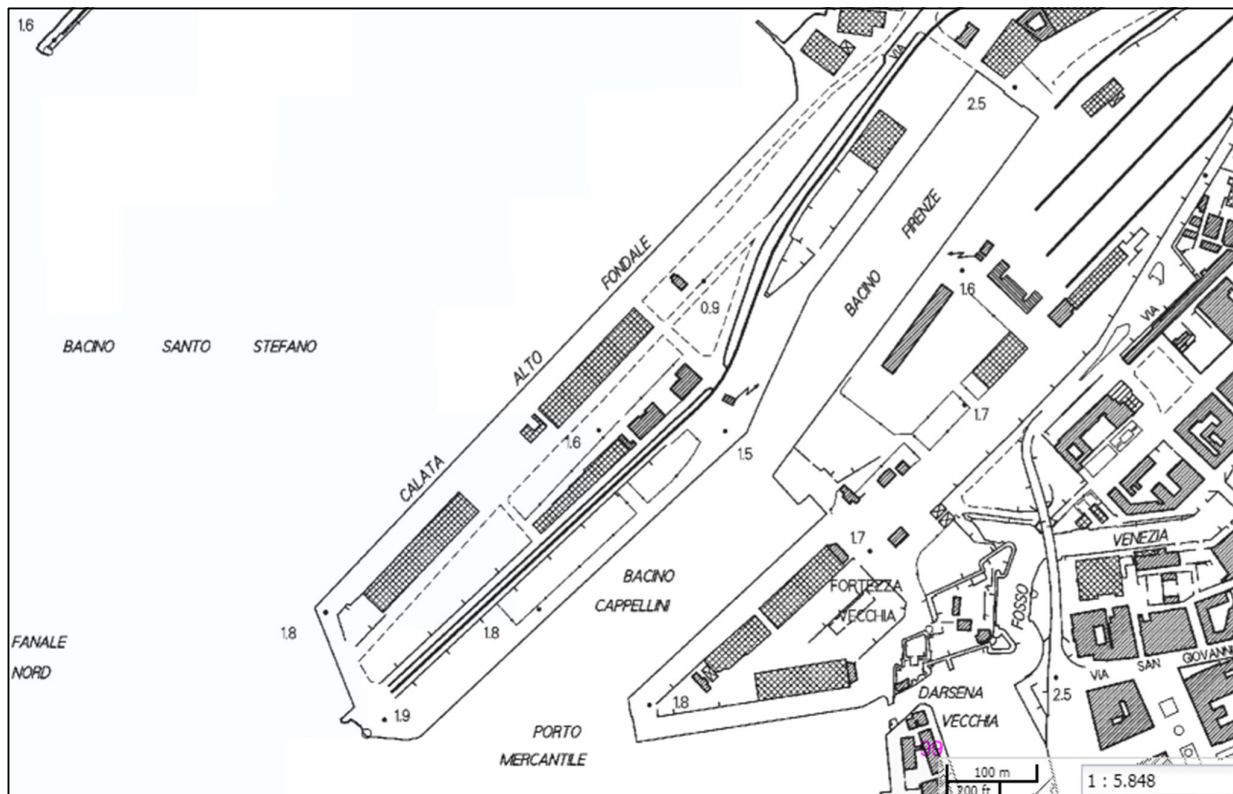


Figura 1. Area in studio, CTR 1:10.000, Geoscopio Toscana.

## **1.1 Normativa di riferimento**

La normativa d'interesse per il presente documento è sintetizzata di seguito:

- Decreto ministeriale (Ministero dei lavori pubblici) 11 marzo 1988, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici 9 gennaio 1996, n. 218/24/3, "Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministero dei lavori pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";
- D. Lgs. 49/2010, di attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione del rischio alluvioni
- Decreto Ministeriale (infrastrutture) 17 gennaio 2018, "Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» (NTC 2018).
- Circolare 21 gennaio 2019, n°7, (GU 11/2/2019 n°35 – suppl. ord. N°5) contenente le Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008.
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico dell'Appennino Settentrionale (P.G.R.A.), adottato con Delibera n. 231 del 17/12/2015 dal Comitato Istituzionale Integrato ed approvato con Decreto n.294 del 25 ottobre 2016 dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare ed entrato in vigore in data 17/02/2017; da tale data risultano soppresse, per espressa disposizione di legge (rif. art. 51 comma 4 della legge n. 221/2015), tutte le Autorità di Bacino di cui alla legge 183/1989;
- Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I. - Bacino Toscana Costa aggiornato al novembre del 2004);
- Piano Strutturale e/o Regolamento Urbanistico comunale vigente ed adottato del Comune di Livorno con Del. di Consiglio Comunale n. 160 del 26 Luglio 2018.
- DPGR 30 gennaio 2020, n. 5/R Regolamento di attuazione dell'articolo 104 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio) contenente disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche
- Legge Regionale n. 41 del 24 luglio 2018 - Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014. Abrogazione della LR 21/2012
- Legge regionale 17 febbraio 2020, n. 7, Disposizioni in materia di rischio di alluvioni. Modifiche alla l.r. 41/ 018. (Bollettino Ufficiale n. 8, parte prima, del 21.02.2020
- D. Leg. n. 152/06 "Testo Unico sull'Ambiente" e successive modifiche ed integrazioni.
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 15 luglio 2016, n. 173 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".
- Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 15 luglio 2016, n. 172 "Regolamento recante la disciplina delle modalità e delle norme tecniche per le operazioni di dragaggio nei Siti di Interesse Nazionale, ai sensi dell'articolo 5-bis, comma 6, della legge 28 gennaio 1994, n. 84".
- D.P.R. 120/2017, Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.

## 2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

L'intervento in argomento prevede il riassetto funzionale dell'intera area attorno all'attuale Stazione Marittima, così da renderla idonea ad accogliere anche il traffico crocieristico, oltre al potenziamento dell'attuale traffico traghetti.

Le caratteristiche progettuali delle opere prevedono:

- La resecazione della testa del Molo Alto Fondale e delle banchine di Calata Orlando, Calata Pisa e Calata Carrara, così da realizzare un corridoio di accesso l'area del porto mercantile, tra i moli Alto Fondale e Mediceo, adeguato a garantire la manovra delle navi da crociera e a garantire una dimensione interna del Bacino Cappellini che consenta, in sicurezza, il contemporaneo accosto di due navi sulle opposte banchine;
- Il tombamento di buona parte del Bacino Firenze così da garantire, a fronte della riduzione delle superfici lungo banchina, nuovi spazi per la realizzazione di piazzali di attesa dei mezzi destinati all'imbarco.

Le operazioni di demolizione delle banchine attuali, dei primi 2-3 m di materiale di riporto e conferimento dello stesso a riempimento del bacino (o a discarica per gli strati di pavimentazione bituminosa), saranno condotte da terra.

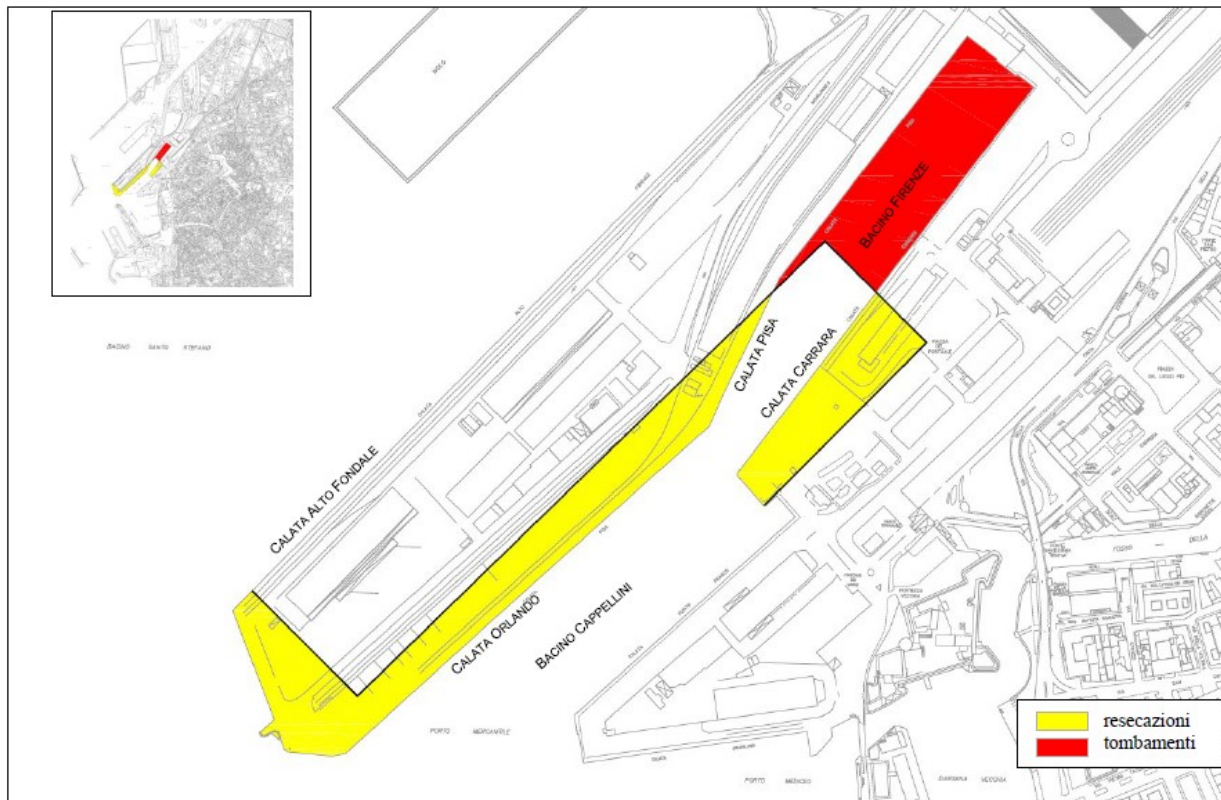


Figura 2. Ipotesi progettuale, planimetria.

Dal punto di vista strutturale, la scelta progettuale si è orientata verso la soluzione che prevede la completa realizzazione degli interventi con utilizzo di **palancolati metallici**, riservandosi di valutare nel dettaglio l'effettiva convenienza e opportunità operativa dell'utilizzo di cassoni per la chiusura del bacino di Firenze nei successivi approfondimenti progettuali.

La costruzione di un muro di sponda in palancole trattenuto in testa mediante tiranti geotecnici a bulbo di ancoraggio, inclinati di circa 30°. Tale soluzione consente di operare preventivamente l'infissione del palancolato e la realizzazione dei tiranti profondi direttamente da terra, senza pregiudicare significativamente l'operatività degli attuali accosti, posti ad una distanza variabile tra 35 e 50 m dalla linea d'infissione, procedendo in seconda fase alla demolizione delle banchine. La profondità di scavo della zona di infissione del palancolato è di circa 2 metri.

Per il completamento della banchina a fronte dell'intervento di tombamento del bacino Firenze sarà utilizzata una tipologia simile. La struttura di contenimento della nuova banchina sarà realizzata mediante un doppio palancolato metallico: uno infisso lato mare, a costituire la nuova parete di contenimento e l'altro lato terra, a realizzare il contropalancolato di ancoraggio. Le due pareti, distanti circa 25 m, saranno quindi vincolate tra loro in testa mediante tiranti in barre di acciaio ad alto limite di snervamento.

Per l'intervento si ipotizzano quindi due diverse modalità costruttive di realizzazione dei nuovi muri di banchina, distinte per le opere di resecazione a terra ed il confinamento del bacino oggetto di riempimento, Figura 3.

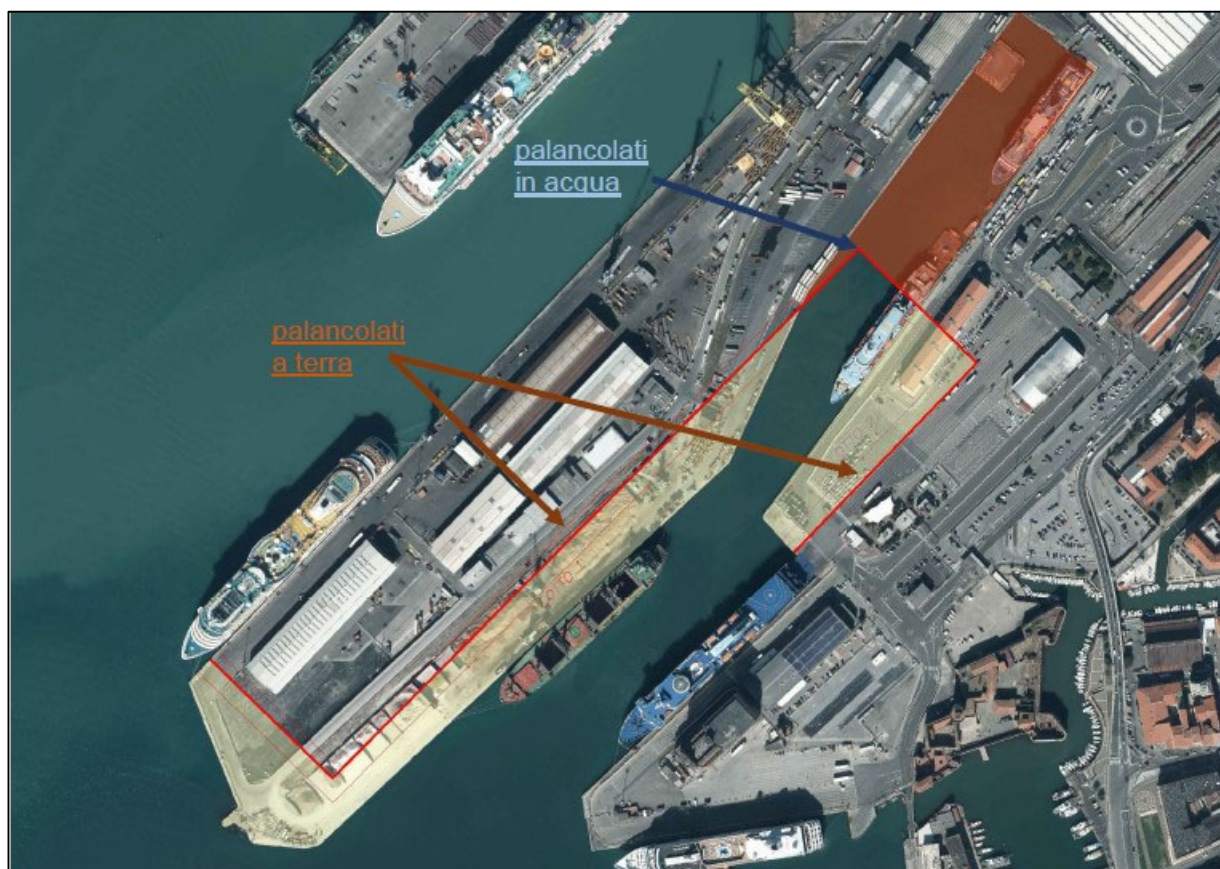


Figura 3. Localizzazione planimetriche delle due diverse tipologie strutturali di opere.

In entrambe le situazioni il paramento lato mare del banchinaggio sarà indifferentemente costruito in palancole metalliche laminare a caldo, di altezza circa 24 m, dei quali 10 m emergenti dal fondo del bacino ed i restanti infissi nel substrato sabbioso.







Figura 5. Previsione Piano regolatore Portuale vigente.

La quota del fondale prospiciente la banchina rimarrà invariata rispetto a quella attuale e pari a 9 metri. Le palancole metalliche saranno infisse a distanza variabile dal filo banchina attuale, sempre internamente allo stesso in modo da mantenere l'allineamento previsto dal nuovo assetto funzionale del molo.

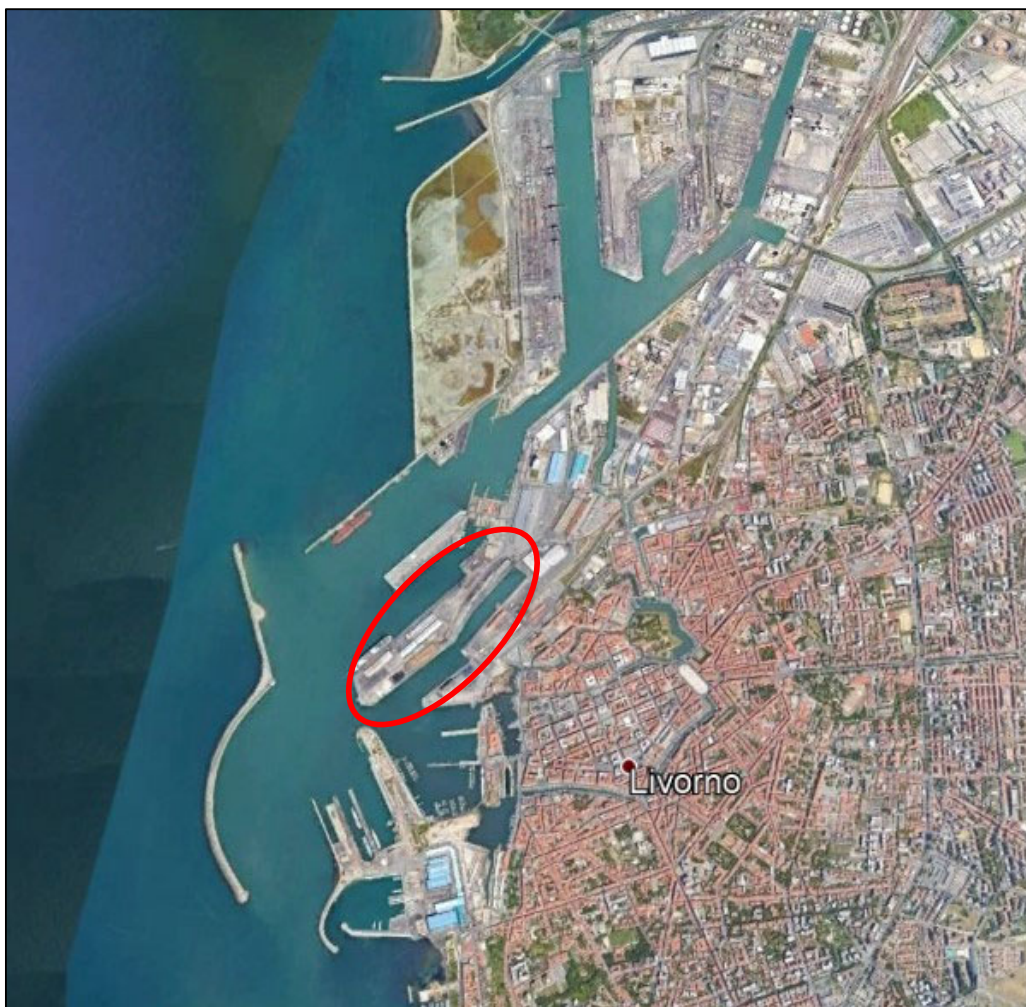
Le nuove strutture raggiungeranno in altezza la quota degli attuali piazzali, circa +2m slm, ed avranno complessivamente uno sviluppo di 1300m.

Gli interventi pubblici descritti, sviluppati all'interno del Piano Attuativo, non presentano particolari criticità, trattandosi di trasformazioni finalizzate al riordino dell'insediamento, alla razionalizzazione delle infrastrutture che, in un contesto come quello portuale, è certamente favorevole. Unica ed indispensabile valutazione necessaria e propedeutica alle trasformazioni è quella relativa alla gestione dei materiali provenienti dagli scavi.

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il comune di Livorno si estende su di una superficie di 104,79 km<sup>2</sup>. Il terreno è pianeggiante nel settore centrale-costiero e verso Nord, con la presenza, a sud e ad est, delle Colline Livornesi (quota massima Poggio Lecceta, 462 metri s.l.m.). Una sezione perpendicolare alla linea di costa vede una morfologia planare fino alla periferia del centro abitato ed un progressivo rialzamento dalla periferia verso l'entroterra fino a quote non superiori ai 500 metri sul livello del mare.

L'area oggetto del presente studio ricade all'interno dell'area portuale e comprende Calata Alto Fondale, Calata Orlando, Calata Pisa, Cala Carrara, e i Bacini di Firenze e Cappellini. Il porto sorge all'estremità meridionale di un arco di costa sabbiosa di circa 60 Km di estensione, confinata fra la foce del Magra a Nord e un promontorio roccioso poco prominente e di modesta altezza, estrema propaggine dei cosiddetti "monti livornesi", a Sud.



*Figura 6. Ubicazione area in studio, Google Earth.*

Dal punto di vista cartografico l'area in studio ricade nel:

- Foglio N. 283, Sez. I in scala 1:25.000, (Livorno) della Carta Topografica d'Italia dell'IGM;
- Foglio N. 111 (Livorno) della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).

L'area in questione è un'estensione a mare del territorio portuale e risulta pertanto creata antropicamente. Già nel 1905 venne creato un primo braccio, dotato di banchine solo sul lato est

ove si riscontrano la Calata Pisa e la Calata Orlando. Calata Alto fondale venne invece realizzata nel 1955. Quest'ultima costituisce la sponda nord del molo che, totalmente artificiale, si protende per 800/900 m verso mare, con una larghezza massima di circa 200 m. Esso ha un allineamento da nord-est a sud-ovest, e separa il Bacino S. Stefano (a nord) dal Bacino Cappellini e Bacino Firenze (a sud), sui quali si affacciano le Calata Orlando e la Calata Pisa, di fronte alla quale si trova Calata Carrara. I piazzali del molo sono livellati a quote che variano da un massimo di 1.9 m ad un minimo di 0.9 m s.l.m.



Figura 7. Area in studio, Google Earth.

### 3.1 Assetto geologico

Il territorio della provincia di Livorno è stato suddiviso in tre grandi Raggruppamenti Territoriali derivati dalla morfologia del territorio e dell'aggregazione di formazioni geologiche su basi cronologico stratigrafiche: pianura, collina e arcipelago.

Di seguito si riporta una sintesi del quadro geologico dell'area di intervento, estratto dalla Relazione Geologica preliminare allegata al progetto di fattibilità tecnica ed economica, a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Nel territorio comunale di Livorno affiorano sia le rocce che formano il substrato antico della Toscana marittima, sia i sedimenti marini e fluvio-lacustri del ciclo neogenico (dal Miocene Superiore al Quaternario): le rocce più antiche costituiscono l'ossatura della dorsale dei Monti Livornesi mentre i sedimenti neogenici colmano le depressioni tettoniche e formano le zone collinari terrazzate e le piane. L'area di interesse si colloca nell'ambito del sistema territoriale della pianura settentrionale livornese, pianura alluvionale con prevalenza di depositi alluvionali e sedimenti palustri alluvionali e/o di colmata risalenti al Pleistocene-Quaternario. Dal punto di vista geologico, il raggruppamento comprende prevalentemente depositi continentali di ambiente fluviale talvolta reinciati e terrazzati.

Lungo la linea di costa fra Livorno e Torre del Sale sono, inoltre, presenti depositi lineari di ambiente litoraneo e continentale eolico (panchina, depositi di spiaggia attuali, depositi di duna). In tale ambito, la deposizione di tutti i sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore è stata fortemente influenzata dalle importanti variazioni climatiche degli ultimi 0,7 Ma.

Dal punto di vista geomorfologico la piana di Livorno, dal mare fino all'orlo occidentale dei Monti e delle Colline Livornesi è costituita da vari ordini di terrazzi pleistocenici (Figura 8) ed è separata a nord, della zona depressa di Ponte Ugione, da una scarpata morfologica rilevabile tra S. Stefano ai Lupi e la Fattoria Suese. Il terrazzo più recente, su cui poggia gran parte dell'urbanizzato della città, conosciuto come "Terrazzo di Livorno", che raggiunge quote massime di circa 20 m s.l.m.m., è considerato un terrazzo marino policiclico sviluppatosi durante l'interglaciale Riss-Wurm; il terrazzo più antico, noto come "Terrazzo della Fattoria Pianacce", compreso tra le quote di 60 e 120 m s.l.m.m., è fortemente sollevato ed è attribuito ad una fase di stazionamento alto del mare durante il Pleistocene Medio.

La stratigrafia del primo sottosuolo (depositi quaternari) è infatti condizionata da fenomeni deposizionali di tipo marino (trasgressivo – regressivo), depositi alluvionali e deltizio-fluviali, depositi continentali eolico-dunari. I sedimenti delle varie unità stratigrafiche si sono via via addossati a quelle precedenti. Per questa complessità di sedimentazione si hanno continue variazioni verticali e rapidi passaggi laterali nel pacco dei terreni più superficiali.

In sintesi, a partire dall'alto verso il basso, in ordine di età crescente, la colonna stratigrafica elementare dell'areale Livornese mostra la seguente successione conosciuta:

- **Depositi alluvionali recenti** sviluppati nel settore Nord di Ponte Ugione e nella fascia costiera a sud della foce dello Scolmatore dell'Arno. A tali depositi l'uomo ha aggiunto cospicue coltri di riporto in direzione Ovest a supporto dell'ampliamento dei settori portuali recenti.
- Un **complesso quaternario** che caratterizza la Piana di Livorno, costituito dai sedimenti marini della fascia costiera (sabbie e argille ad *Arctica*) e da depositi continentali (terrazzamenti pleistocenici) con presenza di tre ordini di intercalazioni di "panchina" calcarenitica.
- Un **complesso neogenico**, rappresentato da sedimenti lacustri e marini del Miocene Superiore e dai depositi marini del Pliocene (argille azzurre).
- Un **complesso lapideo antico (bedrock)** che caratterizza la parte collinare di Livorno, con netta prevalenza di formazioni argillitico-marnose delle Successioni Liguri, comprendenti anche strati calcarei e silicei e grandi ammassi di ofioliti, oltre alla formazione arenacea della Serie Toscana presso Calafuria

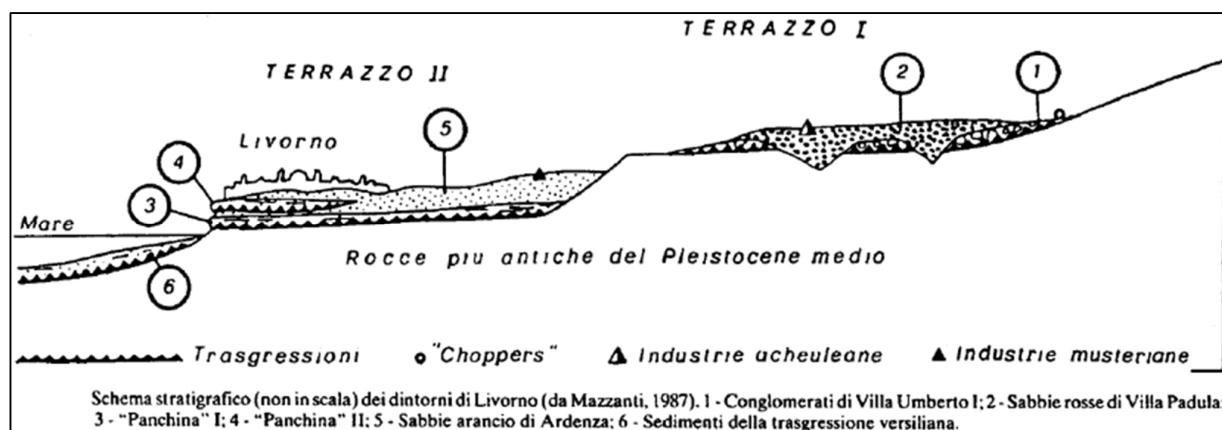


Figura 8. Schema morfo-lito-stratigrafico dell'ambito territoriale di Livorno (da Mazzanti, 1987)

I **depositi quaternari**, costituenti il substrato superficiale sono a loro volta così caratterizzati:

- **Depositi alluvionali**, costituiti dai prodotti dell'attività di sedimentazione recente ed attuale dei corsi d'acqua e costituiti da sabbie e ghiaie generalmente poco addensati, la potenza è variabile da luogo a luogo, ma sempre modesta.
- **Depositi palustri alluvionali e di colmata**, le cui frazioni spesso non sono riconoscibili direttamente dalla litologia; si tratta di terreni saturi in acqua limoso – argillosi e limo – sabbiosi. Tali materiali presentano un contenuto variabile di sostanza organica, verificata per uno spessore dei primi 20S30 m di sedimento, relazionabile al contenuto algale o di marcite di ambiente lagunare. Entro i primi 10S15 m di profondità e secondo allineamenti pseudo paralleli alla linea di costa, sono state rilevate tracce di cordoni sepolti (paleo tomboli) che vanno a costituire isole di terreno per diversi metri di spessore.

Nello specifico risulta che l'area portuale di Livorno è impostata su depositi sabbiosi attuali di litorale, con intercalazioni di sabbie e limi argillosi fluvio-lacustri e argille lacustri con livelli torbosi, le quali con spessori di modesta entità poggiano direttamente su depositi pleistocenici costituiti da argille e sabbie, localmente ghiaiose, con intercalazioni più o meno ghiaiose, di origine sia marina che fluvio-lacustre.

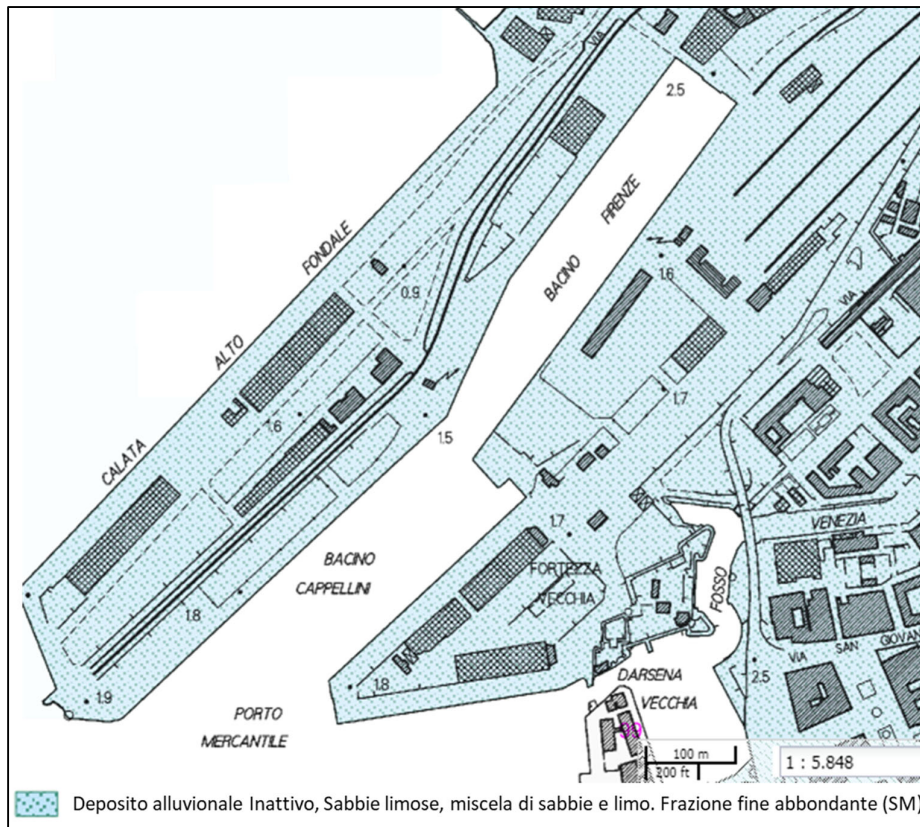
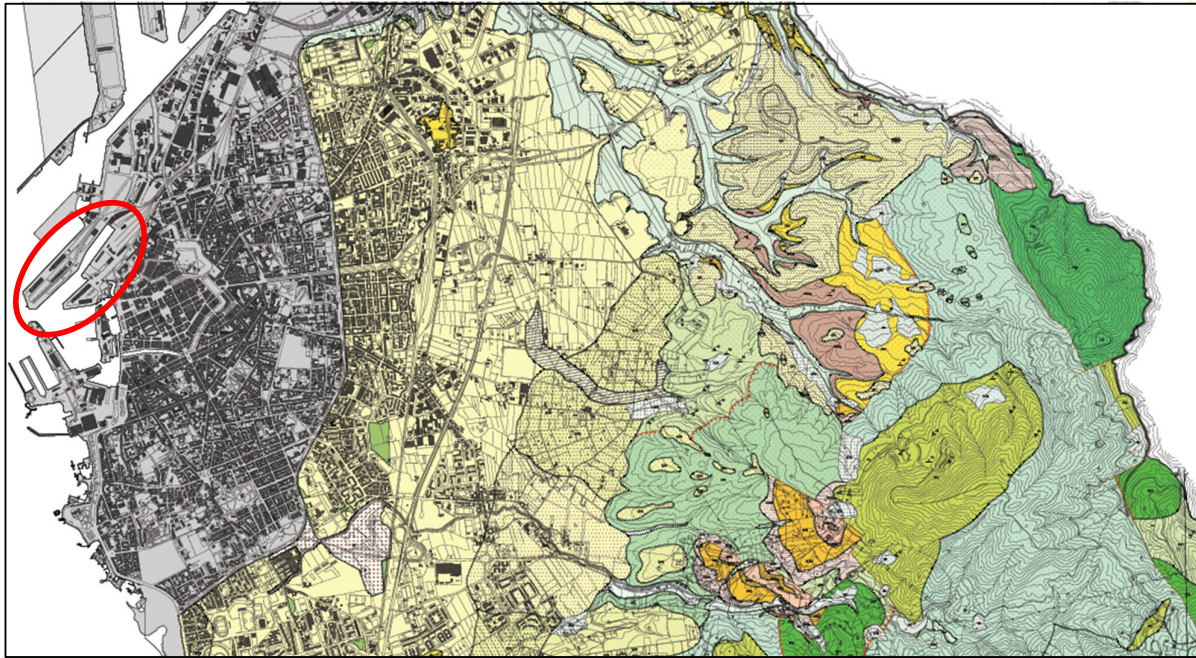


Figura 9. Depositi presenti del settore in studio, Geoscopio Toscana.

**Adeguamento al PRP delle strutture portuali limitrofe alla Stazione Marittima di Livorno**  
 Progetto di Fattibilità Tecnico Economica – Piano di caratterizzazione ambientale



**Depositi antropici**

- ant Area non rilevabile con strutture e manufatti antropici
- h5 Terreno di riporto, bonifica per colmata
- h3 Discariche di cave
- h1 Discariche per inerti e rifiuti solidi urbani

**Depositi di origine gravitativa e da dilavamento**

- a3a Detrito di falda (Olocene)
- aa Depositi di versante (Olocene)
- b2a Depositi eluvio-colluviali (Olocene)

**UNITA' GEOLOGICHE CARTOGRAFATE (in ordine di età crescente)**

- a3 Coperture detritiche indifferenziate (olocene)
- b Depositi alluvionali attuali (Olocene)
- g2a Depositi di spiaggia attuali (Olocene)
- f1a Travertino
- bna Depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati (Olocene)
- QSD Sabbie rosso arancio di Donoratico (Pleistocene sup.)
- QCP Calcareni di Castiglioncello - "Panchina" (Pleistocene sup.)
- QCPa Litofacies sabbiosa nelle calcareniti (Pleistocene sup.)
- QCPb Litofacies conglomeratica nelle calcareniti (Pleistocene sup.)
- QBC Breccie di Punta Casotto (Pleistocene sup.)
- QCC Conglomerati del Chioma (Pleistocene sup.)
- QRM Conglomerati di Rio Maggiore (Pleistocene sup.)
- VDG Sabbie rosse di Val di Gori (Pleistocene medio-sup.)
- QPL Formazione di Casa Poggio ai Lecci (Pleistocene medio)
- QVR Conglomerati di Villa Corridi (Pleistocene inf.-medio)
- ART Sabbie e argille ad Arctica Islandica (Pleistocene inf.)
- FAA Argille azzurre (Pliocene)
- FAAe Sabbie risedimentate nelle argille (Pliocene)
- EMO Argille e argille marnose con livelli e lenti di gessi (Messiniano sup.)
- EMOg Livelli e lenti di gessi nelle argille marnose (Messiniano sup.)
- EMOr Sabbie conglomerati intercalati nelle argille marnose (Messiniano sup.)
- ROSB Calcari e caldruditi (Messiniano inf.)
- ROSa Conglomerati (Messiniano inf.)
- RAQ Argille e argille sabbiose (Messiniano inf.)

- RAQg Lenti di gessi nelle argille (Messiniano inf.)
- SLEc Conglomerati e paraconglomerati eterometrici (Tortoniano sup.-Messiniano inf.)
- APA Argille a palombini (Cretaceo inf.)
- DSD Diaspri (Giurassico sup.)
- BR0e Breccie ofiolitiche con elementi di gabbro (Giurassico sup.)
- BRG Basalti con strutture a pillow-lava (Giurassico sup.)
- PGR Plagiograniti (Giurassico sup.)
- GBB Gabbri con filoni basici (Giurassico sup.)
- PRN Peridotiti serpentizzate con filoni di gabbri e basalti (Giurassico)
- OMT Flysch di Ottone-Monteverdi (Cretaceo sup.-Paleocene inf.)
- OMTa Breccie di ofioliti intercalate nel Flysch (Giurassico sup.-Cretaceo sup.)
- RCH Argilliti e calcari di Poggio Rocchino (Albaniano-Campaniano)
- MLL Formazione di M.te Morello (Paleocene sup.-Eocene medio)
- SIL Formazione di Sillano-Santa Fiora (Cretaceo sup.-Paleocene)
- MRR Marne di Marra (Oligocene)
- ACC Argille e calcari di Canetolo (Paleocene inf.-Eocene)
- MAC Arenaria Macigno (Oligocene sup.-Miocene inf.)

Figura 10. Stralcio carta geologica 1:10.000, Tavola G1N del Piano strutturale del Comune di Livorno

### **3.2 Assetto geomorfologico e idrografico**

Il territorio comunale è formato sostanzialmente da tre componenti:

- i Monti e le Colline Livornesi: l'insieme dei rilievi alti che si estendono a SE della Città di Livorno fino a Rosignano M.mo, limitati ad est dalla valle del Torrente Tora e del Fiume Fine;
- la Piana (Terrazzo alto) di Livorno: l'insieme dei blandi rilievi che circondano i lati nord ovest, nord ed est dei Monti Livornesi;
- una parte della Pianura di Pisa: area pianeggiante e dolcemente declive verso il mare che corrisponde al "Terrazzo basso" costiero su cui si estende la città e che lambisce a nord la vera e propria pianura di Pisa interessata dai fenomeni legati all'Arno.

Tutta la piana costiera del livornese è caratterizzata da forme di modellamento influenzate dalle varie oscillazioni del livello del mare avvenute nel Quaternario. Il ripetersi dei vari cicli sedimentari (Calabrian, Siciliano, Tirreniano), ha determinato l'alternarsi di fasi erosive e deposizionali, con il sovrapporsi di terrazzi fluviali di vario ordine. Parallelamente le continue fluttuazioni della linea di costa hanno favorito l'instaurarsi di ambienti lagunari e palustri, oggi bonificati. Attualmente l'evoluzione litoranea è ancora in atto con continue modificazioni della linea di costa e della foce dei corsi d'acqua.



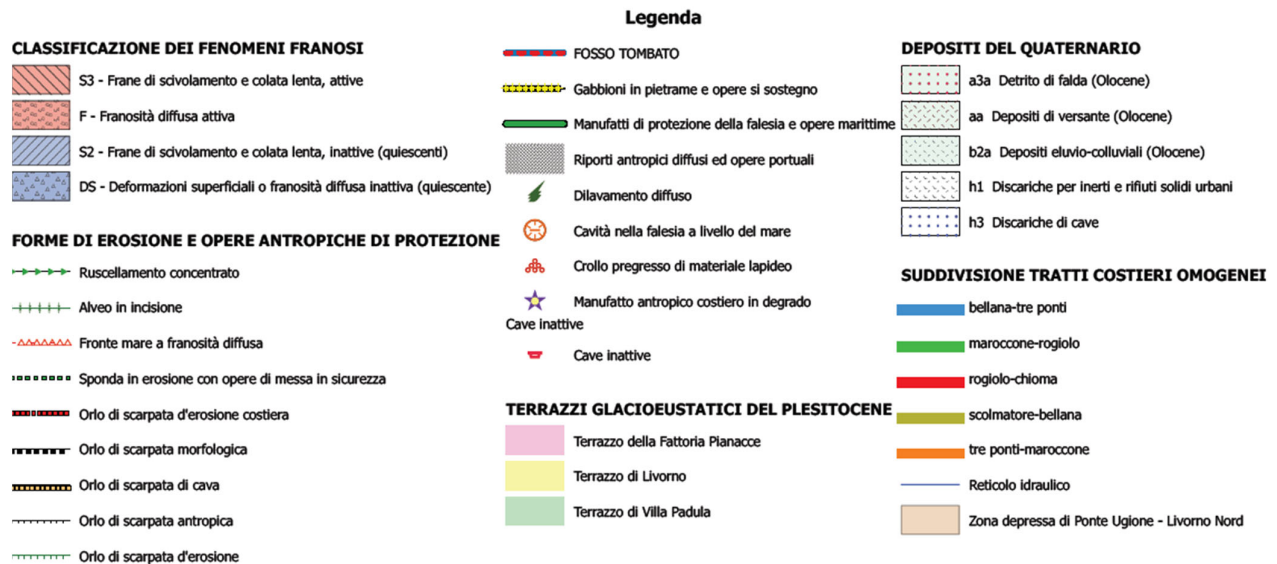
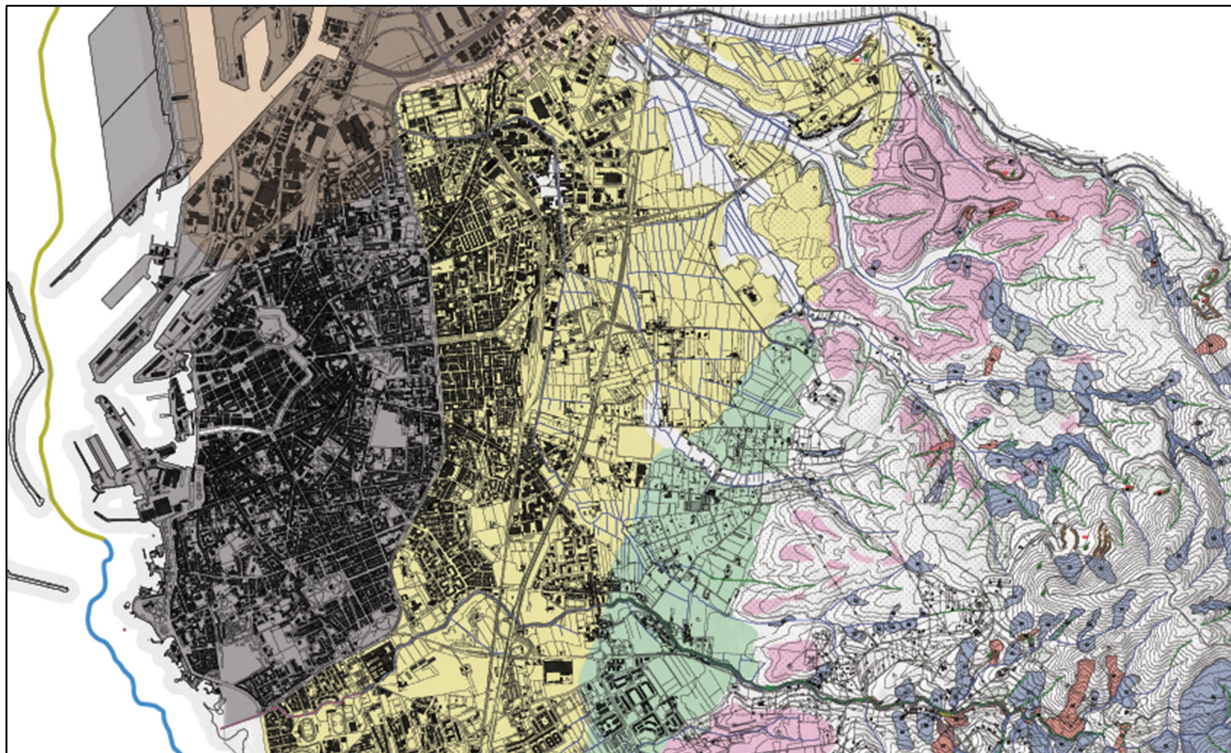


Figura 11. Stralcio carta geomorfologica, Tavola G4N del Piano Strutturale del Comune di Livorno.

Le sequenze delle situazioni paleogeografiche rivelano una rapida evoluzione attribuibile alla repentina formazione dei lidi nel litorale fra Pisa e Livorno. Fenomeno, questo, dovuto all'ingente quantità di sedimenti che furono sottratti alla loro naturale destinazione verso l'area dell'antico delta dell'Arno e scaricati direttamente in mare, a causa della riduzione artificiale della foce dell'Arno ad una sola bocca. I lavori orientati in tal senso si pensa possano aver avuto inizio già in concomitanza alla remota fondazione di Pisa, con lo scopo di migliorarne la salubrità. A seguito della formazione di questi lidi, ampie aree interne furono sottratte al mare e ridotte a lagune e paludi. Conseguentemente si verificò un fenomeno di rapido avanzamento della linea di riva in un periodo caratterizzato invece da un seppur lieve movimento eustatico positivo, cioè ad un innalzamento del mare. I terreni che

caratterizzano la zona di transizione marino/fluviodeltizio/ lagunare-palustre presentano notevoli diversificazioni sia in senso verticale che orizzontale, connesse essenzialmente con le variazioni di profondità del bacino di sedimentazione e con la presenza di sbocchi a mare da parte di linee d'acqua naturali importanti. I cambiamenti del terreno sono dovuti alla diversa e locale miscelazione delle componenti sabbiosa-limoso-argillosa, imputabile alle diverse condizioni di sedimentazione. Un aspetto importante di questi terreni è dato anche al diverso tasso di materia organica relazionabile al contenuto algale e/o di marcite di ambiente lagunare.

### **Lo sviluppo dei riporti antropici in area marittima-portuale**

Il profilo geomorfologico dell'area in esame è caratterizzato da un'intensa antropizzazione che ha determinato la quasi totale scomparsa di segni geomorfici naturali. La fisionomia della zona è infatti il risultato di modificazioni artificiali succedutesi nel tempo, in particolare nell'ultimo secolo, e sviluppatasi in funzione dell'attività portuale. Gli elementi morfologici originari del luogo sono stati pertanto profondamente e ripetutamente modificati così che è difficile od impossibile riconoscere la fisionomia naturale.

Come descritto nella Relazione Geologica del Piano strutturale del Comune di Livorno del 2018, la presenza di importanti coltri di riporto è indubbiamente collegata in gran parte con la storia e l'evoluzione della zona urbana e portuale di Livorno. In sostanza è possibile rintracciare terreni di riporto provenienti da lavorazioni passate o da attività esercitate all'interno di porzioni d'area in tempi più recenti (dopo la seconda guerra mondiale). Questo Orizzonte antropico comprende quindi spessori di terreno diversi da quelli che tipizzano le colmature e le bonifiche dei terreni acquitrinosi e delle aree palustri, ovvero tutte quelle azioni tese al recupero delle terreferme.

In ambito portuale la potenza della coltre di riporto è oscillante in media da 1 a molti metri. Ci sono spesso forti eterogeneità e colorazioni innaturali (talvolta legate forse ad antiche lavorazioni) con granulometrie che possono avere un range molto aperto: dalla massicciata in stabilizzato granulare, fino alle terre esauste di antiche lavorazioni tendenzialmente più sabbiose. In questo caso i terreni conservano una loro attitudine all'umidità naturale con qualche raro livello evoluto pedogeneticamente. Occorre rilevare che questo primo Orizzonte ben si riferisce anche alle vicissitudini che hanno interessato l'intera area portuale nell'ultima Guerra Mondiale; specialmente l'area portuale infatti è stata oggetto di intensi bombardamenti tesi a minarne la funzionalità, oltre che a causare crolli delle attività produttive presenti nella zona, che hanno modificato le superfici creando vere e proprie depressioni dovute alle marmitte delle bombe (in alcune testimonianze dell'epoca sembrano aver formato buche profonde fino ai 4,00 m. dal piano di campagna). Queste depressioni sono state oggetto di riempimenti ed a livellamenti, spesso con le stesse demolizioni e/o con materiali di risulta, a volte anche per sostituire i terreni naturali dalla limitata capacità portante con materiali detritici di migliori caratteristiche (imbonimenti fondazionali). Ovvio che le cospicue coltri antropiche che hanno permesso lo sviluppo del porto industriale (basti pensare alla Darsena Toscana attuale, oltre che al recente Molo Italia e alle Vasche di Colmata 1 e 2), hanno determinato una continua variazione artificiale della linea di costa, che ha perso localmente (area portuale, porto mediceo, ex cantiere Orlando) ogni carattere originario (anche l'accademia navale, probabilmente edificata in parte sopra la panchina calcarenitica, ha contribuito a obliterare la costa originaria).

Attualmente la superficie dell'area è quasi totalmente asfaltata ed è planimetricamente molto uniforme, livellata alla quota di 2.0/2.2 m s.l.m. Anche la paleobatimetria del sito è stata completamente modificata ad opera dalle attività sia passata che recente operata all'interno dell'area portuale (dragaggi-costruzione di corpi diga etc.).

### **Le forme subacquee nelle aree antistanti all'area portuale in studio**

Nell'Indagine geologico-tecnica a supporto della progettazione esecutiva della seconda vasca di contenimento per sedimenti di dragaggio del Porto di Livorno (giugno 2008) sono stati eseguiti e interpretati dei profili sismo-stratigrafici.

L'interpretazione dei profili non fornisce indicazioni sulla composizione degli strati in termini di "natura esatta del sedimento", ma piuttosto consente di trarre alcune considerazioni sull'evoluzione morfologica del substrato.

La maggior parte dei profili mostrano un primo "strato" superficiale, di scarso spessore (qualche decina di centimetri), acusticamente trasparente e che può essere associato ad un deposito recente indifferenziato probabilmente di natura sabbioso-limoso. Il livello sottostante appare in molti profili debolmente stratificato e potrebbe far pensare ad una evoluzione più complessa, confermata nella parte più distale (offshore) dei profili, da una laminazione inclinata (cunei) tipica di strutture di progradazione. Infine è possibile rilevare un ultimo livello in discordanza con i precedenti, talvolta affiorante nella zona più lontana dalla costa, caratterizzato da una morfologia superficiale frastagliata, causata probabilmente dalla composizione stessa del sedimento.

### **3.3 Assetto idrogeologico**

Dal punto di vista idrogeologico, l'andamento piezometrico e le caratteristiche idrodinamiche della falda superficiale nell'area sono fortemente condizionate dalla presenza di depositi a bassa permeabilità e dall'ingressione marina dovuta alla vicinanza con la linea di costa. In tali condizioni la definizione dei parametri idrodinamici della falda è valutabile solo in prima approssimazione. Si riconosce una falda freatica piuttosto limitata come spessore agli orizzonti terrigeni superficiali legati in parte ai riporti antropici e in parte ai depositi olocenici e pleistocenici terrigeni a maggiore componente sabbiosa. La profondità della falda, nei pressi dell'area d'interesse, oscilla tra 1.50 e 2.00 m dal piano di campagna, saturando quindi i depositi limoso-sabbiosi superficiali. La produttività dell'acquifero è in genere modesta, con portate che non superano 1 l/s.

### **3.4 Assetto litostratigrafico**

Ai fini della definizione di un quadro preliminare stratigrafico, si riporta nel seguito una descrizione sintetica delle caratteristiche dei depositi presenti al di sotto della pavimentazione portuale, derivate da diversi studi effettuati in precedenza nell'area oggetto di intervento e in zone limitrofe.

	<b>DESCRIZIONE STRATIGRAFICA</b>	<b>m s.l.m.</b>
<b>LIVELLO 0</b>	conglomerati bituminosi della pavimentazione stradale	+2.00 a +1.50
<b>LIVELLO A</b>	riporto di materiali addensati di varia natura	+1.50 a -1.00
<b>LIVELLO B</b>	sabbie miste ad inerti	-1.00 a -3.00
<b>LIVELLO C</b>	alternanza di sabbie limose ed argille limose	-3.00 a -9.00/24
<b>LIVELLO D</b>	argille ed argille limose a buona consistenza	-24 a -29

*Tabella 1. Sintesi dei caratteri riportati negli studi pregressi.*

*\*Fa eccezione il tratto di Calata Carrara Accosto 55 (Campagna E) presenta una C di circa 12 kg/cm<sup>2</sup>.*

## 4 CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

### 4.1 Sintesi dei risultati dell'indagine ambientale pregressa

Nel 2008 è stata eseguita la caratterizzazione ambientale, validata da ARPAT, per le aree di intervento facenti parte del SIN EX SIN di Livorno ("Report indagini di caratterizzazione ambientale", Commissionato dall'autorità portuale, Luglio 2008 a cura di Ambiente Ingegneria ambientale e laboratori s.p.a). Le caratterizzazioni sono state condotte ai sensi del DM 471/1999 e pertanto le risultanze analitiche sui campioni di suolo e sottosuolo sono state determinate ed espresse sulla sola frazione granulometrica inferiore ai 2 mm, senza tenere in considerazione lo scheletro (frazione granulometrica compresa tra 2 cm e 2 mm) come richiesto invece dalla normativa attualmente vigente D.lgs 152/2006. Tuttavia, tale procedura è di maggior cautela, anche se le risultanze ottenute sono da ritenersi ad oggi rappresentative solamente per una ricostruzione del quadro conoscitivo di sfondo dei terreni da analizzare, poiché ai fini autorizzativi i risultati analitici non sono da ritenersi validi in quanto precedenti ai tre anni.

In particolare, nell'**ambito di indagine codificata D1** (relativo a Calata Alto Fondale) sono risultati i seguenti superamenti:

- Nel suolo e sottosuolo per composti inorganici (n. 2 superamenti per Arsenico, n. 3 superamenti per Mercurio) oltre ad alcuni superamenti per composti organici (n.2 superamenti per il parametro Idrocarburi C>12, n.1 superamenti per Benzo(a)antracene, n.1 superamento per Benzo(a)pirene, n.1 superamenti per Benzo(b)fluorantene, n.1 superamento per Indenopirene).
- Nelle acque sotterranee per composti inorganici (n. 2 superamenti per Arsenico, n. 3 superamenti per Mercurio) oltre ad alcuni superamenti per composti organici (n.2 superamenti per il parametro Idrocarburi C>12, n.1 superamenti per Benzo(a)antracene, n.1 superamento per Benzo(a)pirene, n.1 superamenti per Benzo(b)fluorantene, n.1 superamento per Indenopirene).

Per quanto riguarda l'**ambito D2 (Calata Orlando-Pisa)**, facendo riferimento alle aree soggette a intervento sono stati misurati solo superamenti relativi ai solfati nelle acque sotterranee.

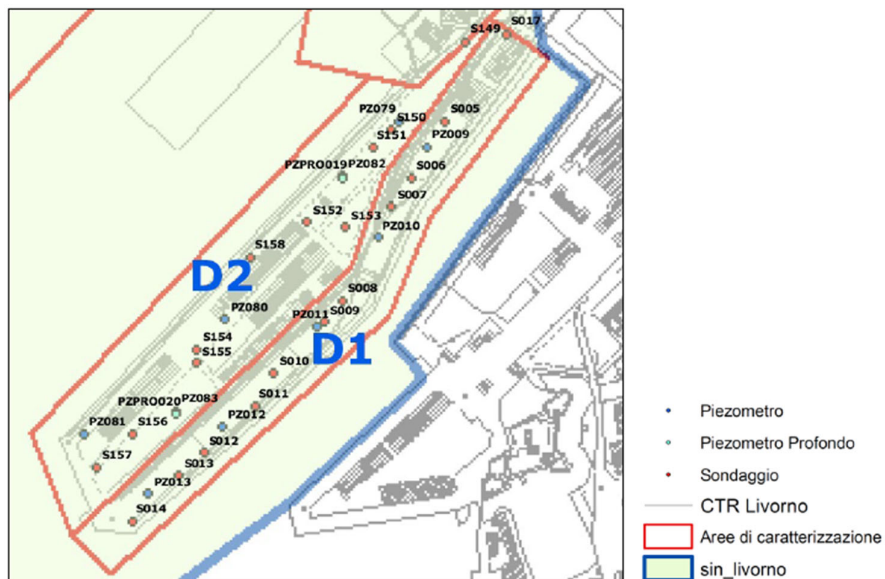


Figura 12. Punti di indagine relativi alla caratterizzazione ambientale del 2008.

**Adeguamento al PRP delle strutture portuali limitrofe alla Stazione Marittima di Livorno**  
 Progetto di Fattibilità Tecnico Economica – Piano di caratterizzazione ambientale

TABELLA RIASSUNTIVA SUPERAMENTI MATRICE SUOLO E SOTTOSUOLO AREA D1								
AUTORITA'	RDP	08327	08237	08239	08236	08233	08334	08241
PORTUALE LIVORNO	Tab. 1 Col. B DM 471/99	SONDAGGIO						
COMUNE DI LIVORNO		S009	S012		S013	S014	PZ011	PZ013
		C2	C1	C3	C3	C3	C3	C2
Idrocarburi C>12	750			1480	1116			
Arsenico	50		88.5			79.5		
Mercurio	5	9.1				9.42	9.0	
Benzo (a) antracene	10							16.11
Benzo (a) pirene	10							12.36
Benzo (b) fluorantene	10							11.76
Indenopirene	5							8.0
Sommatoria IPA	100							121

TABELLA SUPERAMENTI ANALISI MATRICE ACQUE SOTTERRANEE AREA D1					
Analita	CLA				
	Tab 2 DM 471/99	PZ009	PZ010	PZ011	PZ013
Arsenico (µg/l)	10	13.0	11.9	12.5	17.0
Solfati (µg/l)	250				1043.8
Benzo(a)pirene	0.01		0.016		
Benzo(g,h,i)perilene	0.01		0.013		

TABELLA RIASSUNTIVA SUPERAMENTI MATRICE SUOLO E SOTTOSUOLO AREA D2						
AUTORITA' PORTUALE LIVORNO COMUNE DI LIVORNO	RDP	07672	07820	07744	08130	
	Tab. 1 Col. B DM 471/99	S152	S155	PZ079	PZ083	
		C1	C3	C1	C2	
Arsenico	50		61.4			
Cadmio	15		172.2			
Nichel	500	726.5		856		
Piombo	1000		3704			
Zinco	1500		9256			
Benzo (a) antracene	10				16.49	
Benzo (a) pirene	10				15.7	
Benzo (b) fluorantene	10				19.55	
Indenopirene	5				8.36	
Sommatoria IPA (da 25 a 37)	100				129	

TABELLA SUPERAMENTI MATRICE ACQUE SOTTERRANEE AREA D2							
Analita	CSC						
	Tab2 DM 471/99	PZ079	PZ080	PZ081	PZ082	PZ083	PZPRO019
Arsenico (µg/l)	10	14.1	30			11.6	
Solfati (µg/l)	250			1585.5	706.9		980.3
Benzo(a)pirene (µg/l)	0.01		0.045				
Benzo(g,h,i)perilene (µg/l)	0.01		0.031				
Sommatoria IPA (µg/l)	0.1		0.142				

Figura 13. Tabelle riassuntive della Relazione tecnica APL 2008.

È importante ricordare che sul territorio livornese è stata avanzata l'ipotesi dell'esistenza di anomalie naturali nei sedimenti marino-costieri e nelle acque di falda legate alla specificità del sito (come da studi condotti dall'ente di controllo Dip. ARPAT di Livorno).

Dall'analisi di rischio non sono stati rilevati superamenti delle CSR stimate, pertanto sui siti in oggetto non vi è stata necessità di interventi di bonifica, in quanto rispettano le concentrazioni stabilite dalla norma.

## 5 PROPOSTA DI PIANO DI CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE

### 5.1 Quadro normativo di riferimento per le nuove caratterizzazioni ambientali

Le nuove indagini ambientali verteranno sui materiali provenienti dalla resecazione delle attuali banchine di Calata Alto Fondale, Orlando, Pisa e Carrara. Parte dei materiali ricavati, circa 235.000 m<sup>3</sup>, verranno riutilizzati per il riempimento del Bacino di Firenze.

Lo spessore dei sedimenti/materiali di riporto oggetto di indagine va dalla quota di +2 m s.l.m. fino a -9 m s.l.m., livello pari alla quota batimetrica attuale del Bacino Cappellini. Da studi e caratterizzazioni precedenti questo spessore risulta interessato da diverse tipologie di materiale, riassunte in Tabella 2, rimandando per ulteriori approfondimenti sull'assetto litostratigrafico del sito, alla Relazione Geologica preliminare.

Nella Tabella 2, l'ultima colonna indica la normativa di riferimento ai fini della pianificazione delle caratterizzazioni ambientali e relative valutazioni di idoneità sul riutilizzo dei materiali. Infatti, dato l'ambito di intervento, la previsione di riuso dei materiali e le caratteristiche litostratigrafiche del sito, si propone di procedere con una indagine ambientale nel rispetto dei requisiti richiesti dalla normativa vigente:

- in materia di "terre e rocce e scavo" (DPR120/2017), per quanto riguarda i materiali di riporto e di riempimento delle banchine,
- secondo le direttive sulla "gestione e movimentazione dei sedimenti marini" (DM 173/2016) per quanto concerne la caratterizzazione dei depositi sedimentari in posto di origine marina e costiera.

Riguardo agli aspetti procedurali ed autorizzativi, da quanto al momento preliminarmente acquisto, si evince che le terre e rocce da scavo saranno oggetto delle procedure autorizzative di cui al DPR 120/2017 per le sole porzioni destinate alla formazione di rilevati emersi, il riutilizzo degli analoghi volumi destinati al riempimento soffolto del bacino portuale saranno autorizzati come immersione in ambiente marino conterminato di "inerti e materiali geologici inorganici" ai sensi dell'art. 17 comma 1 della LRT 80/2015 e relative linee guida attuative (DGRT 613/2020).

Tabella 2. Quadro sinottico. I valori delle quote sono indicativi.

Strato	Quota (m s.l.m.)	Spessore (m)	Descrizione	Normativa di riferimento
<b>0</b>	+2.00 a +1.50	0.50	Conglomerati bituminosi della pavimentazione stradale	<b>D.lgs. 152/2006</b>
<b>A</b>	+1.50 a -1.00	2.50	Materiali inerti di riempimento delle banchine	<b>D.P.R. 120/2017</b>
<b>B</b>	-1.00 a -3.00	2.00	Sedimenti di origine naturale rimaneggiati o misti a materiale di riempimento	<b>D.P.R. 120/2017</b>
<b>C</b>	-3.00 a -9.00	6.00	Sedimenti di origine marina e costiera in posto (substrato inalterato individuabile a quota -5m o superiore)	<b>D.M. 173/2016</b>

## 0. CONGLOMERATI BITUMINOSI DELLA PAVIMENTAZIONE STRADALE

La porzione più superficiale che va da circa +2.00 a +1.50, pari a circa 20.000 m<sup>3</sup>, andrà conferita in discarica poiché costituita dai conglomerati bituminosi con cui è realizzata la pavimentazione dei piazzali. Secondo l'articolo 184, comma 3, del D.lgs. 152/2006, i rifiuti derivanti dalle attività di demolizione e costruzione, nonché i rifiuti che derivano dalle attività di scavo, fermo restando quanto disposto dall'articolo 184 bis del medesimo decreto, sono classificati come rifiuti speciali e come tali sono da trattare e quindi da conferire in impianti di smaltimento o di recupero. Il lotto 2, ovvero la zona di Calata Carrara, è costituito da due diversi strati di pavimentazione: uno relativo alla pavimentazione attuale che possiede il medesimo spessore indicato in tabella, e uno relativo alla pavimentazione antica che ricade tra circa +0.90 a +0.70 m s.l.m..

Ai fini della determinazione del codice CER, per questa tipologia di materiale è prevista l'esecuzione delle analisi merceologiche.

### A. MATERIALI INERTI DI RIEMPIMENTO

Lo spessore compreso tra circa +1.50 e -1.00 m s.l.m. è occupato dai materiali utilizzati per la costruzione delle banchine, costituite in parte da manufatti delle banchine, quali blocchi ciclopici in calcestruzzo, e in parte dal materiale di riempimento. I blocchi in calcestruzzo verranno riutilizzati tal quali oppure trattati ai sensi del DPR 120/2017. Per quanto riguarda invece i materiali di riempimento sono da intendersi come "materiali di riporto" quindi da considerarsi secondo il DPR 120/2017. Per questi si fa riferimento inoltre alla al D.L. 25 gennaio 2012, n. 2 convertito in L. 24 marzo 2012, n. 28 (art. 3 materiale da riporto) e alla circolare esplicativa del MinAmb 10 novembre 2017 n. 0015786, dalle quali risulta che: le terre e rocce da scavo contenenti materiali di riporto possono essere gestite come "sottoprodotti" ed essere riutilizzate in sito nei casi in cui:

- la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non superi la quantità massima del 20% in peso;
- risultino conformi al test di cessione e non risultino contaminate (compreso il rispetto delle CSC delle acque sotterranee se il materiale è in falda).

Pertanto risulta determinante stabilire la % in peso dei materiali di origine antropica (art. 4 comma 3 del DPR 120/2017), in particolare se hanno componenti di origine antropica > 20% frammisti a quelli di origine naturale, sono da considerarsi rifiuto. Devono inoltre essere conformi al test di cessione e ai requisiti di qualità rispettando le CSC riportate alla colonna B (sito ad uso commerciale ed industriale), Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo n 152 del 3 aprile 2006. In tali circostanze si possono trattare come sottoprodotti.

Quanto sopra è relativo alla sola matrice suolo-sottosuolo, si esclude di procedere alla valutazione anche della matrice acque sotterranee in relazione alla destinazione delle terre e rocce oggetto di scavo, per le quali è previsto il completo riutilizzo a formazione di riempimento in ambiente marino conterminato (emerso e sommerso).

Per le metodologie di campionamento si fa riferimento all'Allegato 2 e all'Allegato 10 del D.P.R 12/2017.

#### **Metodologia di campionamento secondo l'Allegato 2 del DPR 12/2017**

La caratterizzazione ambientale è eseguita preferibilmente mediante scavi esplorativi (pozzetti o trincee) e, in subordine, con sondaggi a carotaggio.



Data la profondità totale di -9 m s.l.m. (-11 m dal pc) da raggiungere, nel caso in studio si procederà con sondaggi a carotaggio continuo, che consentono comunque di estrarre campioni significativi dei vari livelli da indagare.

Il numero di punti d'indagine si basa sulle dimensioni dell'area d'intervento. Essendo l'area complessiva da indagare pari a 32.000 (lotto 1) + 13.000 (lotto 2) = 45.000 mq, si debbono prevedere **7 punti di prelievo + 1 ogni 5.000 mq**, ossia almeno 16 punti di campionamento complessivi, uniformemente distribuiti sull'area da indagare così da essere rappresentativi della stessa. I campioni da sottoporre ad analisi chimico-fisiche saranno tendenzialmente n. 3 per ogni sondaggio. In genere i campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali delle terre e rocce da scavo sono prelevati come campioni compositi per ogni sondaggio in relazione alla tipologia ed agli orizzonti individuati. Nel caso di sondaggi a carotaggio il campione è composto da più spezzoni di carota rappresentativi dell'orizzonte individuato al fine di considerare una rappresentatività media.

Come precedentemente dichiarato, nonostante sia interessata anche la porzione satura del terreno, si esclude di procedere alla valutazione della matrice acque sotterranee poiché le terre saranno riutilizzate nello stesso ambiente marino conterminato.

Le procedure di caratterizzazione ambientale delle terre e rocce da scavo di cui all'articolo 2 del D.P.R. 120/2017, comma 1, lettera c), devono rispettare quanto descritto nell'Allegato 4 del medesimo D.P.R.. La lista delle sostanze da ricercare deve essere modificata ed estesa in considerazione dei superamenti registrati nella caratterizzazione ambientale effettuata nel 2008 sintetizzati nel paragrafo 4.1 di questa relazione.

Data la presenza di materiale di riporto, non essendo nota l'origine dei materiali inerti che lo costituiscono, la caratterizzazione ambientale, prevede:

- l'ubicazione dei campionamenti in modo tale da poter caratterizzare ogni porzione di suolo interessata dai materiali di riporto, data la possibile eterogeneità verticale ed orizzontale degli stessi;
- la valutazione della percentuale in peso degli elementi di origine antropica.

Per la quantificazione dei materiali di origine antropica si applica la metodologia di cui all'Allegato 10 del DPR 129/2017.

#### **Quantificazione dei materiali di origine antropica secondo l'Allegato 10 del D.P.R. 120/2017**

La valutazione si basa su un'analisi che ha lo scopo di individuare i materiali di natura antropica presenti nel riporto in un numero di campioni che possa essere considerato rappresentativo del volume dello scavo. La valutazione è finalizzata a separare il terreno con caratteristiche stratigrafiche e geologiche naturali dai materiali origine antropica in modo che la presenza di questi ultimi possa essere pesata. Il campionamento è condotto sul materiale «tal quale». Non è ammessa la miscelazione con altro terreno naturale stratigraficamente non riconducibile alla matrice materiale di riporto da caratterizzare. La quantità massima del 20% in peso di cui all'articolo 4, comma 3, è riferita all'orizzonte stratigrafico costituito da materiale di origine naturale e materiale di origine antropica. Nella preparazione del campione finalizzata all'individuazione dei materiali di origine antropica presenti all'interno del riporto non è scartata la frazione superiore a 2 cm. Sono considerati materiali di origine naturale, da non conteggiare nella metodologia, i materiali di dimensioni > 2 cm costituiti da sassi, ciottoli e pietre anche alloctoni rispetto al sito. Se nella matrice materiale di riporto sono presenti unicamente materiali di origine antropica derivanti da prospezioni, estrazioni di miniera o di cava che risultano geologicamente distinguibili dal suolo originario presente in sito (es. strato drenante

costituito da ciottoli di fiume, o substrato di fondazione costituito da sfridi di porfido), questi non devono essere conteggiati ai fini del calcolo della percentuale del 20%.

## **B. SEDIMENTI DI ORIGINE NATURALE MISTI A MATERIALE DI RIEMPIMENTO**

Per i terreni presenti nello spessore che va da circa -1.00 a -3.00 m s.l.m. si applica quanto descritto per i materiali di riempimento dello strato precedente in quanto anch'essi da intendersi come "materiali di riporto", per cui si fa riferimento alle medesime norme di campionamento e alle metodologie di verifica della percentuale di componente antropica descritte nel punto B.

In questi termini, gli orizzonti A. e B. possono essere considerati omogenei dal punto di vista tipologico.

## **C. SEDIMENTI DI ORIGINE MARINA**

Ai fini della caratterizzazione dei sedimenti marini presenti da -3.00 m a -9.00 m s.l.m. si intende seguire la procedura tecnico-metodologica di campionamento e di analisi ai sensi del DM 173/2017. Il materiale escavato verrebbe conferito o per il riempimento del Bacino Firenze, o in vasche di colmata, e quindi comunque all'interno di un "ambiente conterminato". Tale utilizzo è governato dal DM 173/2017. L'applicazione del DM 173/2017 rappresenta un approccio precauzionale ma comunque concettualmente corretto, in quanto contenente direttive valide nel caso di "escavo di fondali marini" o di "terreni litoranei emersi".

Essendo l'area di intervento interna al porto, per la pianificazione delle attività di campionamento e caratterizzazione si è fatto riferimento al **percorso 1 indicato nell'allegato tecnico al DM 173/2016 il quale prevede una caratterizzazione completa.** E' tuttavia altresì prevista la possibilità, trattandosi di aree non ricomprese in SIN (Siti di Interesse Nazionale) e con previsione di conferimento dei materiali in aree confinate, di applicazione delle stesse previsioni del percorso 2 relativamente alla possibilità di procedere alla formazione di campioni composti rappresentativi degli stessi livelli stratigrafici di celle d'indagine confinanti.

La strategia ottimale di campionamento deve consentire una caratterizzazione rappresentativa dell'intera superficie e del volume di materiale da sottoporre a movimentazione. Lungo la perimetrazione interna caratterizzata dalla presenza di manufatti, quali ad esempio pontili, darsene e banchine (Tipologia 1 del DM 173/2016), all'area da sottoporre a escavo è stata sovrapposta una **griglia a maglia quadrata di 50 m x 50 m**. All'interno di ciascuna area unitaria (maglia quadrata di campionamento) e per tutte le tipologie è stato individuato un **punto di campionamento, rappresentativo dell'area unitaria**, posizionato in funzione della distanza dal punto delle aree unitarie contigue. Come detto, la tecnica di campionamento da utilizzare è quella del **carotaggio**. Dato che si tratta di indagini riguardanti strati maggiori di 50 cm, l'altezza di ciascuna carota deve essere almeno pari allo spessore di materiale da asportare previsto nel punto di campionamento. Le carote di sedimento devono essere preventivamente decorticate della parte più esterna a contatto con le pareti interne al carotiere, per evitare la contaminazione da trascinamento. Le attrezzature utilizzate che prevedono il contatto con il sedimento devono essere accuratamente pulite prima del loro reimpiego. Per ciascuna carota, secondo le previsioni della norma, dovrebbero essere individuate sezioni di 50 cm, 100 cm o 200 cm, o sezioni residue di almeno 20 cm rappresentative del livello più profondo, secondo le seguenti modalità:

- le carote fino a 1 m di altezza devono essere suddivise in due sezioni, di cui la prima di 50 cm a partire dalla sommità;
- per carote con altezza superiore ai 1 metro e fino a 2 m, oltre alle 2 sezioni di cui al punto precedente, deve essere individuata almeno una sezione rappresentativa del metro successivo al primo;

- per carote con altezza superiore ai 2 m, oltre alle 3 sezioni di cui ai punti precedenti, deve essere individuata una sezione rappresentativa di ogni successivo intervallo di 2 m;
- qualora sia accertato il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area, opportunamente documentato nella relazione tecnica, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica, è sufficiente l'individuazione di sezioni rappresentative dell'intero strato.

Da ciascuna sezione deve essere prelevata una aliquota di sedimento in modo tale da garantire la massima rappresentatività del campione. Il campione prelevato deve essere omogeneizzato e suddiviso nelle aliquote previste per le diverse analisi. La quantità di materiale prelevata per ciascun campione deve essere sufficiente a garantire tutte le analisi previste e descritte nel Capitolo 2 dell'allegato tecnico al dal DM 173/2016, ovvero:

- analisi fisiche
- analisi chimiche
- analisi ecotossicologiche

Nel caso in studio, non si prevedono analisi microbiologiche in quanto non significative, dato il contesto ambientale (sedimenti conterminati e tombati da almeno 80 anni).

Deve essere inoltre prelevata un'aliquota di riserva da conservare per eventuali approfondimenti e/o verifiche da parte dell'ARPAT.

Dal campione, prima delle analisi, devono essere rimosse manualmente le componenti di origine antropica (es.: frammenti di plastica, vetro, metallo, ecc.) e naturale (ciottoli, organismi del macrobenthos) di dimensioni comunque superiori a 5 mm. Qualora il campione così ottenuto sia costituito da oltre l'80% di ghiaia (diametro > 2 mm), le analisi chimiche possono essere omesse, a meno di macroscopiche evidenze di inquinamento. In questo caso, la classe di qualità deve seguire il criterio riportato al paragrafo 2.7 del DM 173/2016.

Per il sito sul quale dovrà sorgere la struttura di contenimento dei sedimenti marini movimentati, il DM 173/2016 richiede le seguenti informazioni:

1. caratteristiche meteo marine;
2. caratteristiche batimetriche, geologiche, geotecniche e geomorfologiche;
3. caratteristiche granulometriche, chimiche, ecotossicologiche e biocenotiche.

Tuttavia, poiché il sito di riutilizzo si trova massimo a un centinaio di metri dal sito di rimozione dei sedimenti marini, sia il contesto geologico che sedimentologico così come quello antropico risultano i medesimi. In ragione di ciò, le caratterizzazioni menzionate verranno effettuate se richieste in sede di esecuzione.

## **5.2 Piano indagini ambientali proposto**

Sulla base di quanto esposto nel paragrafo precedente, l'indagine di caratterizzazione ambientale dei materiali di escavo sarà condotta nel rispetto del D.P.R. 120/2017 e del DM 173/2016, pur considerando che, in quest'ultimo caso, si ritiene necessario modificare alcune procedure di campionamento previste dalla norma per adattarle alla specificità del sito oggetto di escavo, come più avanti meglio specificato.

Pertanto si prevede di procedere con una disposizione a griglia dei punti di indagine, ognuno dei quali corrispondente ad un sondaggio, rispettando il dettato normativo sia dell'Allegato 2 al D.P.R. 120/2017

(7 punti + 1 ogni 5.000 m<sup>2</sup>) sia dell'Allegato tecnico al DM 173/2016, che richiede, per il caso in questione, una indagine secondo una maglia 50x50 m. I punti d'indagine saranno localizzati all'interno di ogni maglia in posizione opportuna come riportata nella planimetria in Figura 14 a pag. 30.

In totale, verranno effettuati **20 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di -9 m s.l.m.** (pari a circa 11.00 m dal pc).

Per quanto riguarda gli strati caratterizzati da **materiale di riporto (strati A e B)** verrà eseguito un campionamento ragionato sulla base delle stratigrafie ipotizzate sulla base delle conoscenze geognostiche e di caratterizzazione ambientale pregresse (

Tabella 5). Verranno prelevati un minimo di 3 campioni sulla verticale di ciascun sondaggio (da caratterizzare ai sensi del DPR 120/2017 + test di cessione per volumi oggetto di immersione), oltre ad un campione top-soil da sottoporre ad indagini specifiche al fine dello smaltimento a discarica, si prevede:

- Campione n. 1 nel primo metro di sondaggio tra -0,5 e -1,5m dal p.c. (da + 1,5 a +0,5m s.l.m.)
- Campione n. 2 nella zona intermedia tra -1,5 e -5,0m dal p.c. (da circa +0,5 a -3,0m s.l.m.)
- Campione n. 3 di fondo scavo, coincidente con il primo campionamento dei sedimenti marini (da circa -3,0 a -5,0m s.l.m.)

Si stima **un totale di 40 campioni** (escludendo il campione di fondo scavo conteggiato nei sedimenti marini) nei quali verranno eseguite le analisi chimico-fisiche come indicato nel D.P.R. 120/201. Il campione di fondo scavo, coincidente con il primo campione di sedimenti, sarà analizzato secondo i più restrittivi parametri previsti per i sedimenti marini, resta da definire se risulta ragionevole poter procedere all'omogeneizzazione di più campioni limitrofi di fondo scavo, così come previsto per i sedimenti. Diversamente si procederà all'analisi di ogni campione di fondo scavo.

Il set di parametri analitici da ricercare è definito in base alle possibili sostanze ricollegabili alle attività antropiche svolte sul sito o nelle sue vicinanze, ai parametri caratteristici di eventuali pregresse contaminazioni, di potenziali anomalie del fondo naturale, di inquinamento diffuso, nonché di possibili apporti antropici legati all'esecuzione dell'opera. I diversi analiti previsti sono riportati in Tabella 3.

Tabella 3. Analiti da ricercare nei campioni prelevati negli strati A e B.

<b>ANALITI DA RICERCARE SEDIMENTI DI ORIGINE NATURALE MISTI A MATERIALE DI RIEMPIMENTO (set analitico minimale DPR 120/2017 e altre sostanze indicatrici)</b>	
<b>SUOLO E SOTTOSUOLO</b>	<b>Limiti di riferimento D.Lgs 152/2006 (A/B mg/kg)</b>
<b>Metalli pesanti</b>	
Arsenico	20/50
Cadmio	2/15
Cobalto	20/250
Nichel	120/500
Piombo	100/1000
Rame	120/600
Zinco	150/1500
Mercurio	1/5
Cromo totale	150/800

<b>ANALITI DA RICERCARE</b> <b>SEDIMENTI DI ORIGINE NATURALE MISTI A MATERIALE DI RIEMPIMENTO</b> <b>(set analitico minimale DPR 120/2017 e altre sostanze indicatrici)</b>	
<b>SUOLO E SOTTOSUOLO</b>	<b>Limiti di riferimento D.Lgs 152/2006 (A/B mg/kg)</b>
Cromo VI	2/15
Ferro	
Amianto	1000/1000
<b>BTEX</b>	
Benzene	0,1/2
Toluene	0,5/50
Etilbenzene	0,5/50
Stirene	0,5/50
Xilene	0,5/50
Σ Organici aromatici	1/100
<b>IPA</b>	
Benzo (a) antracene	0,5/10
Benzo (a) pirene	0,1/10
Benzo (b) fluorantene	0,5/10
Benzo (k) fluorantene	0,5/10
Benzo (g, h,i) perilene	0,1/10
Crisene	5/50
Dibenzo (a,e) pirene	0,1/10
Dibenzo (a,l) pirene	0,1/10
Dibenzo (a,i) pirene	0,1/10
Dibenzo (a,h) pirene	0,1/10
Dibenzo (a, h) antracene	0,1/10
Indeno(1,2,3-c,d)pirene	0,1/5
Pirene	5/50
ΣIPA	10/100
Policlorobifenili (PCB)	0,06/5,0
<b>Idrocarburi</b>	
pesanti, C>12	50/750
leggeri, C<12	10/250
<b>Test di cessione (per terre e rocce destinate all'immersione in ambiente marino confermatato)</b>	
<b>Diossine</b>	
PCDD	
PCDF	
<b>Analisi TS (0-0,5m) per individuazione codice CER (solo su campione top soil)</b>	

I risultati delle analisi sui campioni sono da confrontare con le **Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC)** di cui alla **colonna B** (sito ad uso commerciale ed industriale), Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del decreto legislativo n 152 del 3 aprile 2006.

Per i materiali da riporto destinati a volumi di immersione in ambiente conterminato verrà inoltre eseguito il Test di Cessione (TC) e la quantificazione del materiale antropico. In funzione dell'eterogeneità osservata in sito si potrà eventualmente procedere alla miscelazione di campioni in maniera cumulata (Tabella 6).

Per i **sedimenti marini (strato C)**, presenti da circa -3 m a -9 m s.l.m., il campionamento proposto tiene conto delle modalità previste dall'Allegato tecnico del DM 173/2016 (riportate nel punto C del paragrafo 5.1 della presente relazione), adattando tuttavia il metodo alla specificità del sito, in particolare per quanto concerne il primo metro di sondaggio (tra circa -3,00 e -4,00 m s.l.m.). Infatti, i sedimenti di origine marino-costiera in posto, oggetto di caratterizzazione, risultano stratigraficamente sottostanti i materiali di riempimento dei settori di banchina realizzati almeno 90 anni fa e pertanto:

- i depositi sedimentari in posto, di ambiente marino costiero, tombati da più di 90 anni e giacenti a partire da circa -5,00 m dal pc attuale, fanno ragionevolmente ipotizzare che i processi di contaminazione antropica non siano significativi;
- il contatto stratigrafico tra materiali di riporto soprastanti e sedimenti marini in posto sottostanti, non risulta netto e verticalmente omogeneo, essendo più frequentemente caratterizzato da un orizzonte di transizione di materiali mescolati e rimaneggiati tra sedimenti in posto e materiale di riempimento (tra circa -3,0 a -5,0m s.l.m.);
- la procedura di campionamento e di caratterizzazione del DM 173/2016 è cautelativa per l'attuale assetto stratigrafico e infrastrutturale del sito.

Tutto ciò premesso, si è ipotizzato un campionamento ragionato tra la quota -3,00 e -9,00 m s.l.m., prevedendo la formazione di campioni compositi per l'analisi chimico-fisica ed ecotossicologica, ottenuti miscelando "a fresco" i campioni singoli provenienti da 3 celle 50x50 contigue (essendo le celle allineate si considerano contigue la centrale e le due laterali confinanti), sia per Calata Pisa (ad esempio S1.1-S1.2-S1.3 , S1.4-S1.5-S1.6) che per Calata Carrara (es. S2.1-S2.2-S2.3), rappresentativi di volumi massimi da movimentare di 10.000 mc (coerentemente con quanto previsto dal **paragrafo 2.2 percorso I DM 173/2016**). In via precauzionale, è prevista eventualmente la conservazione a -20° C di una aliquota di almeno 250 ml di ciascun campione (accorpato e non accorpato) per successivi approfondimenti.

In questi termini, si prevede in totale il prelievo di n. 60 campioni, dai quali verranno formati circa **n. 28 campioni compositi da analizzare** secondo il DM 173/2016, omogenizzati nel modo seguente:

- 1 campione tra -5m e -5,5m circa dal p.c. (da circa -3,0 a -3,5m s.l.m.): omogeneizzabile su 3 celle 50x50m contigue (S1.1-S1.3, S1.4-S1.6, S1.7-S1.9, S1.10-S1.12, S1.13-S1.15 per Calata Pisa S2.1-S2.3, S2.4-S2.5 per Calata Carrara);
- 1 campione tra -5,5m e -6,0m circa dal p.c. (da circa -3,5 a -4,0m s.l.m.): omogeneizzabile su 3 celle 50x50m contigue (S1.1-S1.3, S1.4-S1.6, S1.7-S1.9, S1.10-S1.12, S1.13-S1.15 per Calata Pisa S2.1-S2.3, S2.4-S2.5 per Calata Carrara);
- 1 campione tra -6,0m e -7,0m circa dal p.c. (da -4,0 a -5,0m s.l.m.): omogeneizzabile su 3 celle 50x50m contigue (S1.1-S1.3, S1.4-S1.6, S1.7-S1.9, S1.10-S1.12, S1.13-S1.15 per Calata Pisa S2.1-S2.3, S2.4-S2.5 per Calata Carrara).

Infine, la potenza sedimentaria più profonda e compresa tra circa -7,00 e -11,00m dal p.c. (da -5.00 a -9.00 m s.l.m.), prevede il prelievo di un campione rappresentativo dell'orizzonte per ogni sondaggio

(per un totale di 20 campioni) e la successiva formazione di n. 7 campioni composti da analizzare, formati come schematicamente illustrato nella successiva

Tabella 5 (colonna C7), in quanto si presume il raggiungimento del substrato geologico naturale costitutivo dell'area e quindi con un certo grado di omogeneità nelle caratteristiche litologiche e composizionali del materiale dal punto di vista ambientale:

- 1 campione del substrato litologico tra circa -7,0 e -11,00m dal p.c. (da -5,0 a -9,00m s.l.m.): di cui si propone l'omogeneizzazione su 3 celle 50x50m contigue, per un totale di **n. 7 campioni composti da analizzare.**

I risultati delle analisi sui campioni andranno confrontati con i livelli chimici di riferimento nazionale di cui al DM 173/2016, eventualmente sostituiti su base locale dai valori corrispondenti al cosiddetto "fondo naturale"; A tal proposito si richiamano il contenuto del report "*Studio per la determinazione dei valori di fondo naturale nei sedimenti e nelle acque marine costiere della Toscana Rapporto finale aggiornato, Firenze 2017*".

ANALITI DA RICERCARE - SEDIMENTI MARINI - metodiche di riferimento e livelli chimici di riferimento DM 173/2016					
ANALISI CHIMICHE				ANALISI FISICHE	ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE (AMBIENTE MARINO)
Metalli pesanti	Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)	Policlorobifenili (PCB)	Idrocarburi	descrizione macroscopica	saggio di tossicità con <i>Paracetrotus lividus</i>
Arsenico	Acenaftilene	PCB 28-5277-81-101-118-126-128-138-153-156-169-180	pesanti, C>12	granulometria	saggio di tossicità con <i>Phaeodactylum tricornutum</i>
Cadmio	Benzo(a)antracene	ΣPCB	idrocarburi totali	analisi mineralogica qualitativa	saggio di tossicità con <i>Vibro fischeri</i>
Cobalto	Fluorantene	Diossine e Furani (PCDD-PCDF)	Carbonio organico Totale (TOC)		
Nichel	Naftalene	Pesticidi organoclorurati (HCH-DDD-DDT-DDE-HCB-Aldrin-Dieldrin-Endrin-Eptacloro epossido-Clordano)			
Piombo	Antracene	Composti organostanninici (MBT-DBT-TBT-tot)			
Rame	Benzo(a)pirene				
Zinco	Benzo(b)fluorantene				
Mercurio	Benzo(k)fluorantene				
Cromo totale	Benzo(g,h,i)perilene				
Cromo VI	Acenaftene				
	Fluorene				
	Fenantrene				
	Pirene				
	Dibenzo(a,h)antracene				
	Crisene				
	Indeno(1,2,3-c,d)pirene				
	ΣIPA				

Tabella 4. Analiti da ricercare nei campioni relativi ai sedimenti marini, strato C



**Adeguamento al PRP delle strutture portuali limitrofe alla Stazione Marittima di Livorno**  
Progetto di Fattibilità Tecnico Economica – Piano di caratterizzazione ambientale

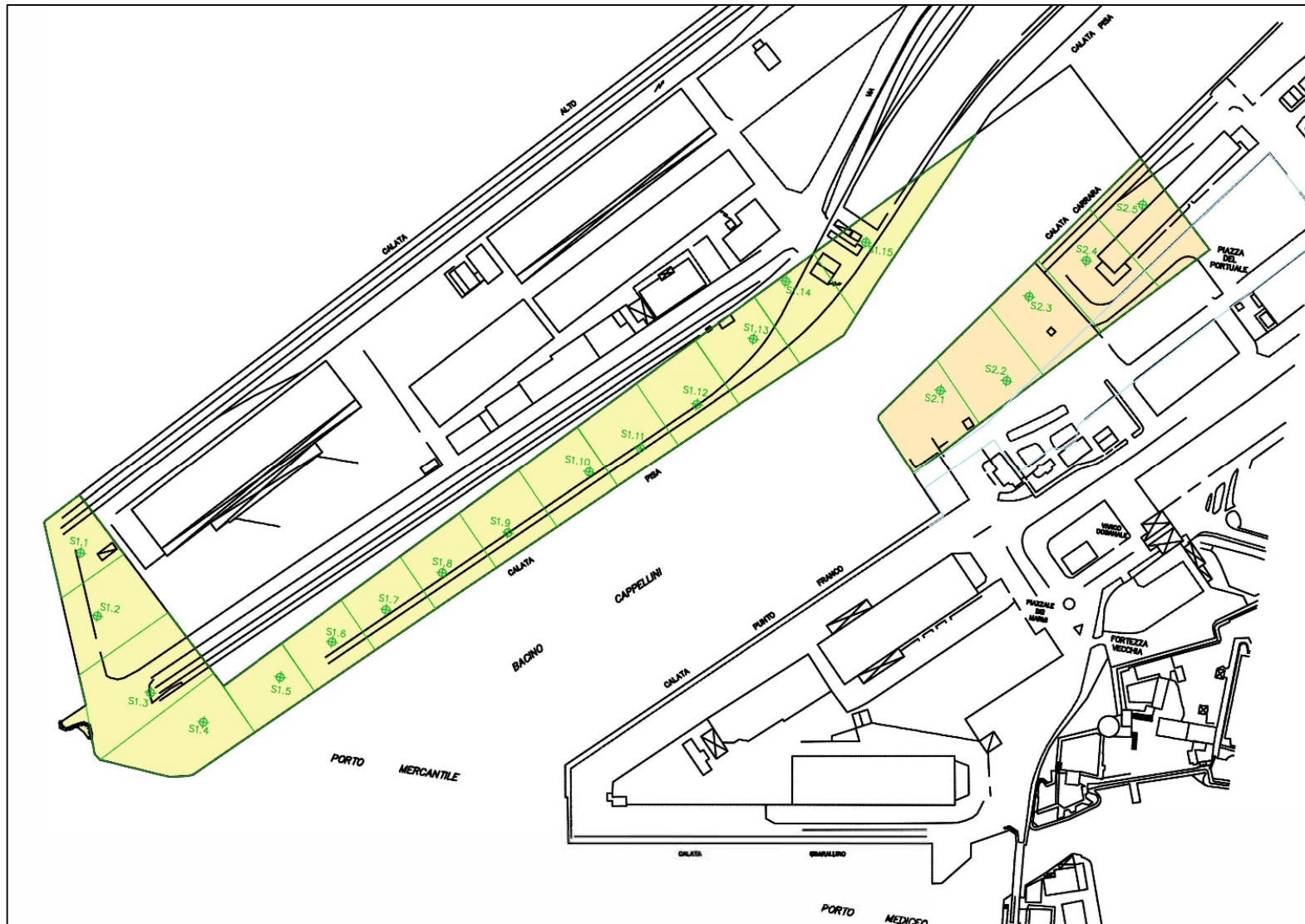


Figura 14. Planimetria punti indagini ambientali.

	DPR 120/2017		DM 173/2016				
SONDAGGIO	C1	C2	C3 Campione composito su 3 celle 50x50m	C5 Campione composito su 3 celle 50x50m	C6 Campione composito su 3 celle 50x50m	C7 Campione composito su 3 celle 50x50m	SONDAGGIO
<b>LOTTO 1 – Calata Pisa</b>							
S1.1	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S1.1
S1.2	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.2
S1.3	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.3
S1.4	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S1.4
S1.5	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.5
S1.6	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.6
S1.7	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S1.7
S1.8	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.8
S1.9	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.9
S1.10	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S1.10
S1.11	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.11
S1.12	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.12
S1.13	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S1.13
S1.14	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.14
S1.15	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S1.15
<b>LOTTO 2 – Calata Carrara</b>							
S2.1	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S2.1
S2.2	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S2.2
S2.3	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S2.3
S2.4	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00	-3.00 a -3.50	-3.50 a -4.00	-4.00 a -5.00	-5.00 a -9.00	S2.4
S2.5	+1.50 a +0.50	+0.5 a -3.00					S2.5

Tabella 5. Quadro sinottico campionamento. Pianificazione ragionata in base alle stratigrafie pregresse per quanto riguarda i materiali su cui vige il D.P.R 120/2017. **Le quote sono espresse in m s.l.m..** I valori riportati sono da considerare come indicativi dello strato su cui andrà prelevato il campione. Per i sedimenti marini i campioni sono stati previsti in base al DM 173/2016.

**Adeguamento al PRP delle strutture portuali limitrofe alla Stazione Marittima di Livorno**  
 Progetto di Fattibilità Tecnico Economica – Piano di caratterizzazione ambientale

	C1 (+1.50 a -0.50 m slm)	C2 (-0.50 a -3.00 m slm)	C3 (-3.00 a -4.00 m slm)
<b>LOTTO1</b>			
S1.1	TC1	TC2	TC3
S1.2			
S1.3			
S1.4	TC4	TC5	TC6
S1.5			
S1.6			
S1.7			
S1.8			
S1.9			
S1.10			
S1.11			
S1.12			
S1.13			
S1.14			
S1.15			
<b>LOTTO2</b>			
S2.1	TC7	TC8	TC9
S2.2			
S2.3			
S2.4			
S2.5			

*Tabella 6. Proposta campioni composti per test di cessione e stima % antropica, da convalidare in sito a seconda dell'eterogeneità dei campioni.*

## 6 CONCLUSIONI

Da quanto esposto finora risulta che:

- Dal punto di vista prettamente geologico, risulta che l'area portuale di Livorno è impostata su depositi sabbiosi di litorale, con intercalazioni di sabbie e limi argillosi fluvio-lacustri e argille lacustri con livelli torbosi, le quali con spessori di modesta entità poggiano direttamente su depositi pleistocenici costituiti da argille e sabbie, localmente ghiaiose, con intercalazioni più o meno ghiaiose, di origine sia marina che fluvio-lacustre. La deposizione di tutti i sedimenti posteriori al Pleistocene inferiore è stata fortemente influenzata dalle importanti variazioni climatiche degli ultimi 0,7 Ma. La stratigrafia del primo sottosuolo (depositi quaternari) è infatti condizionata da fenomeni deposizionali di tipo marino (trasgressivo – regressivo), depositi alluvionali e deltizio-fluviali, depositi continentali eolico-dunari. I sedimenti delle varie unità stratigrafiche si sono via via addossati a quelle precedenti. Per questa complessità di sedimentazione si hanno continue variazioni verticali e rapidi passaggi laterali (eteropie di facies) nel pacco dei terreni più superficiali.
- Per la descrizione preliminare stratigrafica dei terreni in sito sono stati riportati i risultati di indagini geognostiche ed ambientali effettuate sulle stesse aree ed in aree limitrofe in occasione di interventi pregressi. Le strutture d'interesse insistono su un'area originariamente a matrice paludosa e successivamente bonificata con riporti artificiali. I sondaggi disponibili evidenziano che il sottosuolo risulta possedere essenzialmente il seguente assetto litostratigrafico di massima:
  - +1.50 a -1.00 m: riporto di materiali addensati di varia natura
  - -1.00 a -3.00 m: materiali di riporto eterogenei (sabbie miste ad inerti);
  - -3.00 – 9.00: alternanza di sabbie limose ed argille limose di origine marino-costiera;
- La proposta di caratterizzazione ha l'obiettivo di soddisfare ed integrare tra loro le disposizioni delle due norme che regolano la gestione dei suddetti materiali:
  - DPR 120/2017 "regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo";
  - DM 173/2016 "regolamento recante modalità e criteri per l'autorizzazione all'immissione in mare dei materiali di escavo dei fondali marini.
- In relazione alle profondità da raggiungere, -9m s.l.m. ossia una profondità complessiva dal piano campagna di circa 11m, non sarà possibile operare mediante scavi esplorativi ma risulta necessario procedere con sondaggi a carotaggio continuo, che consentono comunque di estrarre campioni significativi dei vari livelli da indagare. La maglia di campionamento da adottare al fine di poter estrarre carote che siano utili alla formazione sia dei campioni di terre e rocce sia al campionamento dei sedimenti più profondi, prevede:
  - secondo l'Allegato 2 al DPR 120/2017, essendo l'area complessiva da indagare pari a  $32.000+13.000 = 45.000$  mq, si debbono prevedere 7 punti di prelievo + 1 ogni 5.000 mq, ossia almeno 16 punti di campionamento complessivi, uniformemente distribuiti sull'area da indagare così da essere rappresentativi della stessa;
  - ai sensi del punto 2.2 del DM 173/2016, essendo l'area di intervento interna al porto, per la pianificazione delle attività di campionamento e caratterizzazione si è fatto riferimento al percorso 1, all'area da sottoporre a escavo è stata sovrapposta una griglia a maglia quadrata di 50 m x 50 m e all'interno di ciascuna cella è stato individuato un punto di campionamento che, pur rappresentativo dell'area unitaria, sia accessibile nelle attuali condizioni di utilizzo dei piazzali portuali.

Dalla combinazione delle due suddette modalità si ottiene una proposta di campionamento che prevede l'esecuzione di **n. 20 sondaggi a carotaggio continuo** di 11m di profondità (dalla +2 alla -9m s.l.m.).

Riassumendo, data la diversa tipologia di materiali e degli strati interessati, si prevede di fare riferimento a quanto indicato dalle normative riportate in tabella.

<b>Strato</b>	<b>Quota (m s.l.m.)</b>	<b>Spessore (m)</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Normativa di riferimento</b>
<b>0</b>	+2.00 a +1.50	0.50	Conglomerati bituminosi della pavimentazione stradale	D.lgs. 152/2006
<b>A</b>	+1.50 a -1.00	2.50	Materiali inerti di riempimento delle banchine	D.P.R. 120/2017
<b>B</b>	-1.00 a -3.00	2.00	Sedimenti di origine naturale misti a materiale di riempimento	D.P.R. 120/2017
<b>C</b>	-3.00 a -9.00	6.00	Sedimenti di origine marina	D.M. 173/2016

Dati i punti di carotaggio, le modalità di estrazione e analisi dei campioni da prelevare, sempre in ragione delle due diverse norme di riferimento e sulla base dei dati stratigrafici già disponibili per le aree da indagare, è possibile individuare mediamente nella quota assoluta -3,0m s.l.m. (-5,0m dal piano campagna) il livello di passaggio dagli strati superiori di riporto – terre e rocce – a quelli di sedimento marino. Ciò consente, salvo correzioni locali che potranno essere operate in corso d'opera all'atto dell'estrazione dei saggi dalle carole, di proporre la seguente modalità di formazione dei campioni (si veda Figura 15):

- per i livelli superiori di materiali di riporto (**Strati A e B**, da caratterizzare ai sensi del DPR 120/2017 + test di cessione per volumi oggetto di immersione), oltre ad un campione top-soil (**Strato 0**) da sottoporre ad indagini specifiche al fine dello smaltimento a discarica, si prevede:
  - Campione n. 1 primo metro di sondaggio, tra -0,5 e -1,5m dal p.c. (da + 1,5 a +0,5m s.l.m.);
  - Campione n. 2 nella zona intermedia tra -1,5 e -5,0m dal p.c. (da circa +0,5 a -3,0m s.l.m.);
  - Campione n. 3 di fondo scavo, coincidente con il primo campionamento dei sedimenti marini (da circa -3,0 a -5,0m s.l.m.);

Si stima un **totale di 40 campioni** (escludendo il campione di fondo scavo conteggiato nei sedimenti marini) nei quali verranno eseguite le analisi chimico-fisiche come indicato nel D.P.R. 120/2017. Il campione di fondo scavo, coincidente con il primo campione di sedimenti, sarà analizzato secondo i più restrittivi parametri previsti per i sedimenti marini, resta da definire se risulta ragionevole poter procedere all'omogeneizzazione di più campioni limitrofi di fondo scavo, così come previsto per i sedimenti. Diversamente si procederà all'analisi di ogni campione di fondo scavo. Per i materiali da riporto destinati a volumi di immersione in ambiente conterminato verrà inoltre eseguito il Test di Cessione (TC);

- per i livelli inferiori di sedimento marino (**Strato C**, da caratterizzare ai sensi del DM 173/2016), si prevede (coerentemente con quanto previsto dal par. 2.2 per il Percorso I del DM 173/2016):
  - 1 campione tra -5m e -5,5m circa dal p.c. (da circa -3,0 a -3,5m s.l.m.): omogeneizzabile su 3 celle 50x50m contigue;

**Adeguamento al PRP delle strutture portuali limitrofe alla Stazione Marittima di Livorno**  
 Progetto di Fattibilità Tecnico Economica – Piano di caratterizzazione ambientale

- o 1 campione tra -5,5m e -6,0m circa dal p.c. (da circa -3,5 a -4,0m s.l.m.): omogeneizzabile su 3 celle 50x50m contigue;
- o 1 campione tra -6,0m e -7,0m circa dal p.c. (da -4,0 a -5,0m s.l.m.): omogeneizzabile su 3 celle 50x50m contigue;
- o 1 campione del substrato litologico tra circa -7,0 e -11,00m dal p.c. (da -5,0 a -9,00m s.l.m.): di cui si propone l'omogeneizzazione su 3 celle 50x50m contigue.

In questi termini, si prevede in totale il prelievo di n. 60 campioni (tra -5,0 e -7,0m dal p.c.)+ n.20 campioni (tra -7,0 e -11,0m dal p.c.), dai quali verranno formati complessivamente circa **n. 28 campioni compositi** (rispettivamente n. 21 +n. 7 campioni compositi) da analizzare secondo il DM 173/2016.

Per ogni campione singolo deve eventualmente essere conservata a -20 °C una aliquota di almeno 250 ml per eventuali accertamenti o approfondimenti.

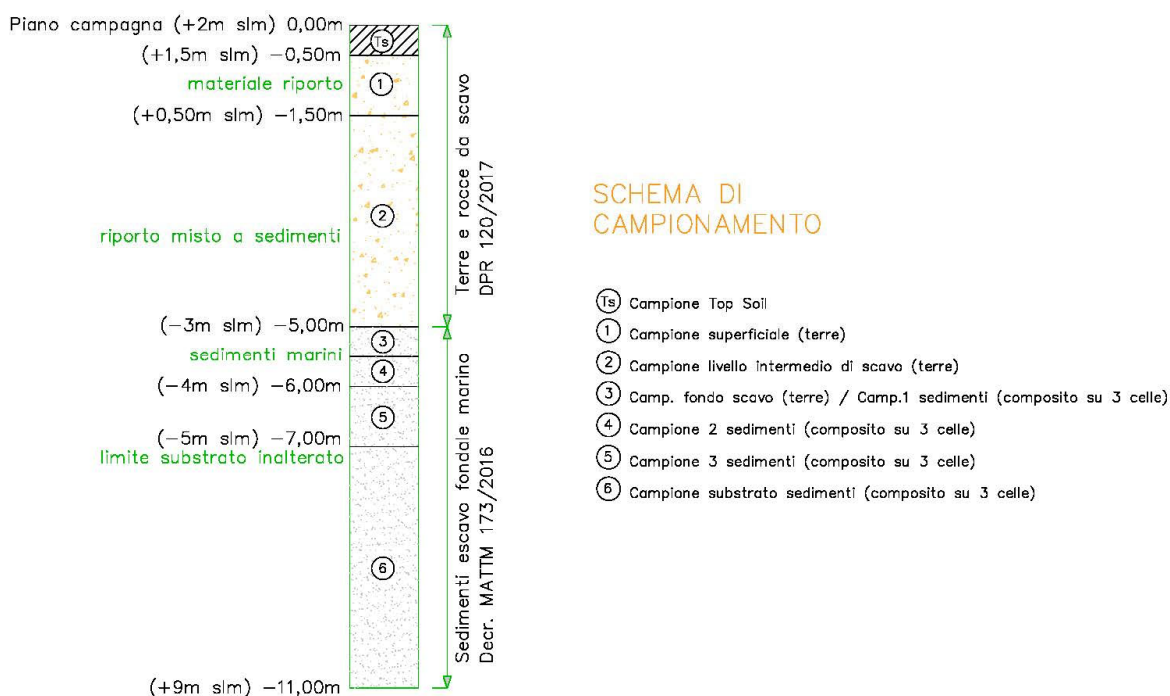
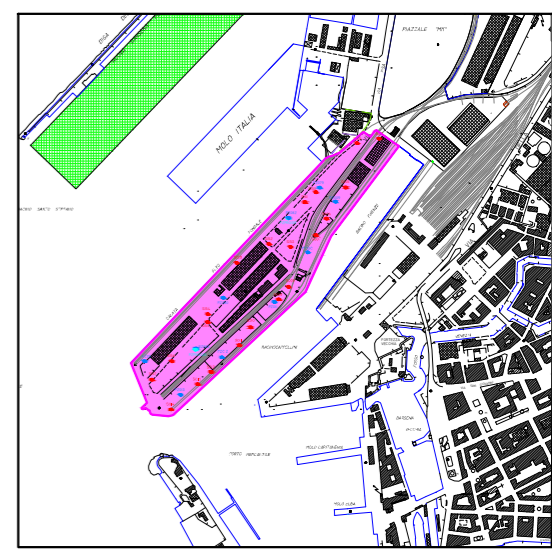
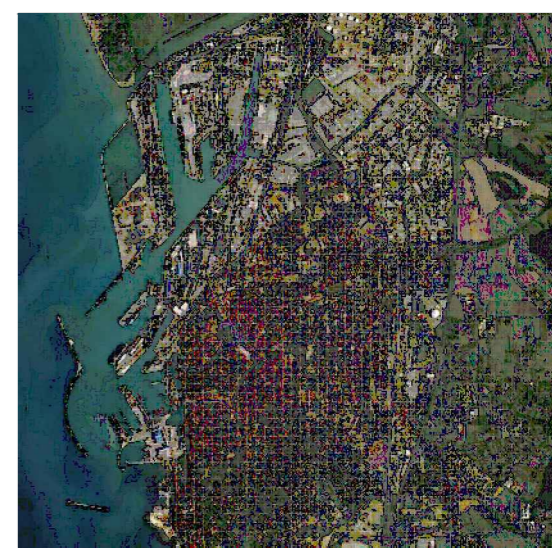


Figura 15 - Schema di campionamento

ALLEGATO

Individuazione fotografico/stratigrafica desumibile dai carotaggi già disponibili



Analisi di Rischio sito-specifica  
Scali Rosciano,7 - Livorno  
AREA D

**TAVOLA 1**

Ubicazione punti di indagine

Legenda:

- S145 Sondaggi
- PZ077 Piezometri superficiali
- PZPRO018 Piezometri profondi
- Perimetro Area D

A CURA DI:



ambiente sc  
Carrara: Via Fracostea 21 Tel. 0585-855824  
Firenze: Via di Soffiano, 15 Tel. 055-7399056  
Roma: Via L. Roberchi Brichetti, 6 Tel. 06-45678571  
Milano: Via Paolo, 11 Tel. 02-45473370

rev	data	descrizione	redatto	verificato
0	04/09/2015		S.P.	N.C.

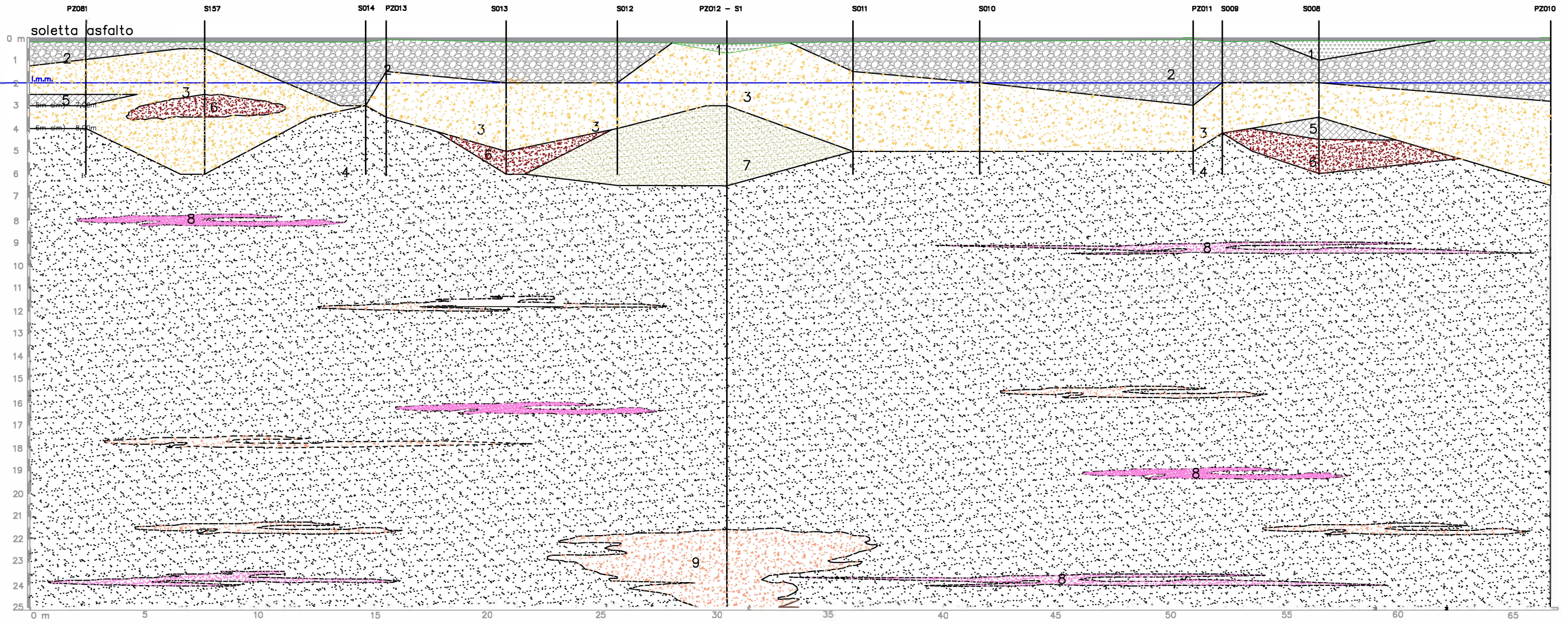
SCALA  
1:1000


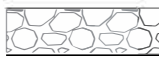

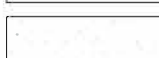



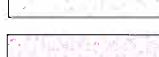

formato  
A 2

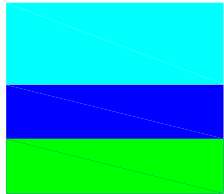
rev  
0

TAVOLA  
**1**





-  tipo 1: terreno di riporto con presenza di materiale inerte eterogeneo
-  tipo 2: ghiaia di riporto in matrice sabbiosa, con possibili inclusioni di pietrame calcareo
-  tipo 3: sabbie grossolane marroni umide con possibile presenza di ghiaia e laterizzi
-  tipo 4: sabbie argillose color grigio con intercalazioni argillose o ghiaiose
-  tipo 5: rocce sedimentarie calcaree di varie dimensioni e sedimenti limosi
-  tipo 6: sedimenti misti a materiale ligneo o ciottoli
-  tipo 7: sabbie limose grigio-verdi sature
-  tipo 8: intercalazioni di livelli limo-argillosi
-  tipo 9: intercalazioni di livelli sabbioso-ghiaiosi



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

S005

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

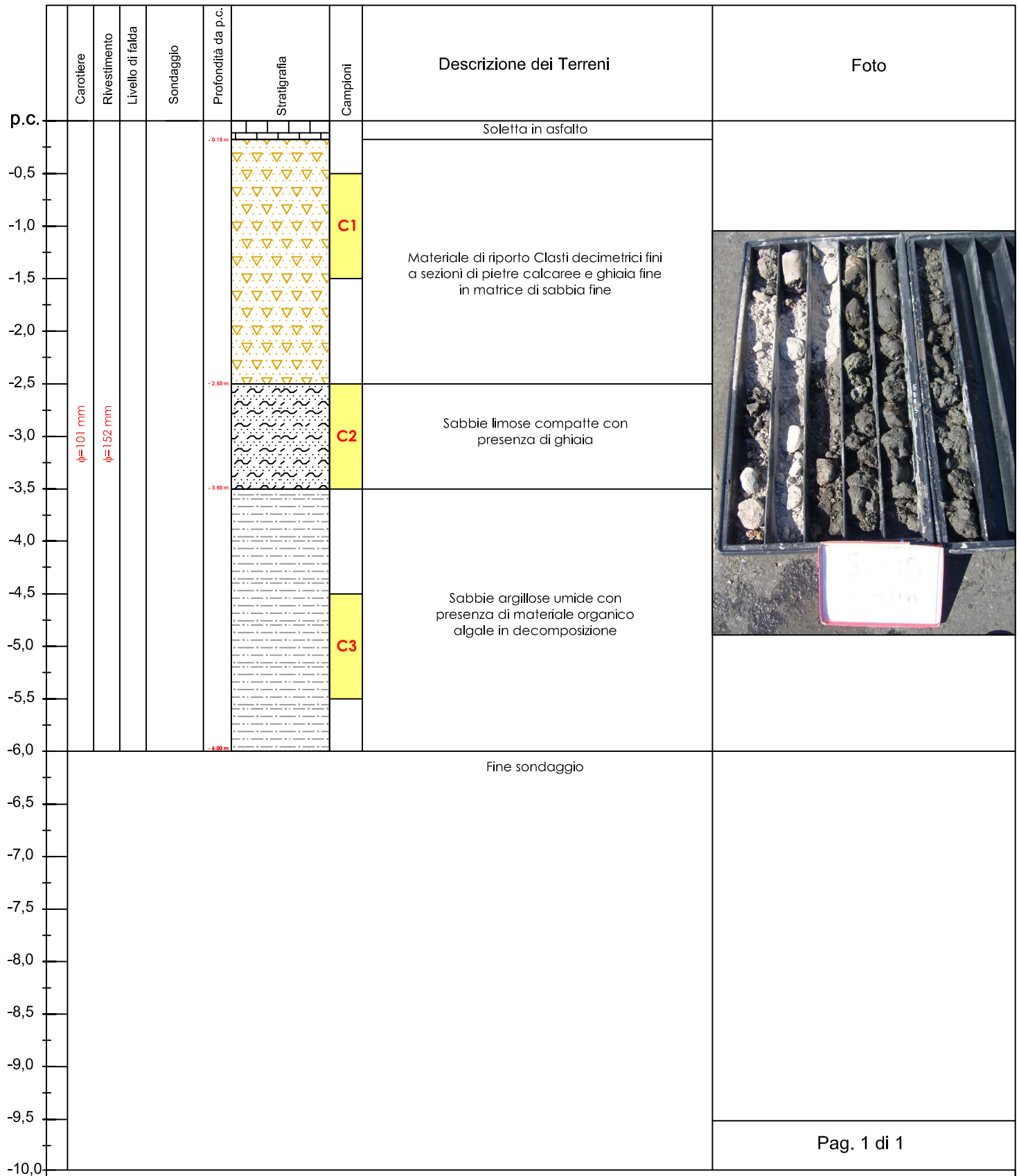
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

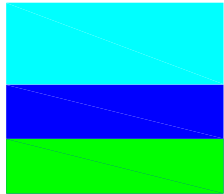
Data di esecuzione : 23/06/2008

Sonda Tipo : M14



Pag. 1 di 1

CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI
DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S c. Shelby D c. Denison DP c. Denison con fustella	IN indisturbati
W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	O c. Osterberg M c. Mazier	RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

S006

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

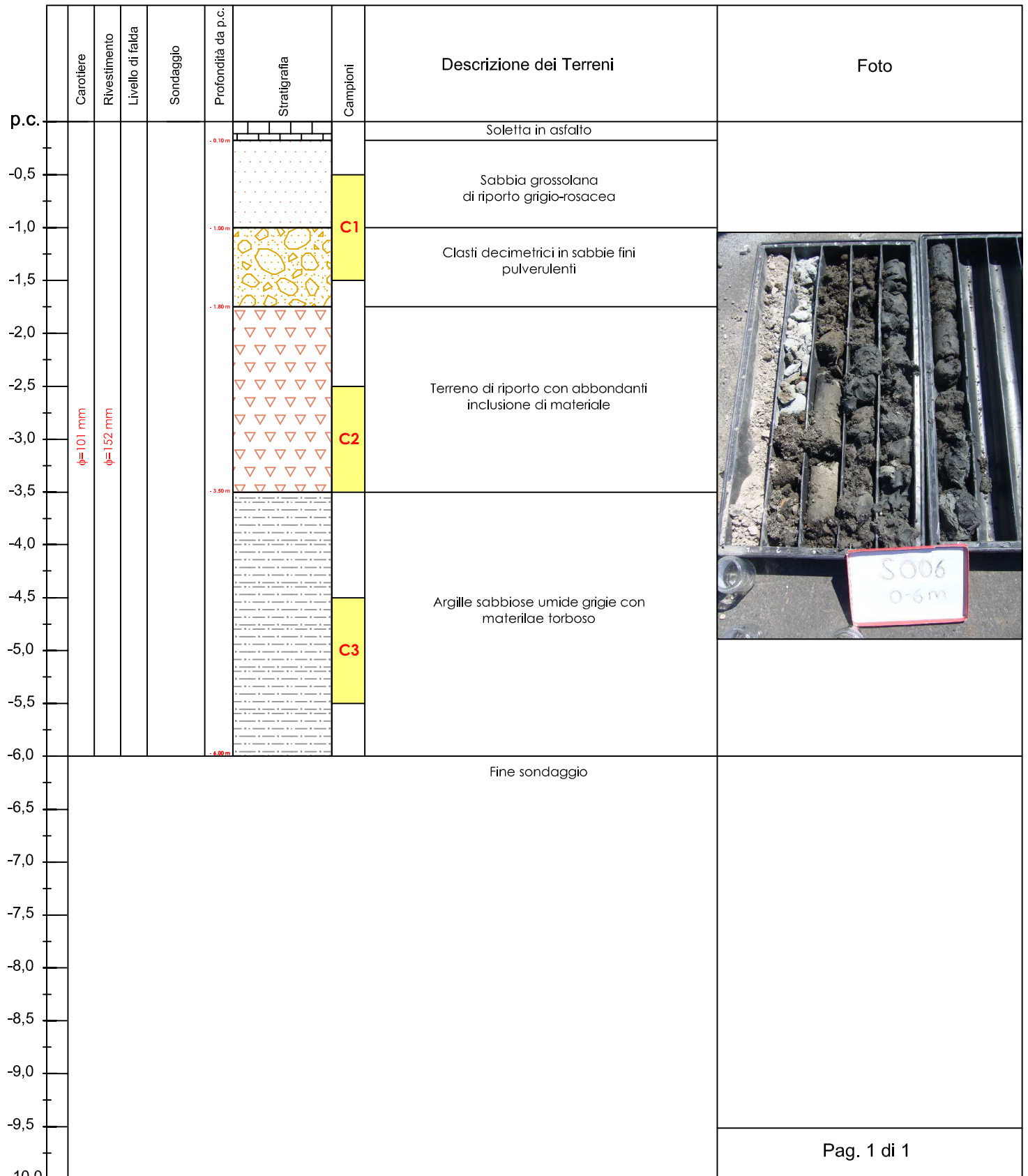
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 23/06/2008

Sonda Tipo : M14



CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

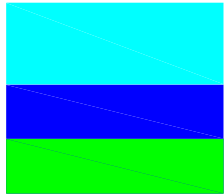
SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

S007

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

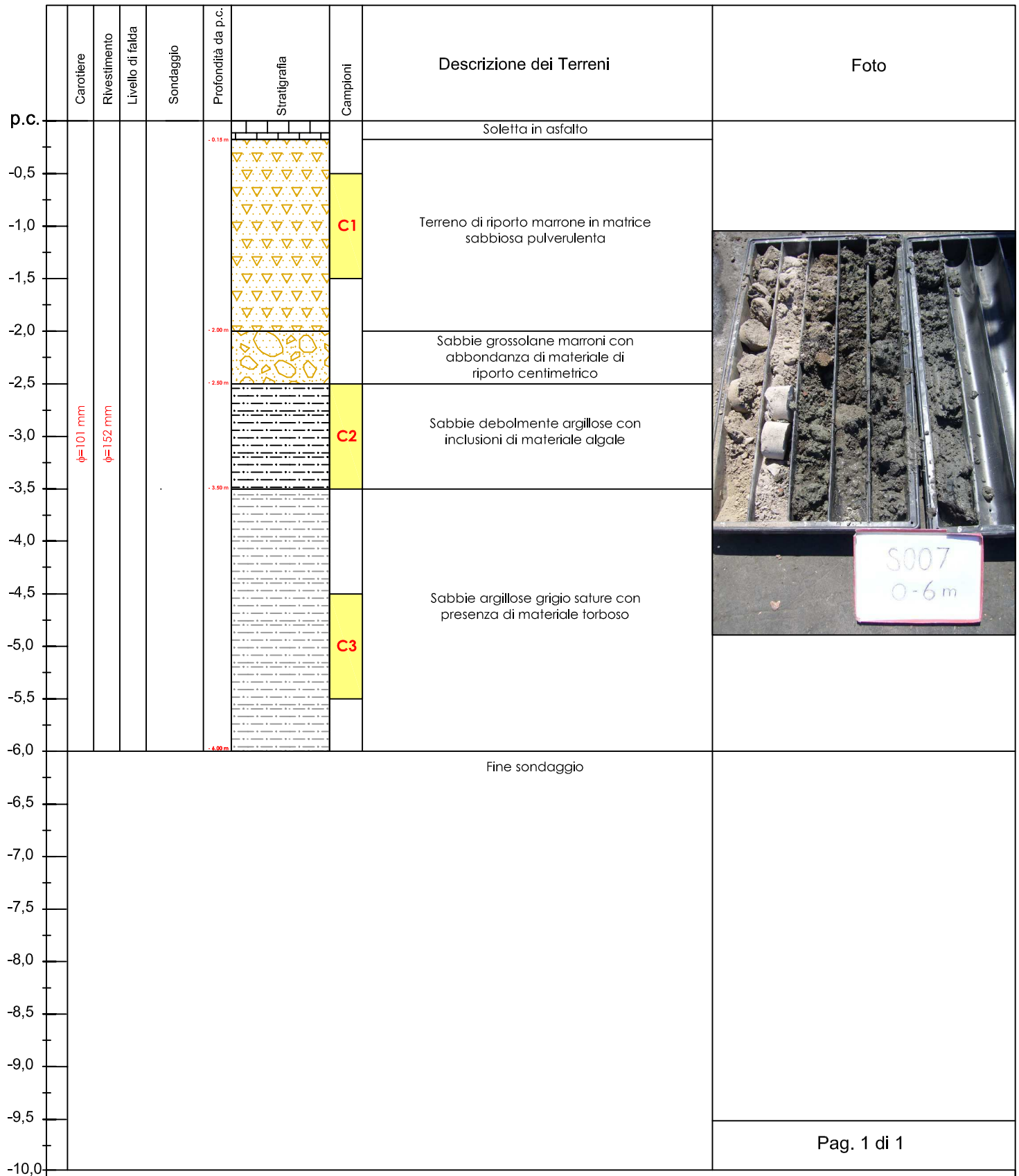
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

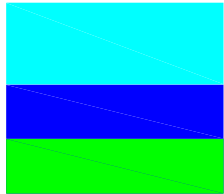
Data di esecuzione : 23/06/2008

Sonda Tipo : M14



Pag. 1 di 1

CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI
DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S c. Shelby D c. Denison DP c. Denison con fustella	IN indisturbati
W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	O c. Osterberg M c. Mazier	RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

S008

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 23/06/2008

Sonda Tipo : M14

p.c.	Carotiere	Rivestimento	Livello di falda	Sondaggio	Profondità da p.c.	Stratigrafia	Campioni	Descrizione dei Terreni	Foto
					-0.15 m			Soletta in asfalto	
-0.5					-1.00 m		C1	Terreno di riporto marrone con presenza di materiale inerte eterometrico	
-1.0					-2.00 m		Ghiaia di riporto in matrice sabbiosa color beige Presenza di pietre calcaree		
-1.5					-2.50 m		Sabbie grossolane marroni umide miste a ghiaia e materiale clastiforme calcareo		
-2.0					-3.50 m		Rocce sedimentarie calcaree di varie dimensioni e sedimenti limosi		
-2.5					-4.50 m		C3	Materiale ligneo n sezione longitudinale	
-3.0					-6.00 m			Fine sondaggio	
-3.5									
-4.0									
-4.5									
-5.0									
-5.5									
-6.0									
-6.5									
-7.0									
-7.5									
-8.0									
-8.5									
-9.0									
-9.5									
-10.0									

CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

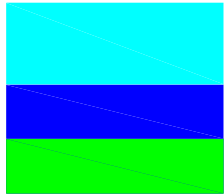
SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

S009

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 20/06/2008

Sonda Tipo : M14

p.c.	Carotiere	Rivestimento	Livello di falda	Sondaggio	Profondità da p.c.	Stratigrafia	Campioni	Descrizione dei Terreni	Foto
								Soletta in asfalto	
-0,5					-0,20 m		C1	Ghiaia di riporto in matrice sabbiosa polverulenta	
-1,0									
-1,5					-2,00 m		C2	Sabbie limose marrone umide, con presenza di inerti	
-2,0									
-2,5					-4,20 m		C3	Sabbie argillose umide color grigio	
-3,0									
-3,5					-5,00 m			Sabbie grigie sature	
-4,0									
-4,5									
-5,0									
-5,5									
-6,0					-6,00 m			Fine sondaggio	
-6,5									
-7,0									
-7,5									
-8,0									
-8,5									
-9,0									
-9,5									
-10,0									

CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

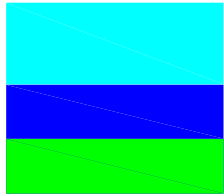
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg  
D c. Denison  
M c. Mazier  
DP c. Denison con fustella

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S010**

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

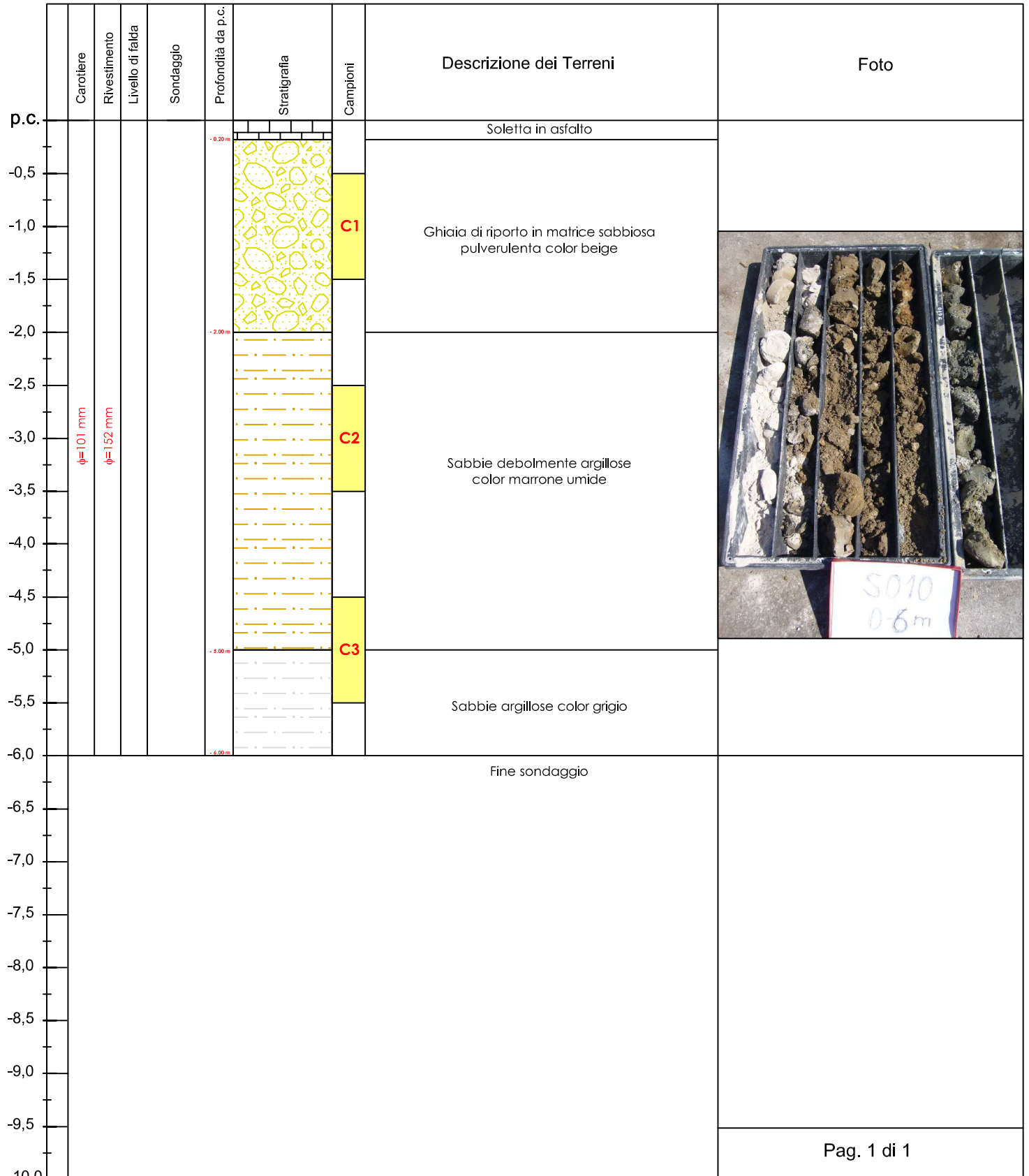
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

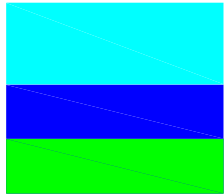
Data di esecuzione : 20/06/2008

Sonda Tipo : M14



Pag. 1 di 1

CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI
DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S c. Shelby D c. Denison DP c. Denison con fustella	IN indisturbati
W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	O c. Osterberg M c. Mazier	RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S011**

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 20/06/2008

Sonda Tipo : M14

p.c.	Carotiere	Rivestimento	Livello di falda	Sondaggio	Profondità da p.c.	Stratigrafia	Campioni	Descrizione dei Terreni	Foto
								Soletta in asfalto	
-0,5					-0,20 m		C1	Materiale di riporto ghiaioso in matrice sabbiosa pulverulenta	
-1,0					-1,80 m		C2	Sabbie grossolane marroni miste a ghiaia e laterizi	
-1,5					-5,00 m		C3	Sabbie argillose grigie sature	
-2,0					-6,00 m			Fine sondaggio	
-2,5									
-3,0									
-3,5									
-4,0									
-4,5									
-5,0									
-5,5									
-6,0									
-6,5									
-7,0									
-7,5									
-8,0									
-8,5									
-9,0									
-9,5									
-10,0									

CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

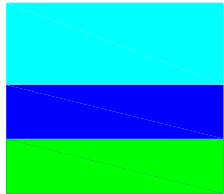
CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1





**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S012**

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento


Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 19/06/2008

Sonda Tipo : M14

p.c.	Carotiere	Rivestimento	Livello di falda	Sondaggio	Profondità da p.c.	Stratigrafia	Campioni	Descrizione dei Terreni	Foto
					-0.20 m			Soletta in asfalto	
-0.5						▽▽▽▽▽	C1	Terreni di riporto composti da ghiaie e materiali edili	
-1.0						▽▽▽▽▽			
-1.5						▽▽▽▽▽			
-2.0					-2.00 m		C2	Sabbie color marrone, asciutte fino ai 3 m, sature dai 3 ai 4 m.	
-2.5						●●●●●			
-3.0						●●●●●			
-3.5						●●●●●			
-4.0					-4.00 m		C3	Sabbie limose color grigio-verde	
-4.5						~ ~ ~ ~ ~			
-5.0						~ ~ ~ ~ ~			
-5.5						~ ~ ~ ~ ~			
-6.0					-6.00 m			Fine sondaggio	
-6.5									
-7.0									
-7.5									
-8.0									
-8.5									
-9.0									
-9.5									
-10.0									

CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

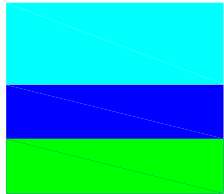
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg  
D c. Denison  
M c. Mazier  
DP c. Denison con fustella

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S013**

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 19/06/2008

Sonda Tipo : M14

p.c.	Carotiere	Rivestimento	Livello di falda	Sondaggio	Profondità da p.c.	Stratigrafia	Campioni	Descrizione dei Terreni	Foto
					-0.20 m			Soletta in asfalto	
-0.5							<b>C1</b>	Ghiaia di riporto in matrice sabbiosa color marrone	
-1.0									
-1.5									
-2.0					-2.00 m		<b>C2</b>	Sabbie marroni con presenza di materiale inerte da centimetrico a millimetrico	
-2.5									
-3.0									
-3.5									
-4.0									
-4.5									
-5.0					-5.00 m		<b>C3</b>	Materiale sedimentario ciottoloso e di riporto centimetrico in matrice sabbiosa	
-5.5									
-6.0					-6.00 m			Fine sondaggio	
-6.5									
-7.0									
-7.5									
-8.0									
-8.5									
-9.0									
-9.5									
-10.0									

CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

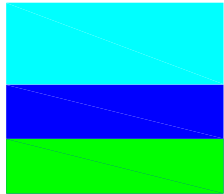
SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S014**

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 19/06/2008

Sonda Tipo : M14

p.c.	Carotiere	Rivestimento	Livello di falda	Sondaggio	Profondità da p.c.	Stratigrafia	Campioni	Descrizione dei Terreni	Foto
					-0.20 m			Soletta in asfalto	
-0.5							C1	Materiale di riporto di clasti eterogenei in matrice sabbiosa	
-1.0									
-1.5							C2		
-2.0									
-2.5									
-3.0					-3.00 m			Sabbie sature color marrone-grigio	
-3.5							C3		
-4.0									
-4.5									
-5.0									
-5.5									
-6.0					-6.00 m			Fine sondaggio	
-6.5									
-7.0									
-7.5									
-8.0									
-8.5									
-9.0									
-9.5									
-10.0									

CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

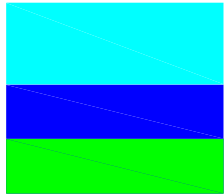
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
M c. Mazier

CAMPIONI  
DP c. Denison con fustella  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescrl.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S017**

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

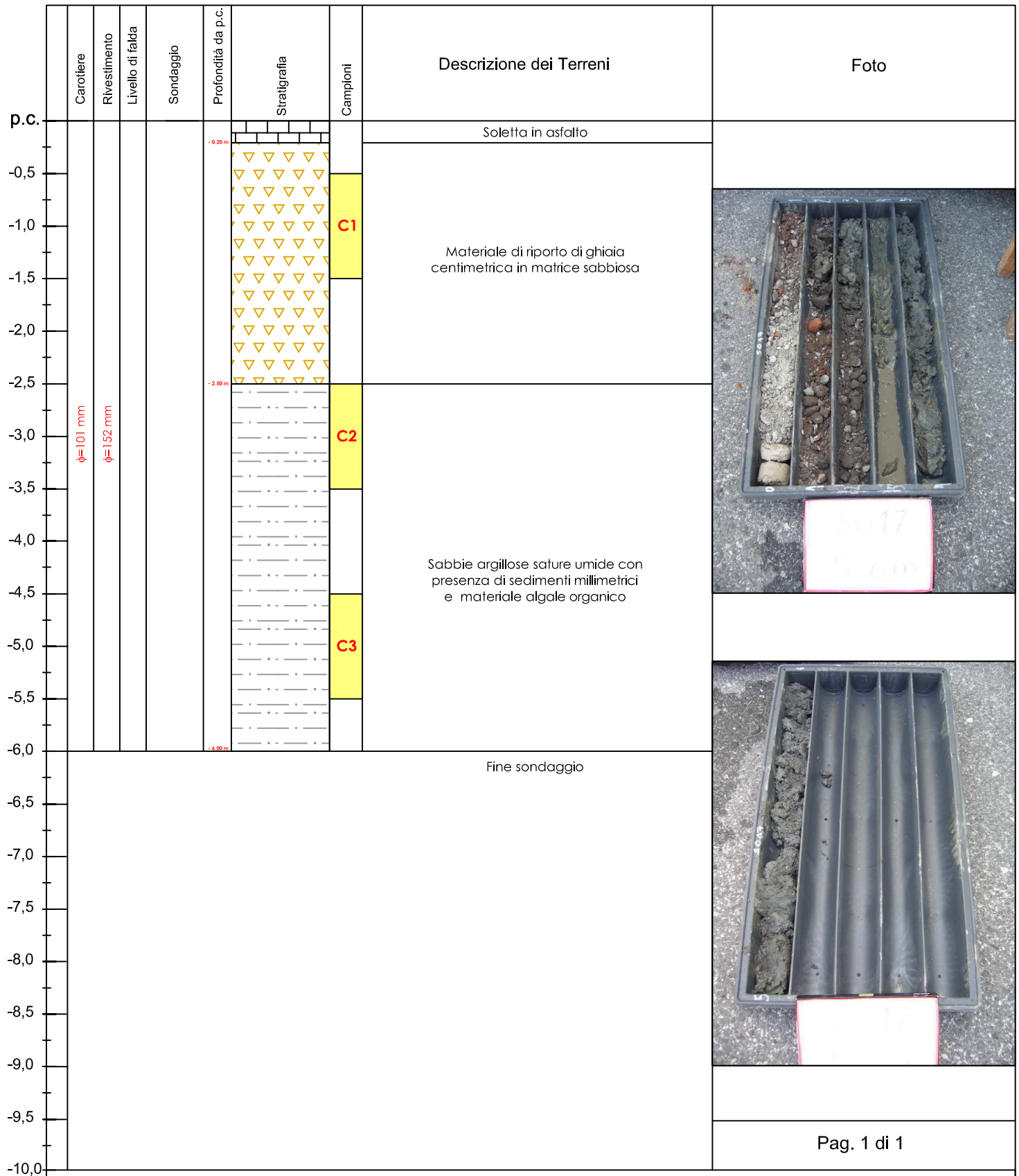
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 11/06/2008

Sonda Tipo : MI4



CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

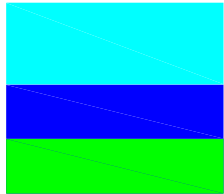
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

PZ009

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

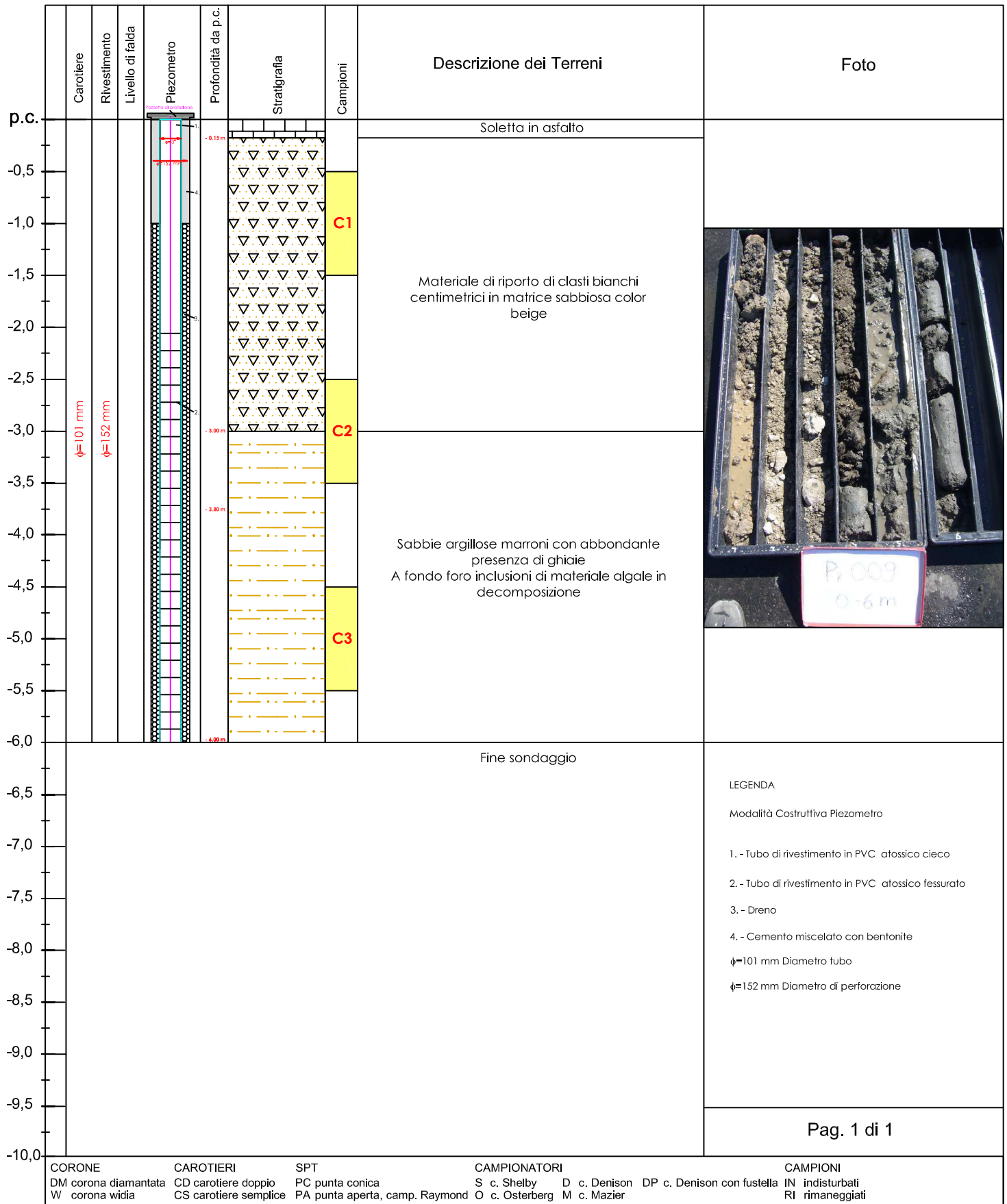
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 23/06/2008

Sonda Tipo : M14



CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

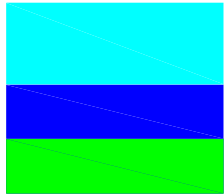
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
DP c. Denison con fustella  
M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

PZ010

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

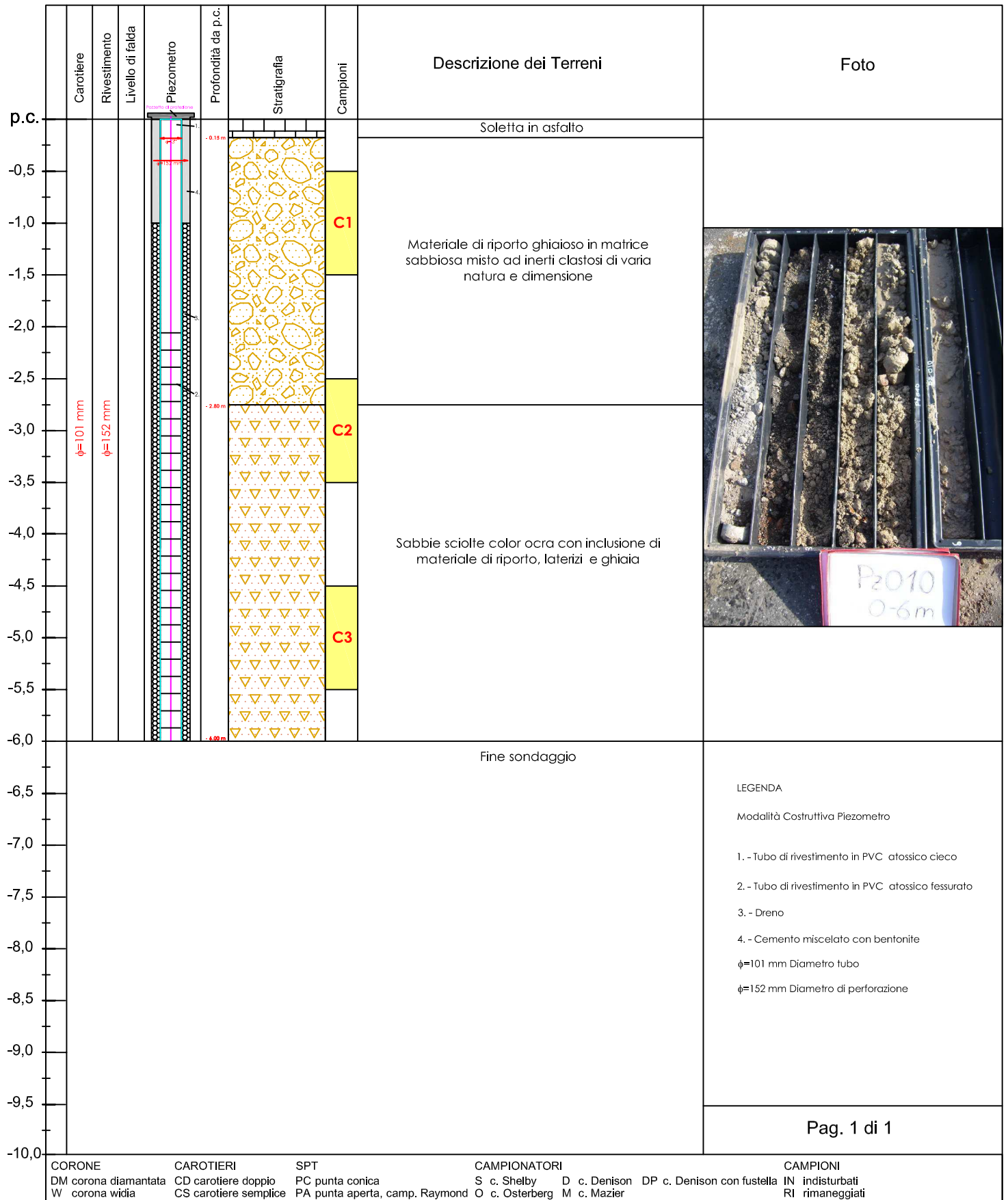
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 24/06/2008

Sonda Tipo : M14



CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

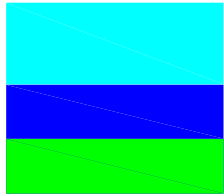
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati

Pag. 1 di 1



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

PZ011

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

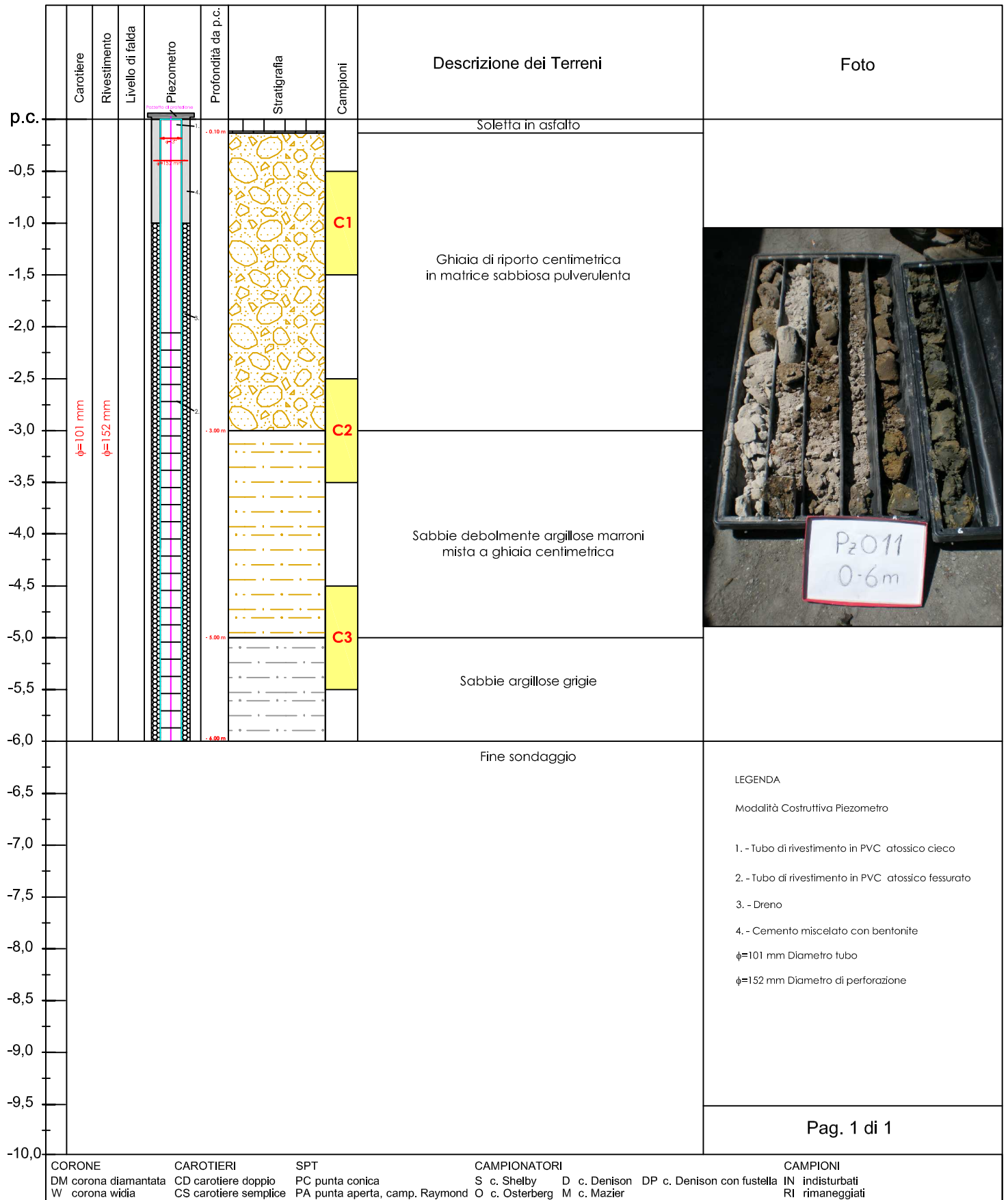
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 20/06/2008

Sonda Tipo : MI4



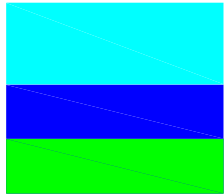
CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby D c. Denison DP c. Denison con fustella  
O c. Osterberg M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

PZ012

AREA D1

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

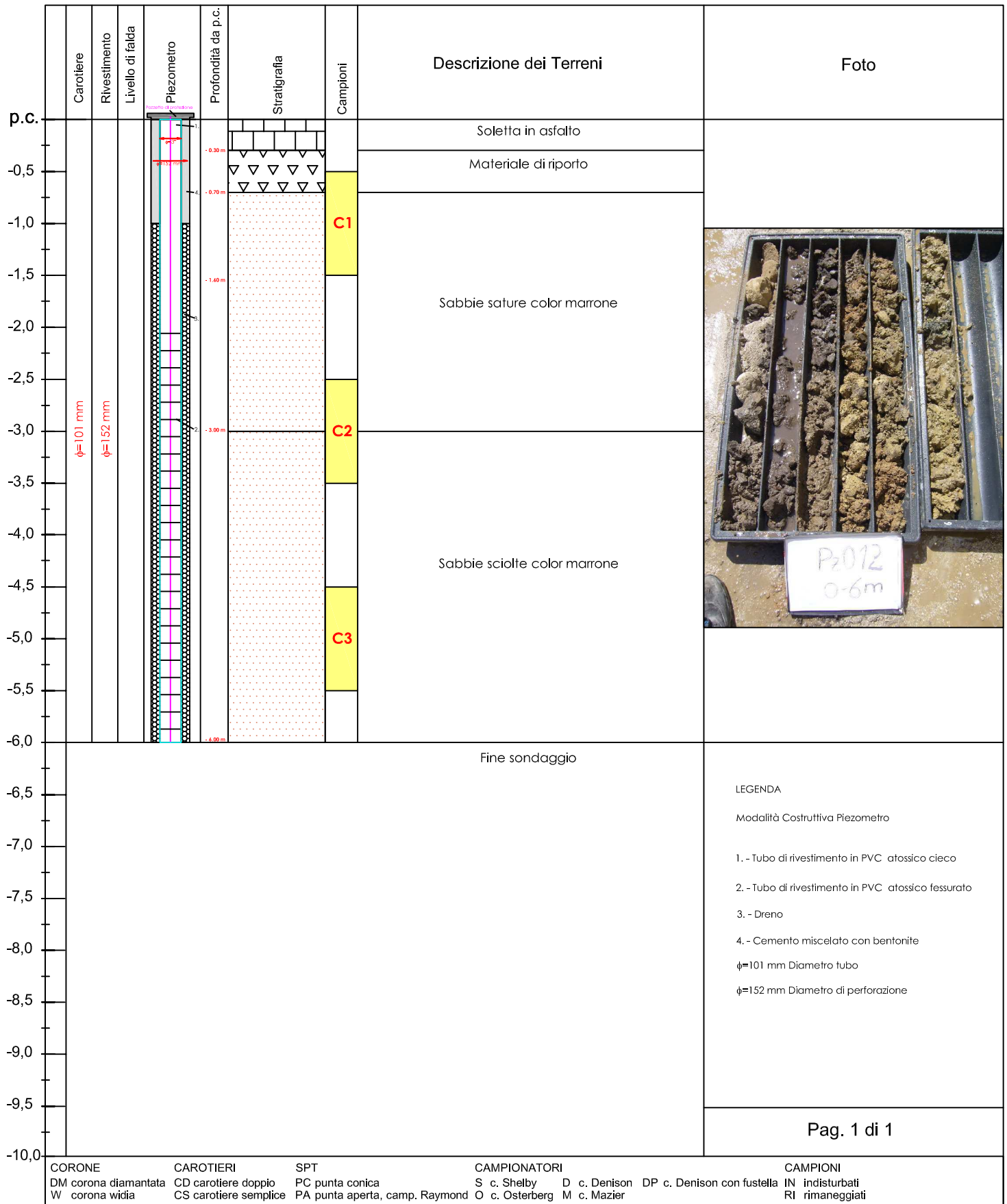
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

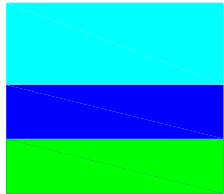
Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 19/06/2008

Sonda Tipo : MI4







**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

**SONDAGGIO**

**PZ013**

**AREA D1**

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

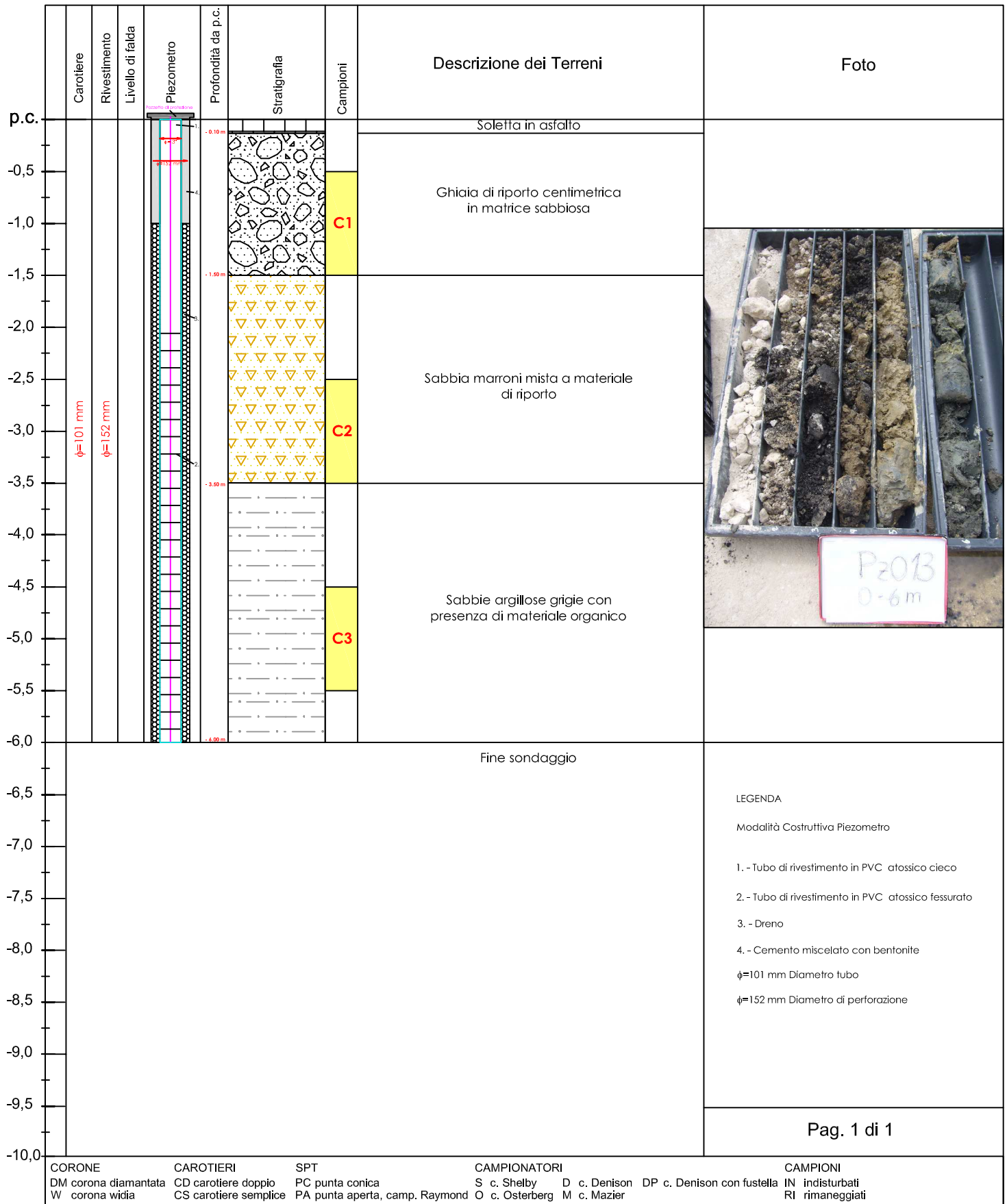
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

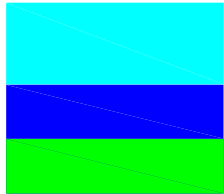
Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 19/06/2008

Sonda Tipo : M14



CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI
DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S c. Shelby	D c. Denison
W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	DP c. Denison con fustella	IN indisturbati
			O c. Osterberg	M c. Mazier
				RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

S156

AREA D2

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

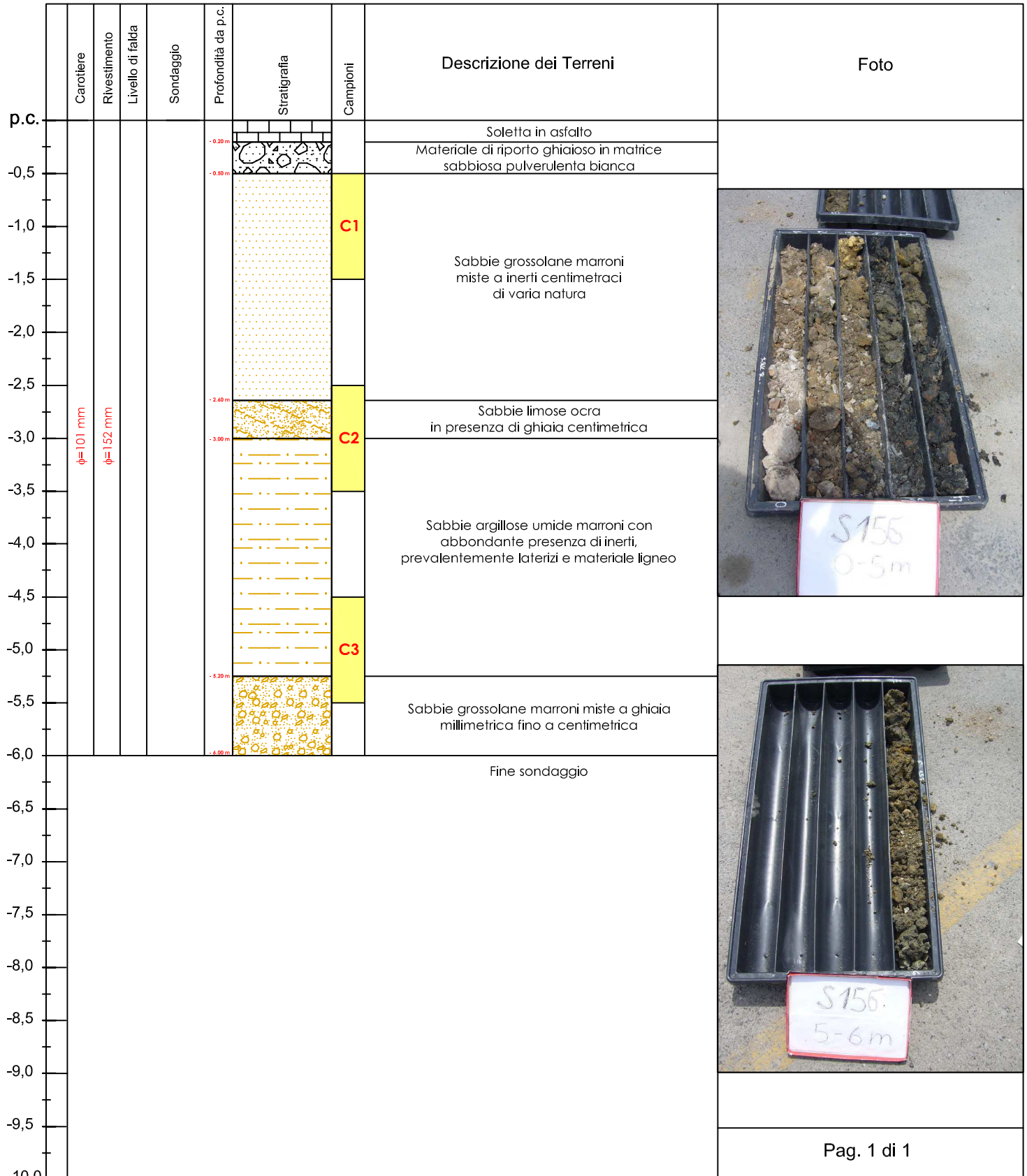
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 16/06/2008

Sonda Tipo : MI4



CORONE  
DM corona diamantata  
W corona widia

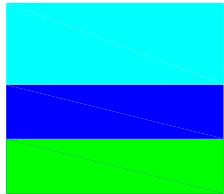
CAROTIERI  
CD carotiere doppio  
CS carotiere semplice

SPT  
PC punta conica  
PA punta aperta, camp. Raymond

CAMPIONATORI  
S c. Shelby  
O c. Osterberg

D c. Denison  
M c. Mazier

CAMPIONI  
IN indisturbati  
RI rimaneggiati



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

**S157**

AREA D2

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

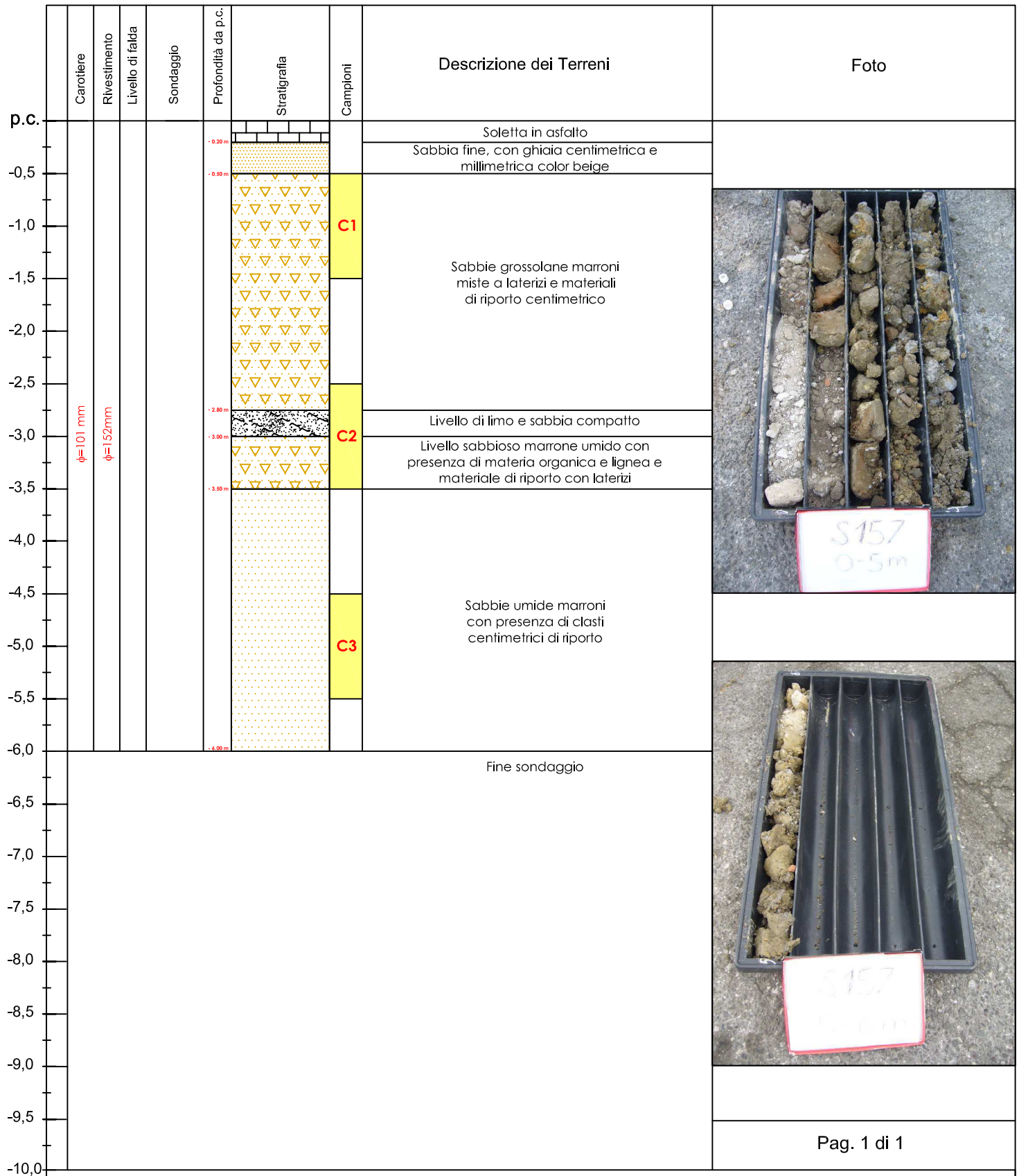
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 16/06/2008

Sonda Tipo : MI4

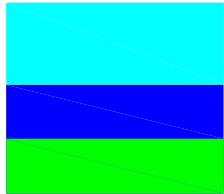


S157  
0-5m

S157  
1-1m

Pag. 1 di 1

CORONE	CAROTIERI	SPT	CAMPIONATORI	CAMPIONI
DM corona diamantata	CD carotiere doppio	PC punta conica	S c. Shelby	IN indisturbati
W corona widia	CS carotiere semplice	PA punta aperta, camp. Raymond	D c. Denison	RI rimaneggiati
			DP c. Denison con fustella	
			O c. Osterberg	
			M c. Mazier	



**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

PZ081

AREA D2

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

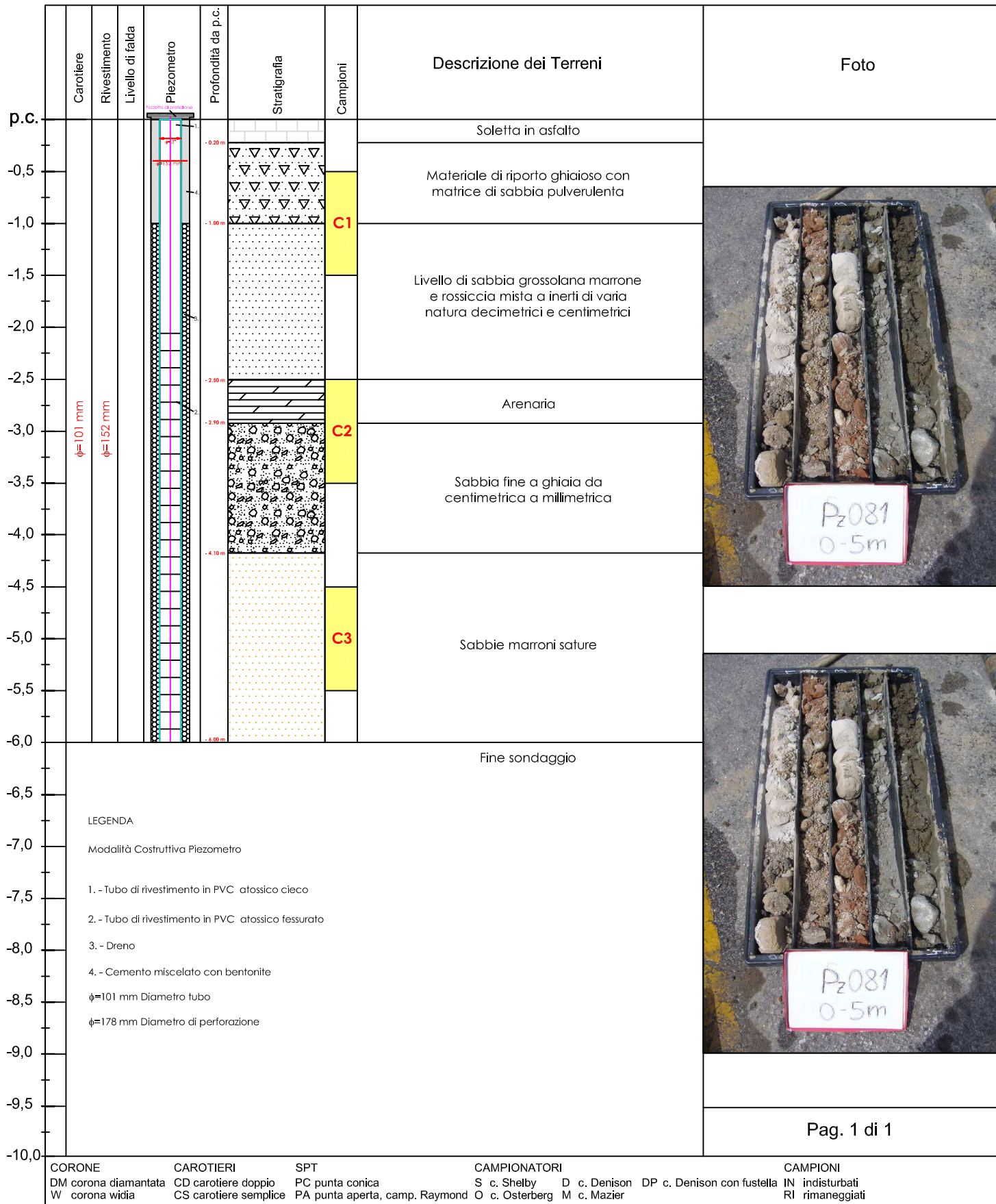
Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

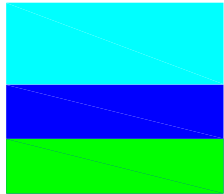
Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 16/06/2008

Sonda Tipo : M4





**AMBIENTE S.C.**

Ingegneria ambientale e laboratori

Via Frassina, 21 - 54031 Carrara (MS) tel. 0585 - 855624

e-mail: home@ambientescri.com - P.I. 00262540453

SONDAGGIO

PZ083

AREA D2

Committente: Autorità Portuale di Livorno

Quota p.c.  
(m s.l.m.)

Resp Cantiere:

Stabilimento

Coord E  
(Roma 1940 - GB) N

Sondatore : Geo Tirreno S.r.l.

Località : Livorno (LI)

Data di esecuzione : 17/06/2008

Sonda Tipo : M4

