



COMUNE DI GAETA



Autorità di Sistema Portuale
del Mar Tirreno Centro Settentrionale

PORTI DI ROMA E DEL LAZIO - CIVITAVECCHIA - FIUMICINO - GAETA

RICHIEDENTI:

SANTAMARIA S.R.L.

Via Docibile, 44 - 04024 GAETA (Lt)
P. IVA: 01019740594
email: info@portoanticogaeta.it

SANTAMARIA SRL
Via Docibile 44
04024 - GAETA (LT)
P.Iva 01019740594

Marco VAGNANI

Via Docibile, 44 - 04024 GAETA (Lt)
C.F.: VGNMRC73M27D708Y

PROGETTISTA:



Rogedil Servizi s.r.l.

Via Ada Negri, 66 - 00137 ROMA
Tel. 06 82002948 Fax 06 82097772
email: servizi@rogedil.com

Progetto Ufficio Tecnico Rogedil Servizi srl
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Franco PORTOGHESI



PROGETTISTA

Dott. Ing. Alessandro GUERRA



PROGETTO:

**OPERE DI COMPLETAMENTO A PROTEZIONE
E SALVAGUARDIA DEL MOLO SANTA MARIA**

PROGETTO DEFINITIVO

N° progetto	Commessa	N° progr.	N° elaborato	Rev	Cap	Tip
001 21	GAE SNT					

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICO TECNICA
Geoter S.r.L - Dott. Geologo Cruciani

STUDI TEMATICI

Scala	Plot	File	Redatto	Controllato	Approvato
	Dim	Tipo			

DATA	REV	DESCRIZIONE	CODICE	
D	MARZO 2022	0	Emissione per Approvazione Enti	1/21

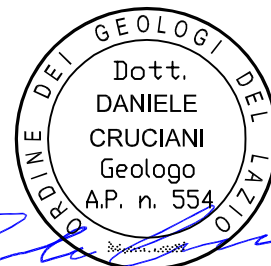
SANTAMARIA S.r.l.

Indagini geognostiche a mare di secondo stralcio per il dimensionamento delle strutture finalizzate alla ristrutturazione ed alla riqualificazione del Molo Santa Maria nel comune di Gaeta (LT)



RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Dr. DANIELE CRUCIANI
via G. Mussi n°5
00139 Roma
CF: CRCDNL56T17H501C
P IVA: 09780210580



Indagini eseguite da:

GEOTER SRL

Società autorizzata al rilascio di Certificati relativi ad indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in situ di cui all'art. 59 del D.P.R. n° 380 /2001 con DECRETO DI CONCESSIONE n. 899 del 28.01.2011

SONDAGGI
MONITORAGGI
CONSOLIDAMENTI

00153 ROMA - V.LE PIRAMIDE CESTIA, 31
TEL.06.5759139 FAX.06.5744998

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto, per redigere la presente relazione geologica finalizzata alla definizione del progetto delle Opere di Secondo Stralcio, relativo ai lavori di ristrutturazione e riqualificazione a protezione e salvaguardia del Molo S.Maria situato nell'area del Golfo di Gaeta (Lt), il sottoscritto Dott. Geol. Daniele Cruciani, ha analizzato i risultati delle indagini geognostiche eseguite nell'anno 2012 dalla Società GEOTER S.r.l. di Roma, abilitata con Concessione Ministeriale n.899/2011, al rilascio di Certificati per Indagini Geognostiche, mediante l'esecuzione di sondaggi geognostici, con prove in sito e prove di laboratorio.

Lo studio ha preso in esame le risultanze delle indagini geognostiche articolate nella esecuzione di un sondaggio geognostico con annesse prove in sito e di laboratorio e una prova DPSH eseguita a mare, riportate nel "Rapporto Tecnico – GEOTER s.r.l." integrate dalle informazioni fornite da sondaggi geognostici eseguiti a terra nelle Indagini per la definizione delle Opere di Primo Stralcio, nonché le informazioni desunte a livello bibliografico da un sondaggio a mare eseguito nel 2005, fornito dalla D.L.; Tutte le informazioni acquisite hanno permesso, preliminarmente alla realizzazione del progetto delle opere in programma, una valutazione complessiva circa le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni che interagiranno con le strutture in via di progettazione.

SINTESI DELLA MODALITA' DELLE INDAGINI ESEGUITE IN SITO

Per consentire la ricostruzione di un modello geologico, verificare l'andamento stratigrafico del substrato e le caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni che verranno interessati dalle strutture inserite nel progetto Opere di Secondo Stralcio, relativo ai lavori di ristrutturazione e riqualificazione a protezione e salvaguardia del Molo S.Maria situato nell'area del Golfo di Gaeta (Lt), sono stati forniti allo scrivente i seguenti elaborati:

PLANIMETRIA UBICATIVA

Nella Planimetria, redatta in scala 1:500, sono riportati i sondaggi geognostici e le prove in sito eseguite dalla GEOTER s.r.l.; nella Planimetria sono riportate anche le ubicazioni di sondaggi e prove eseguite per le Indagini per il Progetto relativo alle Opere di Primo Stralcio nonché le tracce delle sezioni geologiche interpretative.

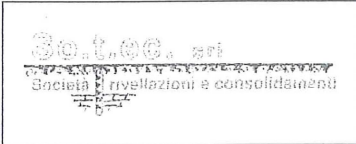
STRATIGRAFIE SONDAGGI

Sono stati utilizzati i risultati di n° 1 sondaggio geognostico a caroraggio continuo Profondo SM1 per la verifica della serie stratigrafica a mare mediante piattaforma galleggiante; inoltre sono stati utilizzati i risultati del sondaggio a mare del 2005 fornito dalla D.L. riportato in Fig.1 nonché i risultati di n°2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a terra, S1 ed S2 eseguiti nelle indagini di Primo stralcio riportato nell'Allegato "Stratigrafie sondaggi – Indagini di Primo Stralcio".

I sondaggi, distribuiti come riportato nella Planimetria allegata e sono stati approfonditi rispetto al fondale marino così come riportato nello schema di Tab.1 e Tab.2 e Tab3.

Tab. 1 : Indagini Secondo Stralcio - Sondaggio Geognostico a mare

Sigla Sondaggio	Battente d'acqua (m)	Profondità da fondale marino
SM1	11.5m	31.0m



Committente ARCHING S.r.l.	Profondità raggiunta 40.00 m	Quota Ass. P.C. + 1.20 m s.l.m.	Certificato n°	Pagina
Operatore Mauro Balzani	Indagine Indagine geognostica	Cantiere Molo S. Maria - Gaeta (LT)	Inizio/Fine Esecuzione 23/05/2005	
Responsabile Dott. Claudio Ferrari	Sondaggio S1 (mare)	Tipo Carotaggio Carotaggio continuo	Tipo Sonda Beretta T41	Coordinate X Y

Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Prodotto Test kg/cmq	Vane Test kg/cmq	Campioni	Metodo Perforazione	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda	Altre prove	Altre prove	Piezometro (P) o Inclino metro (I)
15		Limo allo stato fluido non campionabile	28.50												
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29		Sabbia medio-fine grigia poco addensata	29.80												
30		Sabbia marrone chiaro - avana limosa al tetto	31.80												
31															
32		Limo sabbioso marrone	32.90												
33		Sabbia di colore marrone-giallastro con livello argilloso al letto	37.80												
34															
35															
36															
37															
38		Roccia calcarea molto fratturata di colore avana con terre rosse residuali	40.00												
39															
40															

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mixer, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT
 Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande
 Perforazione: CS-Carotere Semplice, CD-Carotere Doppio, EC-Elica Continua
 Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici
 Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
 Carotaggio: Carotaggio continuo

Sperimentatore _____ Responsabile _____ Sonda: Beretta T41

Fig. 1

Tab. 2 : Indagini del 2005 - Sondaggio Geognostico a mare

Sigla Sondaggio	Battente d'acqua (m)	Profondità da fondale marino
S1 (mare)	13.0m	27.0m

Tab. 3 : Indagini Primo Stralcio - Sondaggi Geognostici a terra

Sigla Sondaggio	Quota p.c. (m s.l.m.)	Profondità da p.c. (m)
S1	≈0.6m	37.0m
S2	≈0.6m	40.0m

PROVE S.P.T.

Nelle stratigrafie sono riportati i risultati di n° 2 (SM1) + 5 (S1+S2) prove penetrometriche dinamiche Standard Penetration Test (S.P.T.), effettuate durante la perforazione dei sondaggi geotecnici a fondo foro, utilizzando una attrezzatura le cui caratteristiche (dimensioni del campionatore, peso delle aste e del maglio, altezza di caduta dello stesso) risultano essere conformi a quanto indicato nella normativa di riferimento ASTM 1586/68: Penetration Test and Split Barrel Sampling of Soil”.

L'analisi dei risultati delle prove SPT ha consentito di avere una valutazione puntuale del grado di addensamento di depositi granulari, ovvero di consistenza di depositi coesivi.

PRELIEVO CAMPIONI INDISTURBATI E CERTIFICATI PROVE DI LABORATORIO

I n° 3 campioni Indisturbati prelevati nel corso del sondaggio SM1 sono stati assoggettati a prove geotecniche eseguite dal Laboratorio Geotecnico concessionato SOGEA s.r.l di Roma.

Le prove hanno permesso di caratterizzare geotecnicamente i livelli stratigrafici coesivi individuati dal sondaggio.

FOTOGRAFIE CASSETTE CATALOGATRICI

La visione delle fotografie relative alle cassette catalogatrici in p.v.c., raggruppate per sondaggio, ha fornito un ulteriore elemento di analisi di quanto segnalato nelle stratigrafie. Sono state utilizzate anche le foto casse dei sondaggi eseguiti nello Stralcio 1 riportate nell'allegato "Fotografie cassette catalogatrici – Indagini di Primo Stralcio"

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH.

I grafici dei risultati ottenuti da n.1 prova penetrometrica dinamica continua superpesante tipo DPSH Meardi-AGI eseguita (PM1) , sono stati utilizzati per la ricostruzione del modello geologico-geotecnico e per la definizione delle caratteristiche dei livelli rilevati.

Vengono altresì allegate alla presente relazione la planimetria relativa alle singole ubicazioni di sondaggi e prove in sito, con indicate le tracce delle sezioni geologiche realizzate sulla base dei risultati analizzati, nonché le Sezioni Geologiche Interpretative.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'area in esame è situata all'interno del Golfo di Gaeta, nel settore orientale del comune di Gaeta, lungo il litorale, in prossimità del Molo S.Maria e nel tratto di mare ad esso antistante come risulta dalla stralcio C.T.R. n° 415160 di fig.2.

Il sito esaminato ricade nel settore sud-occidentale del Foglio n. 171 (Gaeta) della Carta Geologica d'Italia scala 1 : 100.000 .

Le strutture in via di progettazione prevedono interventi di ampliamento del Molo S. Maria mediante il prolungamento in mare del pennello esistente con direzione NW, visibile nelle planimetrie post-operam allegate, realizzato su di una scogliera a sezione trapezoidale avente funzione di opera di difesa della costa.

Tali interventi si inseriscono nell'ambito degli interventi di protezione e salvaguardia del molo stesso dalle correnti più rilevanti provenienti da NE; Il molo è già oggetto di interventi di messa in sicurezza e ristrutturazione, anche in relazione ai fenomeni di dissesto subiti dalla struttura in esame nel tempo, i cui effetti in affioramento sono rappresentati da cedimenti differenziali nonché lesioni nel piano di calpestio, queste ultime evidenziate nella planimetria allegata.

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area in esame rientra in uno dei due settori in cui può essere suddivisa la zona in base a caratteristiche morfologiche distinte; nel settore posto ad Ovest del Rio Itri.

La porzione posta a Est della valle del Rio d'Itri è costituita dalle propaggini sud-orientali dei monti Aurunci.

L'imponente gruppo montuoso è caratterizzato da dorsali carbonatico-dolomitiche con asse orientato N-NO – S-SE che raggiungono quote medie superiori ai 1300m s.l.m. (M.te Petrella 1533m s.l.m; Mte Ruazzo 1314m s.l.m.).

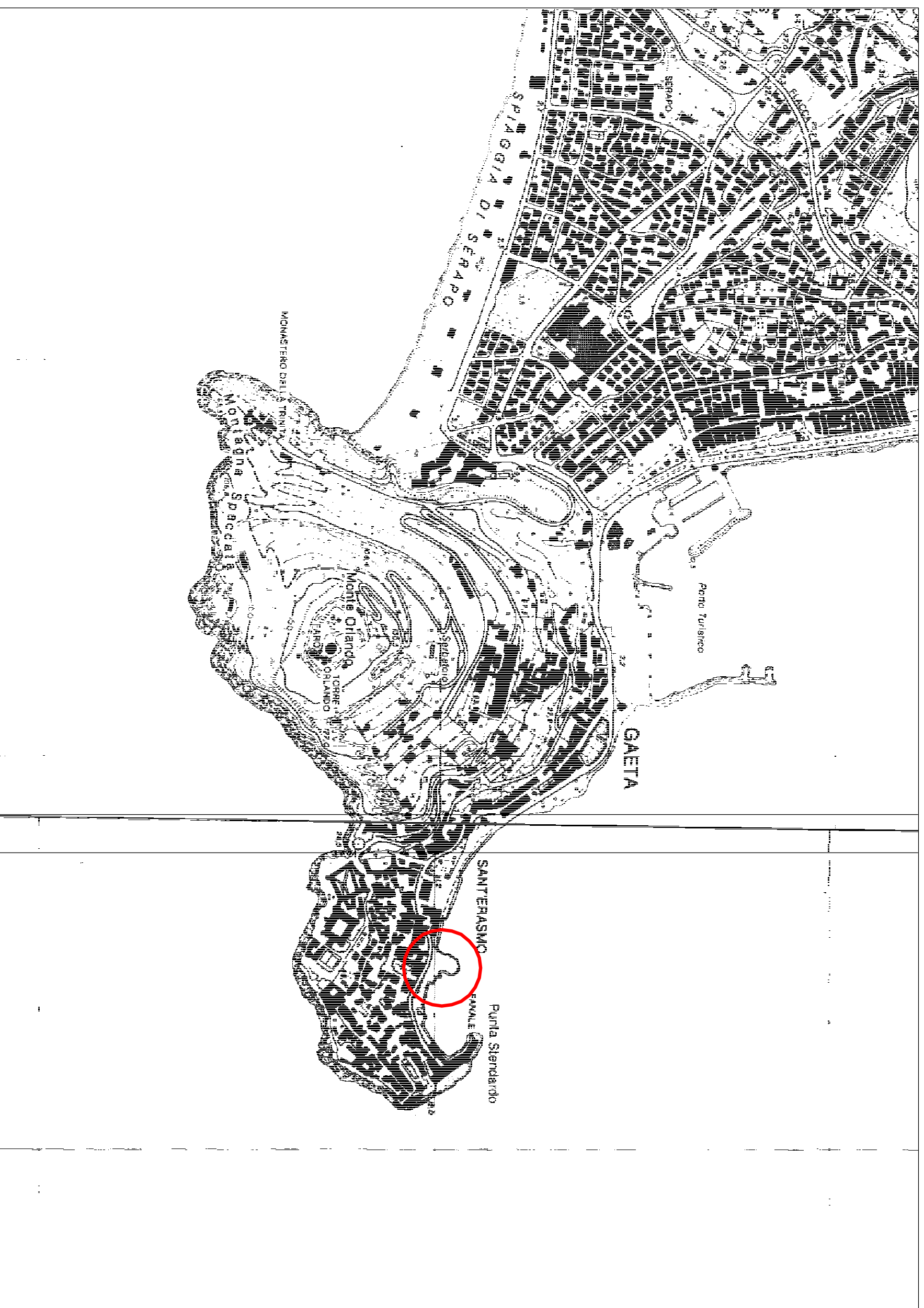


Fig. 2 - Stralcio CTR 415150 - 415160 (scala 1:10000), con ubicazione dell' area di indagine.

La zona collinare posta ad Ovest della valle del Rio d'Itri, invece, si prolunga fino al mare con il promontorio di Gaeta, con dorsali (sempre di natura carbonatica) più blande e quote medie inferiori ai 500m s.l.m.; in questa zona ricade la porzione di costa oggetto dell'opera in progetto, come risulta dallo stralcio satellitare di Fig.3.

Mentre a Sud ed Ovest di Gaeta le dorsali si riversano in mare con versanti molto aspri, quasi sempre sub-verticali, sul lato che affaccia sul Golfo di Gaeta, queste declinano verso la costa con morfologie più dolci ed inclinazioni più blande.

Solitamente ai piedi di tali versanti orientali si dipartono conoidi di detrito o accumuli di detrito di falda che come le dorsali degradano verso il mare con pendenze ridotte.

In particolare la fascia di litorale in corrispondenza dell'area sede del Molo S. Maria si presenta con una morfologia sub-tabulare, dovuta oltre che alla peneplanazione dei rilievi retrostanti anche alle azioni antropiche succedutesi nel tempo.

L'area sede del progetto si sviluppa a NW dell'attuale Molo ad andamento NW-SE indicato nella Planimetria allegata per una lunghezza complessiva di ≈ 50 m, per una distanza massima dalla linea di costa attuale di ≈ 85 m e presenta un fondale degradante verso la zona di shelf con una pendenza di pochi gradi.

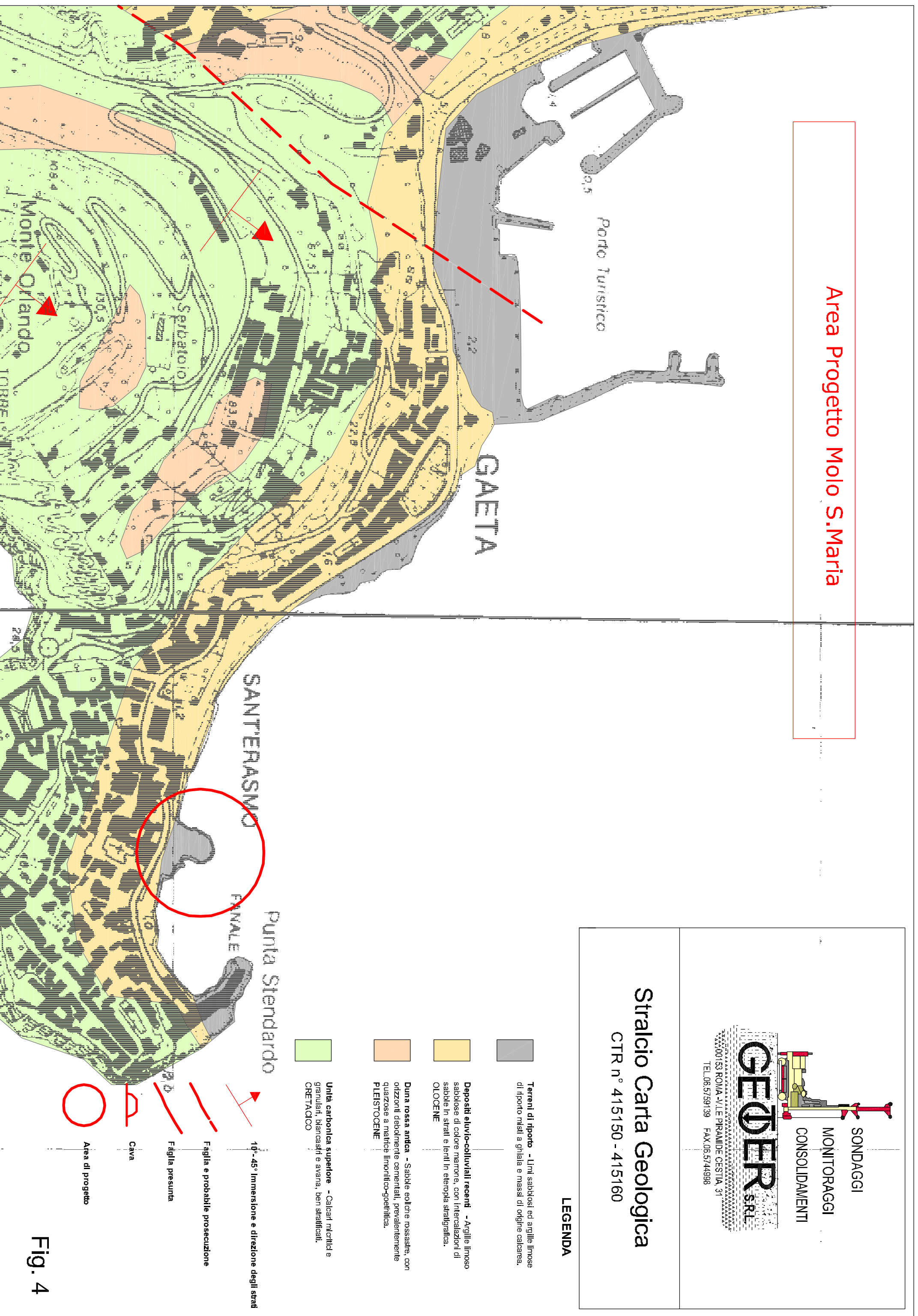
In particolare, l'area d'indagine, presenta un fondale con profondità massime, limitatamente all'area in esame, variabile fino ad una profondità massima nella zona d'intervento di ≈ 12 m.

La fascia costiera nel sito in oggetto, come risulta dallo stralcio della Carta Geologica, riportato in fig.4, è interessata da insediamenti antropici produttivi che per svolgere le loro attività hanno posto in opera delle massicciate composte da pietrame e blocchi calcarei.



Fig. 3 - Stralcio Google Earth, con ubicazione dell'area di indagine.

Area Progetto Molo S.Maria



SONDAGGI
MONITORAGGI
CONSOLIDAMENTI

GEODER SRL

VIALE PIRAMIDE CESTIA, 31
00153 ROMA
TEL.06.5759139 FAX.06.5744998

Stralcio Carta Geologica

CTR n° 415150 - 415160

Fig. 4

In particolare, l'area del Molo S. Maria, in origine Molo Sanità, ha subito diverse modifiche negli anni, legate alla presenza di strutture quali l'antico Bastione (Foto 1 e Foto 2) demolito in seguito (Foto 3), così come una struttura monopiano posta in testa al molo, anch'essa demolita (Foto 4).

Anche l'area circostante, specie in relazione alla costruzione dell'attuale lungomare, ha inglobato antiche strutture delle mura perimetrali, danneggiate nei bombardamenti della seconda guerra mondiale, che furono abbattute per essere riutilizzate quale riempimento della porzione di litorale attualmente sede delle vie del lungomare.

La geologia dell'area investigata si può litologicamente ricondurre, al di sotto di una coltre di terreni attuali costituiti da fanghi nell'area di mare e da materiali di riporto costituito in prevalenza da massicciate composte da pietrame e blocchi calcarei nell'area del molo S.Maria, a depositi di litorale e di spiaggia; intercalati a questi depositi si ritrovano localmente, in corrispondenza delle foce di valli o canali, terreni misti di ambiente marino e continentale a geometria lenticolare.

La tipologia dei sedimenti riscontrati nei sondaggi eseguiti sono il risultato dell'influenza di diversi fattori:

- apporto di materiali solidi tramite le acque di ruscellamento, limitatamente ad eventi meteorici di particolare durata ed intensità che provocano flussi di piena generalmente di breve durata;
- apporto di materiali terrigeni da parte dell'estuario del Fiume Garigliano e del Rio Itri
- apporto di materiali da parte di acque reflue industriali o comunque derivanti da attività antropiche.



Foto 1 : Molo Sanità (indicato con la X) come era fino al 1930 circa. A destra e sinistra parte dei bastioni che circondavano completamente Gaeta e che furono distrutti, in parte, dai bombardamenti americani della II^a Guerra Mondiale. In parte, ciò che era sopravvissuto alle vicende belliche fu abbattuto per fare posto al lungomare (foto da cartolina gentilmente fornita da Ermenegildo Marzullo)



Foto 2 : Molo Sanità (indicato con la Y) visto da Oriente. Con la X è indicata l'area di litorale in cui si vede la linea di costa, attualmente occupata dal lungomare.
(foto da cartolina gentilmente fornita da Ermenegildo Marzullo)

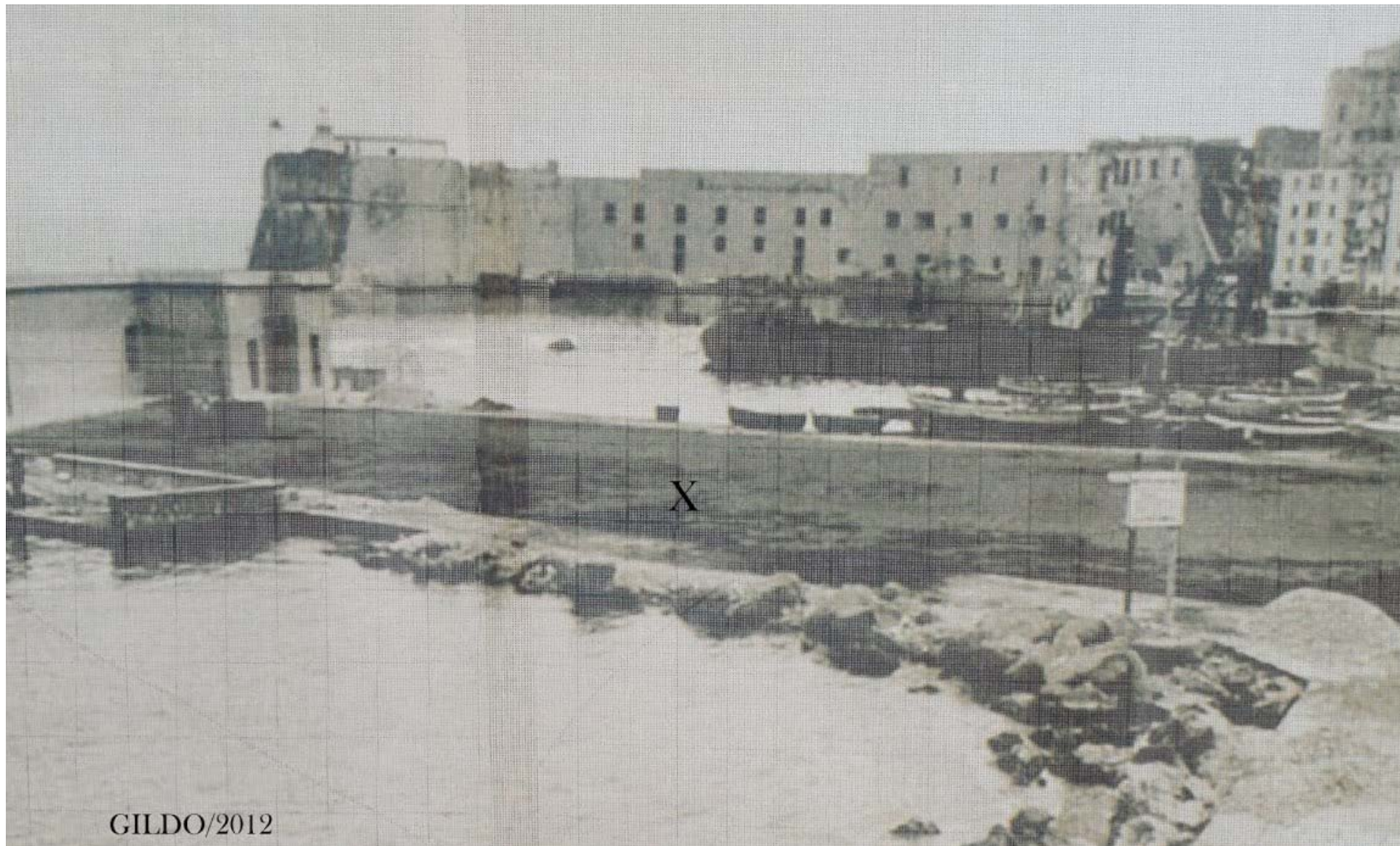


Foto 3 : Molo Sanità . Con la X indicato lo spazio vuoto lasciato dalla rimozione del bastione indicato con la X nella Foto 1 .
(foto da cartolina gentilmente fornita da Ermenegildo Marzullo)



Foto.4 : Foto del Molo Santa Maria con evidenziata la Sonda Massenza MI6 – Geoter su Pontone durante l'esecuzione di SM1 (foto fornita da Ermenegildo Marzullo)

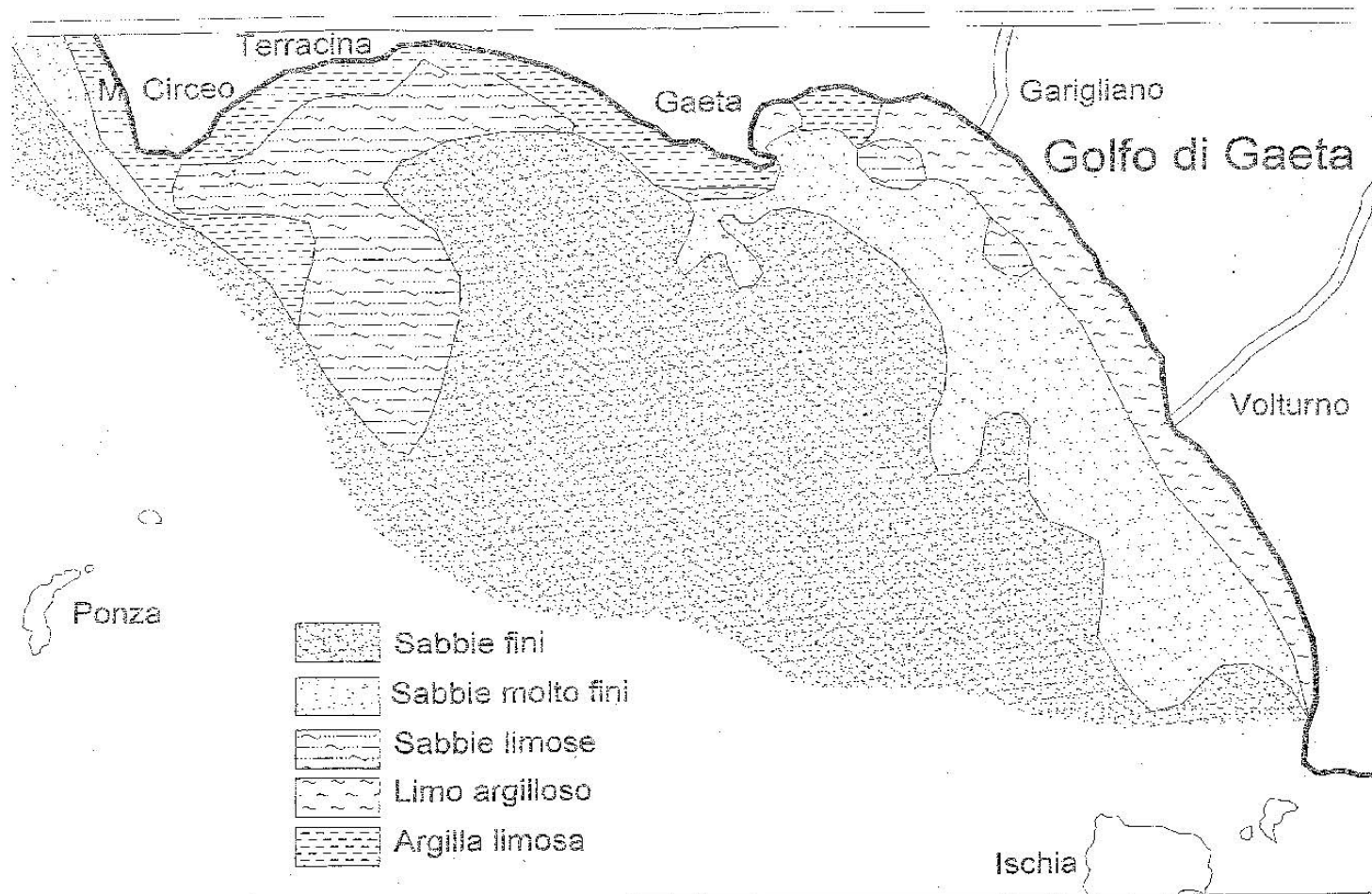
Il tutto è stato poi influenzato dalle correnti marine, dalla morfologia effimera del fondale marino ed attualmente dai canali artificiali e dalle modificazioni indotte dalla costruzione di moli, frangiflutti nell'area costiera compresa tra Formia e Gaeta.

La distribuzione granulometrica dei sedimenti attuali viene inoltre modificata dalla morfologia della costa; da campionamenti marini effettuati nell'area del Golfo si nota come nelle vicinanze del promontorio di Gaeta si instaurino correnti che muovono i sedimenti alternandoli granulometricamente lungo la linea di riva (Fig.5).

Si presume che anche per i sedimenti più antichi siano valse queste regole di sedimentazione che ne hanno influenzato la granulometria e la giacitura limitandone l'estensione laterale. Spesso questi depositi di ambiente marino presentano variazioni graduali e progressive di granulometria tali da renderne difficile la correlazione anche tra punti posti a breve distanza.

In generale, i litotipi di origine naturale presenti nell'area del Golfo di Gaeta, di età attuale/recente, possono essere suddivisi in relazione alla loro origine prettamente marina o mista in:

- Limo argilloso localmente sabbioso, con abbondanti resti vegetali, materiale organico e gusci di molluschi. Questi terreni rappresentano i fanghi di deposizione attuale derivanti dall'erosione dei rilievi circostanti e dalle attività antropiche dell'entroterra, trasportati in mare da scarichi e canali artificiali, misti a sabbie soggette a fenomeni di trasporto e rideposizione in ambiente marino.
- Alternanze di limo, limo argilloso e limo argilloso sabbioso, con intercalati livelli sabbiosi, spesso con orizzonti di materiale organico. Questi terreni rappresentano fasi deposizionali di origine continentale, caratterizzate dalla presenza di sedimenti provenienti dall'entroterra, i quali raggiungevano la zona



Da A. Brondi et Alii modificato, Memorie Soc. Geol. It. - Vol XXVII-1984.

Fig. 5

di costa per mezzo di corsi d'acqua e canali naturali che si prolungavano in mare anche oltre la linea di costa odierna, a testimoniare una morfologia del fondale più articolata rispetto a quella tabulare attuale. Durante queste fasi, data la abbondante presenza di frammenti vegetali nelle acque di trasporto, si creavano, localmente, anche depositi di torba.

I livelli sabbiosi, riferibili ad ambiente deposizionale in regime costiero, rappresentano, invece, l'intercalarsi di fasi deposizionali prettamente marine a quelle continentali, a testimoniare che i canali sopra citati non avevano una attività continua, ma che probabilmente la loro capacità di apporto di sedimenti dall'entroterra era strettamente legato al regime pluviometrico.

- Sabbia debolmente limosa con intercalati livelli ossidati. Questo litotipo corrisponde a fasi di deposizione marina riferibile ad ambiente costiero di spiaggia.
- Limo argilloso/argilla limosa localmente con concrezioni di materiale ossidato. Questo litotipo corrisponde ad una fase di deposizione marina in ambiente di bacino costiero, a testimoniare una maggiore profondità del fondale, rispetto a quella attuale.

I depositi attuali e recenti sopra descritti giacciono in discordanza al di sopra del substrato calcareo mesozoico, talora preceduto da depositi detritici o di alterazione costituiti da blocchi e ciottoli di natura calcarea in matrice prevalentemente sabbiosa.

La successione carbonatica è costituita da alternanze di calcari, calcari dolomitici e dolomie di ambiente neritico, a grana fine, talora detritico organogena.

Essa risulta fortemente fratturata, in relazione dapprima agli eventi tettonici compressivi che hanno contribuito alla formazione di questa porzione della catena appenninica e successivamente alla fase distensiva, esplicitasi con l'attività di faglie normali, che ha disarticolato le dorsali orogeniche fino ad oltre la linea di costa.

Nell'area in oggetto, il basamento calcareo è stato rilevato a profondità relativamente contenute in corrispondenza dei sondaggi di terra S1 ed S2, ad una profondità di \approx -34m s.l.m., mentre lato mare il sondaggio S1(mare) del 2005 riporta una quota di \approx -37m s.l.m. che tuttavia, alla luce dei sondaggi eseguiti nel 2012, appare come la porzione superficiale più alterata e detritica del substrato calcareo, assimilabile allo strato di copertura che prelude ai calcari nei predetti recenti sondaggi.

Per quanto riguarda le caratteristiche di sismicità dell'area in cui ricadono le strutture previste dal progetto, si evidenzia che il Comune di Gaeta, in base alla normativa 2003(Ordinanza n.3274 del 20-03-03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri) è stato inserito nell'elenco dei Comuni dichiarati sismici in **zona 2** corrispondente al Grado di Sismicità S=9 equivalente alla 2^a Categoria (D.M. del 01-04-1983).

Tab. 4 : Schema riportato nell'Ordinanza n.3274 relativo all'individuazione delle zone:

Nuova classificazione	Precedente classificazione
Zona 1	S = 12 (ex I° categoria)
Zona 2	S = 9 (ex II° categoria)
Zona 3	S = 6 (ex III° categoria)
Zona 4	Non classificato

Tale suddivisione è stata superata con l'adozione della OPCM n.3519/06 e successivo **DGR del Lazio n.387/09** ("Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio"), nella quale la zonizzazione riguarda ogni singolo Municipio del territorio comunale o, per i grandi centri ad ogni Municipio da considerarsi U.A.S.(Unità Amministrativa Sismica);. nel caso specifico il Comune di Gaeta è classificato sismico in **Zona 3 sottozona A**.

Tab. 5 - Suddivisione delle sottozone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido utilizzate per lo scenario di riclassificazione sismica della Regione Lazio.

ZONA SISMICA	SOTTOZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITA' DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1		$0.25 \leq a_g < 0.278g$ (val. max per il Lazio)
2	A	$0.20 \leq a_g < 0.25$
	B	$0.15 \leq a_g < 0.20$
3	A	$0.10 \leq a_g < 0.15$
	B	(val. min.) $0.062 \leq a_g < 0.10$

La OPCM n.3274 del 20/03/03 e successive modificazioni è stata inglobata nel Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 14 gennaio 2008 ed entrato in vigore il 1 luglio 2009.

Inoltre, la Mappa del territorio del Lazio per la pericolosità sismica (fig. 6), disponibile *online* sul sito dell'INGV, redatta secondo le NTC (D.M. 14/01/2008 e successive modifiche ed integrazioni), indica che l'Area in oggetto rientra nella cella contraddistinta da valori di a_g di riferimento compresi tra 0,075 e 0,100 (accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Mappe interattive di pericolosità sismica

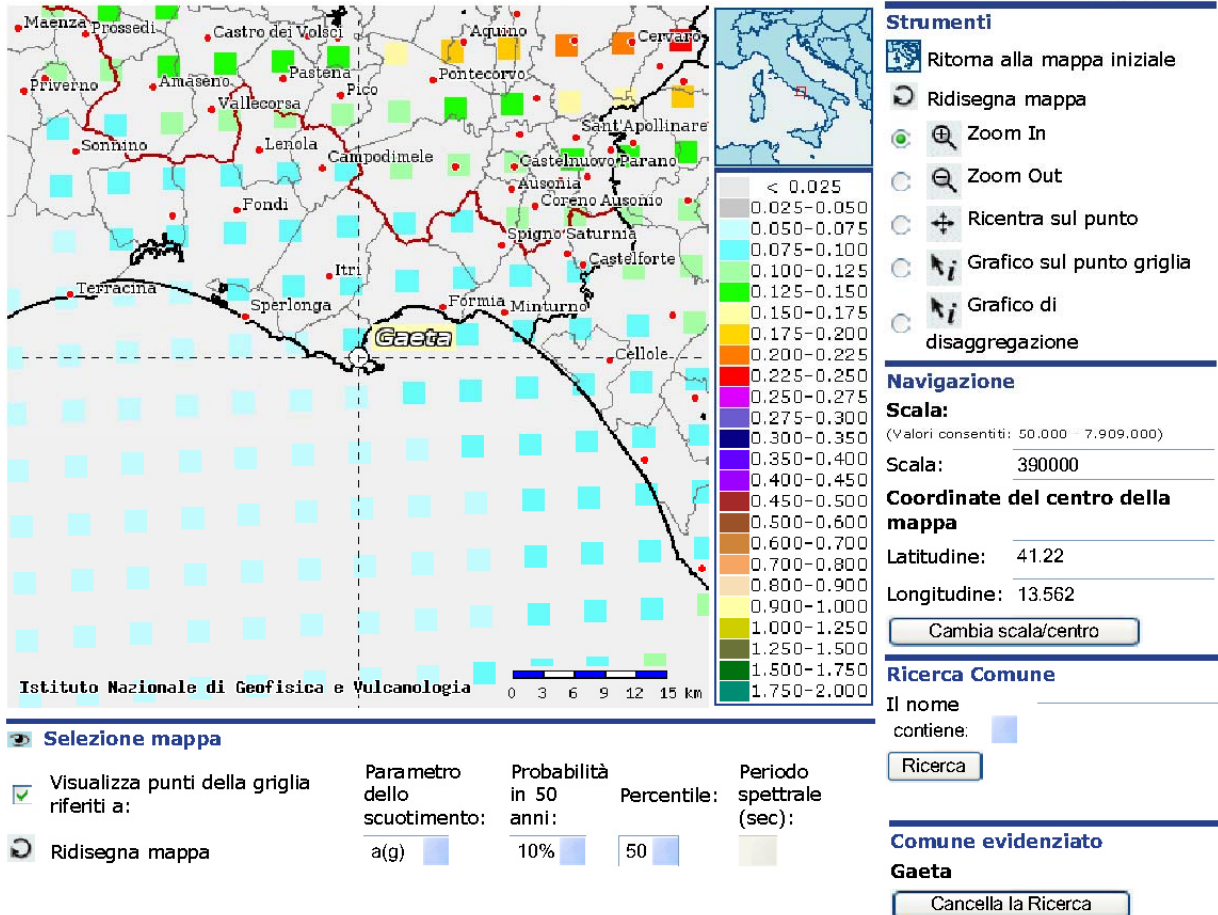


Fig. 6 - tratta dal sito internet del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Per quanto attiene infine a considerazioni di tipo idrogeologico, nell'area dell'intervento in progetto, l'indagine geognostica eseguita a terra e a mare, ha evidenziato la presenza di una serie stratigrafica costituita, al di sotto del cospicuo spessore di fango del fondale, da alternanze, a giacitura blandamente ondulata, di depositi sabbioso limosi a vario grado di permeabilità con depositi argillosi pressoché impermeabili e che nell'ambito delle profondità investigate sono state intercettate le formazioni calcaree ad elevata profondità, ovvero alla base della serie stratigrafica investigata.

Inoltre, al tetto dello strato di alterazione presente al di sopra del substrato calcareo, nel sondaggio SM1, ove verrà realizzato l'intervento in programma, sono state rilevate argille dure/molto consistenti probabilmente riferibili a depositi argillosi miopliocenici che tamponano i carbonati sepolti, ribassati dalla tettonica distensiva miopliocenica.

In questo contesto idrogeologico locale non sussistono elementi che possano far ritenere presenti flussi concentrati e/o localizzati sottomarini di acque dolci nell'area che sarà interessata dall'intervento in progetto.

CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE SUI LIVELLI INDAGATI

A seguito di un'accurata analisi delle campionature effettuate in cantiere, integrata dai risultati delle prove geotecniche eseguite in situ ed in laboratorio, è stato possibile schematizzare la situazione stratigrafica e geotecnica che caratterizza la zona interessata dalle indagini, nei seguenti livelli rappresentativi (vedi sez. geologico-interpretative allegate):

a) BANCHINA - MATERIALI DI RIPORTO

Sono i materiali di natura antropica costituenti la banchina del Molo S.Maria, rilevati in affioramento nei sondaggi eseguiti a terra. Risultano costituiti da blocchi, ciottoli e ghiaia di natura prevalentemente calcarea, e talora leucititica e tufacea, in matrice da limo sabbiosa a limosa di colore marrone chiaro.

Oltre i 17m sono stati rilevati blocchi conglomeratici. Il sondaggio S1 ha messo in evidenza fra i 6m ed i 7m di profondità di livelli limo sabbiosi/sabbioso limosi e la presenza di resti algali filiformi.

I materiali di natura antropica della banchina presentano uno spessore variabile fra i 20m(S21) ed i 23.3m(S1) ed uno stato di aggregazione disomogeneo, particolarmente discontinuo in corrispondenza del sondaggio S1.

b) LIMO DA DEBOLMENTE ARGILLOSO AD ARGILLOSO, A TRATTI SABBIOSO DA MOLTO MOLLE A MOLLE

Limi da debolmente argillosi ad argillosi, a tratti sabbiosi di colore da grigio a marrone, localmente argille limose, con interposti resti conchigliari, residui algali filiformi e sporadiche intercalazioni limo-sabbiose.

Come accennato risultano abbondanti resti algali indecomposti nei primi metri e frammenti di gusci di lamellibranchi.

Il livello, rappresentativo dei terreni di deposizione recente del fondale marino, presenta spessori oscillanti intorno a 17.5m÷18m(SM1-PM1) a partire da un fondale posto a -11.5m dal livello del mare.

Lo strato in questione, si presenta nel complesso decisamente poco consistente, come evidenziano i valori di N_{dphs} pari ad 1colpo/piede per tutto lo spessore dello strato, confermati dai valori ottenuti con il Pocket Penetrometer che sono risultati essere variabili fra 0.2kg/cmq e 0.4 kg/cmq caratteristici di terreni prevalentemente coesivi da “molto molli” a “molli”(fig.7).

I bassi valori di consistenza e la elevata compressibilità dello strato superficiale del fondale, trovano conferma nell’analisi dei risultati delle prove di laboratorio sintetizzate nella seguente tab. 6:

Tab. 6 : risultati sintetici delle prove di laboratorio – livello b)

Campione	Peso di volume (kN/mc)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (Φ')	Mod. Edom. Eed (kPa) = (kPa)
SM1-C1	15.3	$c' = 4.2$	18.3°	Eed(50-100) = 855 Eed(100-200) = 1704
SM1-C2	16.9	$c' = 0$	26.3°	Eed(50-100) = 1571 Eed(100-200) = 2405

In funzione dei risultati relativi alle prove in sito ed in relazione ai risultati delle prove di laboratorio eseguite, è possibile proporre, per lo strato in esame, la seguente parametrizzazione geomeccanica media:

$$\gamma = 15 - 17 \text{ kN/mc} \quad c_u = 10 - 20 \text{ kPa}$$

$$c' = 0 \div 4 \text{ kPa} \quad \phi' = 18^\circ - 24^\circ$$

$$E_{ed}(0.05-0.1) \approx 0.8 \div 1.6 \text{ MPa} \quad E_{ed}(0.1-0.2) \approx 1.7 \div 2.4 \text{ MPa}$$

Fig.7: "CORRELAZIONE TRA I VALORI N_{spt} ED IL GRADO DI CONSISTENZA IN DEPOSITI A COMPORTAMENTO COESIVO

	q_o Kg/cmq	N_{spt} colpi/30cm
MOLTO MOLLE	< 0.25	<2
MOLLE	0.25 - 0.5	2 - 4
MEDIAMENTE CONSISTENTE	0.5 - 1.0	4 - 8
CONSISTENTE	1.0 - 2.0	8 - 15
MOLTO CONSISTENTE	2.0 - 4.0	15 - 30
DURA	> 4	> 30

b') LIMO SABBIOSO DA DEBOLMENTE ARGILLOSO AD ARGILLOSO DA MEDIAMENTE CONSISTENTE A CONSISTENTE

Nel solo sondaggio S1, alla base dei materiali della banchina risultati essere attestati in quel punto ad una profondità di 23.3m dall'attuale p.c., è stato rilevato un livello di Limo argilloso di colore dal grigio al verdastro che, riconducibile per granulometrie al descritto livello b), presenta esiguo spessore ed un grado di consistenza buono testimoniato da valori di pocket penetrometer di 1.9 kg/cmq, caratteristici, per l'appunto, a terreni coesivi "consistenti" (fig.7).

c') SABBIA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA A BASSO GRADO DI ADDENSAMENTO

Associate ai depositi del vecchio fondale marino sono state rilevate in prossimità del sondaggio SM1 e della prova PM1, al di sotto dello strato di limo argilloso del livello b), delle sabbie da debolmente limose a limose di colore grigio verdastro a grado di addensamento mediocre.

Lo strato rilevato in SM1 e PM1, presenta un mediocre grado di addensamento, testimoniato da valori N_{dpsh} oscillanti tra i 2 colpi/30cm ai 7colpi/30cm; considerando un valore medio di 5 colpi/30cm e considerando cautelativamente $N_{dpsh}=N_{spt}$ si definiscono livelli prevalentemente granulari "poco addensati" (fig.8); considerando la notevole eterogeneità dei depositi in esame e la conseguente necessità di ottenere una parametrizzazione cautelativa dello strato stesso, si e' ritenuto opportuno estrapolare il valore di σ' dalle prove dinamiche utilizzando la correlazione proposta dal Road Bridge Specification in cui :

$$\sigma' = \sqrt{15 N_{spt} + 15 (*)}$$

(*) Tratta dalla pubblicazione "Parametri di progetto da prove in situ" redatta da Erio Pasqualini in occasione dell'XI Ciclo di Conferenze di Geotecnica di Torino.

Fig. 8: ASSOCIAZIONE TRA LA DENSITA' RELATIVA DEI DEPOSITI GRANULARI ED I VALORI DI N_{spt}

N_{SPT} COLPI/30cm	DENSITA' TERZAGHI-PECK	RELATIVA GIBBS-HOLTZ
0 - 4	MOLTO SCIOLTA	0 - 15%
4 - 10	POCO ADDENSATA	15% - 35%
10 - 30	MEDIAMENTE ADDENSATA	35% - 65%
30 - 50	ADDENSATA	65% - 85%
OLTRE - 50	MOLTO ADDENSATA	85% - 100%

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, dai valori N_{dpsh} emergono valori medi di modulo di Young E desunti in base al grafico di Denver (fig.9) variabili fra valori medi di ≈ 3 MPa se valutati come sabbie argillose e ≈ 9 MPa se valutati come sabbie sature.

Considerando l'eterogeneità del livello in esame ed in base ai risultati delle prove eseguite si ritiene opportuno fornire, per lo strato in esame, la seguente parametrizzazione geotecnica media :

$$\gamma = 17 \text{ kN/mc} \qquad c' = 0 \text{ kPa} \qquad \Phi' \approx 24^\circ$$

$$E = 3 \div 9 \text{ MPa}$$

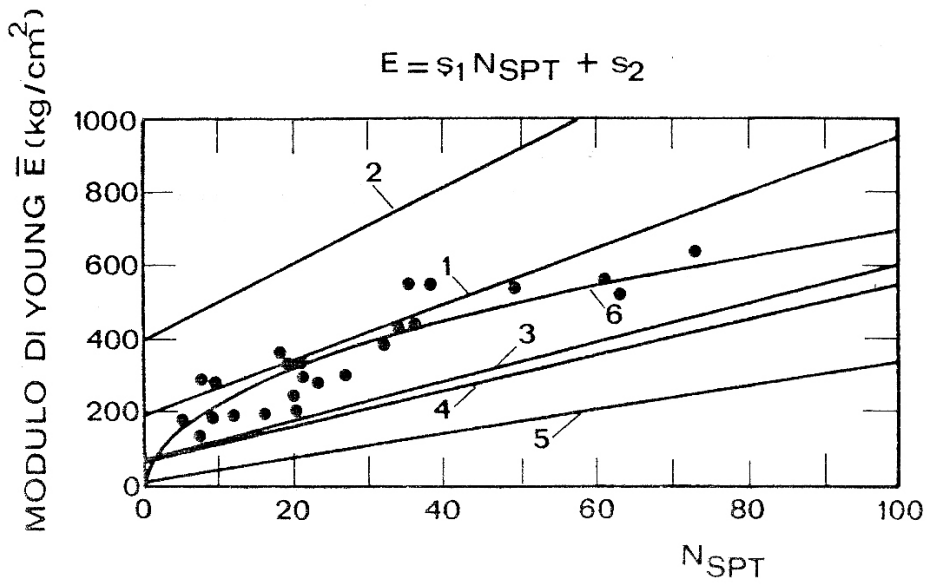
c) SABBIA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA MEDIAMENTE ADDENSATA

Sabbie da debolmente limose a limose di colore dal marrone al grigiastro, talora con intercalazioni limo argillose e argilloso limose che, ove intercettate con spessori rilevanti, sono state inserite nel livello d) che verrà di seguito descritto.

Lo strato in questione, rilevato in tutti i sondaggi a varie profondità con spessori sempre considerevoli, si presenta caratterizzato da un grado di addensamento da discreto a buono, testimoniato nell'area dell'intervento individuata dal sondaggio SM1 da valori N_{spt} variabili fra 23 colpi/30cm e 34 colpi/30cm; va tenuto tuttavia conto che nei sondaggi a terra si sono avuti in un caso valori N_{spt} minimi di 10colpi/30cm.

Tali valori definiscono livelli prevalentemente granulari a grado di addensamento da "mediamente addensati" ad "addensati" (fig.7).

Per quanto attiene ai valori di angolo di attrito interno ϕ' , vista la natura prettamente granulare dei depositi in esame, definibili come delle sabbie da limose a debolmente limose a tratti ghiaiose, si è ritenuto opportuno estrapolare il



VALORI DI s_1 E s_2

CURVA	s_1 [MPa]	s_2 [MPa]	NOTE	RIFERIMENTO
1	0,756	18,75	SABBIA E GHIAIA NC	D'APPOLONIA ET AL., 1970
2	1,043	36,79	SABBIA SC	D'APPOLONIA ET AL., 1970
3	0,517	7,46	—	SCHULTZE & MENZENBACH, 1961
4	0,478	7,17	SABBIA SATURA	WEBB, 1970
5	0,316	1,58	SABBIA ARGILLOSA	WEBB, 1970

TAV.6.2: RELAZIONI $\bar{E} - N_{SPT}$ (DENVER, 1982)

FIG. 9

valore di ϕ' dalle prove dinamiche utilizzando il grafico di Peck riportato in fig.10 che ha indotto a considerare valori medi di ϕ' variabili nel sondaggio SM1 tra i 32° ed i 34° .

Per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità, dalle prove SPT emergono valori di E desunti in base al grafico di Denver (fig.9) variabili intorno a valori medi prossimi o superiori a ≈ 9 MPa.

In funzione dei risultati ottenuti dalle prove in sito, dando particolare rilievo ai risultati delle prove SPT, è possibile proporre, per lo strato in esame, la seguente parametrizzazione geotecnica media:

$$\gamma = 19 \text{ kN/mc} \qquad c' = 0 \text{ kPa} \qquad \Phi' = 32^\circ \div 34^\circ$$

$$E \geq 9 \text{ MPa}$$

d) ARGILLA LIMOSA DA CONSISTENTE A MOLTO CONSISTENTE

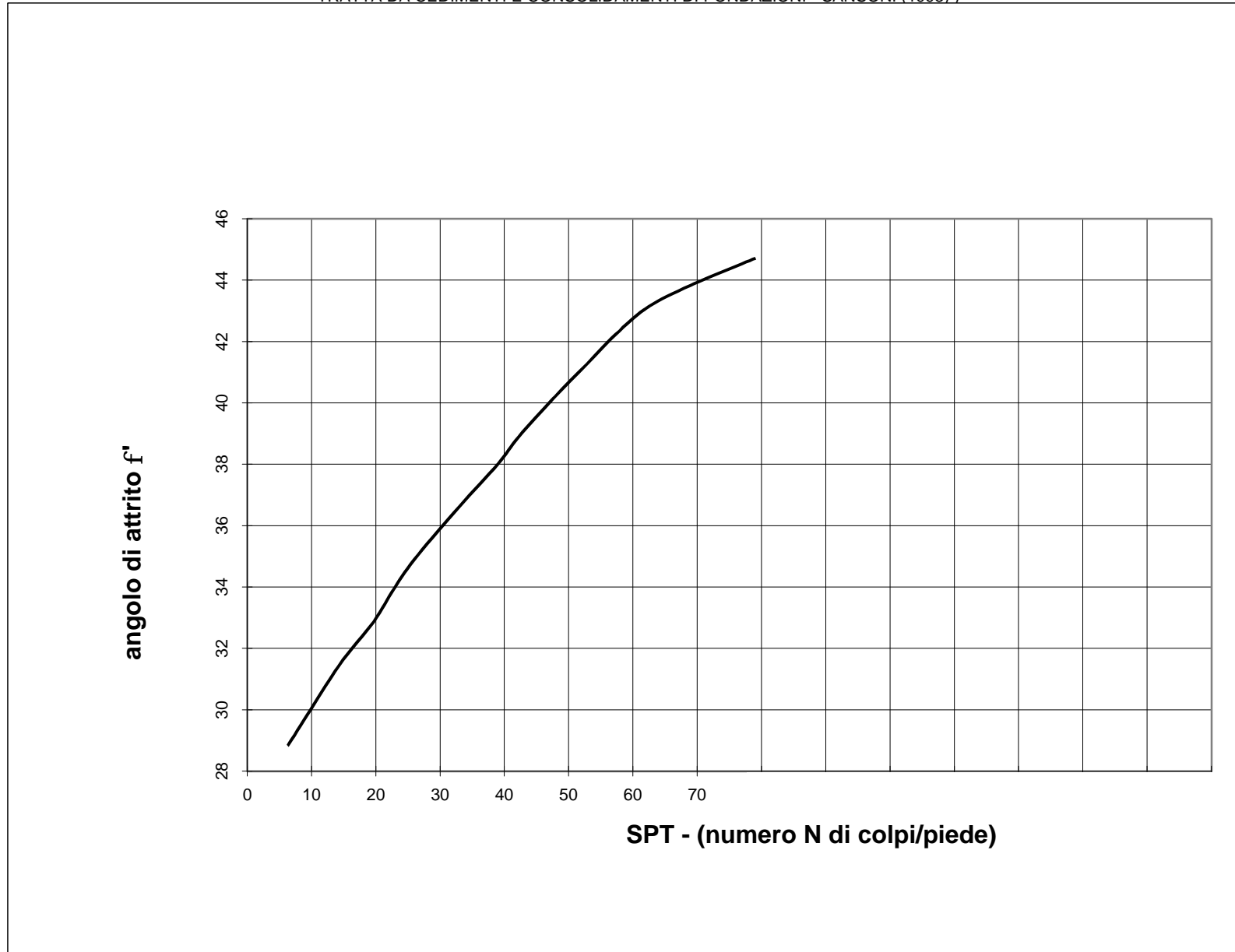
Il livello costituito da argille limose/limi argillosi a tratti sabbiosi di colore dal marrone al verdastro all'avana; compare nell'area in esame con spessori rilevanti in profondità nel settore del sondaggio SM1, mentre negli altri sondaggi compare, a profondità diverse, intercalato nelle sabbie del livello c), con spessori contenuti.

Lo strato presenta una giacitura irregolare e risulta costituito da depositi prettamente coesivi.

I valori di Pocket Penetrometer rilevati sulle carote estratte in fase di sondaggio relative allo strato in esame sono risultati compresi tra 2.5 kg/cmq e 5Kg/cmq con valori medi, ove lo strato presenta spessori importanti come nel caso del sondaggio SM1, prossimi o superiori a 5 kg/cmq; tali valori identificano depositi

Fig.10 - CORRELAZIONE FRA N_{spt} ED ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (PECK)

TRATTA DA CEDIMENTI E CONSOLIDAMENTI DI FONDAZIONI - SANSONI (1993)



prevalentemente coesivi “molto consistenti”, talora “duri”(fig.7).

Le prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati prelevati nell’ambito dei depositi in esame hanno confermato le caratteristiche di consistenza da discrete a buone dei livelli in esame, evidenziate nella tabella di sintesi Tab.7.

Tab. 7 : risultati sintetici delle prove di laboratorio – livello d)

Campione	Peso di volume (kN/mc)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito (Φ')	Mod. Edom. Eed (kPa) = (kPa)
SM1-C3	17.7	$c' = 17$	18.9°	Eed(200-400) = 12220 Eed(400-800) = 17423

In funzione dei risultati relativi alle prove in sito ed in relazione ai risultati delle prove di laboratorio eseguite, è possibile proporre, per lo strato in esame, la seguente parametrizzazione geomeccanica media:

$$\gamma = 17.5 - 18 \text{ kN/mc} \quad c_u \approx 200 \text{ kPa}$$

$$c' = 10 \div 20 \text{ kPa} \quad \phi' = 18^\circ - 20^\circ$$

$$E_{ed}(0.2-0.4) \approx 12 \text{ MPa}$$

**e) ed f) CIOTTOLI E BLOCCHI DI NATURA CALCAREA (livello e)
sovrastante i CALCARI FRATTURATI (livello f)**

La serie stratigrafica locale è chiusa da uno strato detritico o di alterazione della formazione calcarea di base costituito da ciottoli e blocchi di natura calcarea in matrice di natura limo sabbiosa o francamente sabbiosa che, dopo pochi metri lascia il posto alla formazione calcarea di base.

Nella stratigrafia S1(mare), in base al risultato degli altri sondaggi eseguiti e analizzate le cassette catalogatrici del sondaggio stesso, si è ritenuto opportuno nelle sezioni allegare considerare lo strato di base del predetto sondaggio, definito come roccia molto fratturata con presenza di terre rosse, come la parte alterata dello strato calcareo di base, ed è stata quindi inglobata nel livello e).

Gli strati rilevati a chiusura della serie stratigrafica rilevata presentano parametri a rottura e deformabilità ottimali, in relazione al tipo di intervento previsto, in quanto contraddistinti da valori di resistenza, buona per i depositi del livello e), ottimi per i litotipi calcarei del livello f), e deformabilità, bassa per i terreni e) bassissima o praticamente nulla per i calcari f).

A testimonianza delle ottimali caratteristiche di resistenza e deformabilità dei livelli in esame si evidenzia che anche nelle porzioni più granulari ed alterate dello strato e) sono stati rilevati valori N_{spt} prossimi o superiori al limite strumentale della prova stessa ($N_{spt} \geq 50$ colpi/30cm); Tali valori definiscono livelli prevalentemente granulari “molto addensati”(fig.7).

In funzione dei risultati ottenuti dalle prove in sito, ritenendo opportuno fornire una parametrizzazione solo dello strato e) in quanto la formazione calcarea di base rappresenta il substrato praticamente indeformabile, dando particolare rilievo ai risultati delle prove SPT, si è ritenuto opportuno estrapolare il valore di σ' dalle prove dinamiche utilizzando il grafico di Peck riportato in fig.10 mentre, per quanto riguarda le caratteristiche di deformabilità i valori di E è stato considerato il grafico di Denver (fig.9); in base a tali considerazioni è possibile proporre, per lo strato in esame, la seguente parametrizzazione geotecnica media:

livello e)

$$\gamma = 19 \text{ kN/mc}$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\Phi' \approx 35^\circ$$

$$E \approx 20 \text{ MPa}$$

CONCLUSIONI

A conclusione della presente relazione si ritiene opportuno esprimere alcune considerazioni in merito alla situazione geologica e geotecnica analizzata in base ai risultati delle indagini al fine di consentire, in un'ottica di sicurezza, economicità ed opportunità cantieristica, la definizione della progettazione relativa al Secondo Stralcio delle strutture previste nell'ambito dei lavori di ristrutturazione e riqualificazione a protezione e salvaguardia del Molo S.Maria situato nell'area del Golfo di Gaeta (Lt).

In particolare, le strutture in via di progettazione nel Secondo Stralcio, prevedono interventi di ampliamento del Molo S. Maria mediante il prolungamento in mare del pennello esistente con direzione NW, visibile nelle planimetrie post-operam allegate, realizzato su di una scogliera a sezione trapezoidale avente funzione di opera di difesa della costa.

Il molo è già oggetto di interventi di messa in sicurezza e ristrutturazione, anche in relazione ai fenomeni di dissesto subiti dalla struttura in esame nel tempo, i cui effetti in affioramento sono rappresentati da cedimenti differenziali nonché lesioni nel piano di calpestio, queste ultime evidenziate nella planimetria allegata.

L'analisi delle indagini geognostiche ha permesso di rilevare la presenza, come evidenziato nelle sezioni geologiche interpretative allegate, di situazioni superficiali differenziate fra mare e terra.

I sondaggi e le prove eseguite lato terra hanno messo in evidenza in affioramento materiali della banchina (livello a) rilevati in profondità fino ai 20m÷23.3m di spessore.

I sondaggi e le prove eseguite lato mare hanno permesso altresì di rilevare a partire dal fondale marino di un livello superficiale poco consistente (livello b) di spessore accertato di $\approx 17.5\text{m} \div 18\text{m}$ dotato di caratteristiche geotecniche scadenti e

disomogenee costituita da limi da debolmente argillosi ad argillosi a tratti sabbiosi da “molto molli” a “molli”; localmente, associate ai depositi del vecchio fondale marino sono state rilevate nel sondaggio S1 di terra, e al di sotto dei materiali della banchina, con spessori decisamente contenuti dei limi argillosi consistenti (livello b’). Nei sondaggi e prove lato mare, ovvero in SM1 e PM1, al livello superficiale descritto segue un livello di sabbie limose dalle caratteristiche di addensamento mediocri(livello c’).

La serie stratigrafica prosegue presentando un banco di sabbie da debolmente limose a limose da mediamente addensate ad addensate (livello c), poggianti o intercalate con livelli di limo argilloso/argilla limosa da molto consistenti a duri (livello d) che, nell’area del progetto assumono spessore rilevante..

La serie stratigrafica locale è chiusa da uno strato detritico o di alterazione della formazione calcarea di base costituito da ciottoli e blocchi di natura calcarea in matrice limo sabbiosa o francamente sabbiosa (livello e) rilevato molto addensato anche nella porzione più alterata e granulare; tale strato, dopo pochi metri lascia il posto alla formazione calcarea di base(livello f) contraddistinta da parametri a rottura e deformabilità ottimali.

Da un esame della situazione litostratigrafica individuata, sintetizzata nelle sezioni geologiche interpretative allegate, confortati dall’analisi dei valori ricavati dalle prove S.P.T., DPSH nonchè dai risultati delle prove di laboratorio si evince che le strutture di progetto potranno essere adeguatamente dimensionate nonchè realizzate tenendo conto della serie stratigrafica evidenziata.

In particolare, poichè le strutture in via di progettazione nel Secondo Stralcio, prevedono interventi di ampliamento del Molo S. Maria mediante la realizzazione di una scogliera a sezione trapezoidale, si dovrà tenere conto che l’incremento di carico

prodotto comporterà cedimenti di entità decisamente rilevanti in relazione particolarmente alla bassa consistenza, l'elevata compressibilità e l'elevato spessore del livello b). Vista la natura prevalentemente coesiva dei terreni del livello b), messa bene in evidenza dai risultati delle prove di laboratorio eseguite in tali terreni, a tali cedimenti di entità rilevante, dell'ordine dei metri, corrisponderanno tempi di assestamento lunghi.

Per ridurre i tempi di cedimento potrà essere presa in considerazione la possibilità di ricorrere a sistemi per accelerare i processi di consolidazione.

Nel caso specifico si potrebbe ricorrere alla posa in opera di "dreni" verticali a nastro da porre in opera per tutto lo spessore dello strato coesivo b), da disporre a quinconce in cui l'interasse sia adeguatamente stabilito e calcolato per consentire di riportare i tempi di realizzazione dell'opera entro limiti accettabili.

Per consentire un adeguato risultato sarà opportuno predisporre il piano di appoggio della scogliera mediante la realizzazione di interventi di miglioramento del piano di appoggio mediante la posa in opera di uno strato di misto granulare che, oltre a garantire una base di appoggio alla sovrastruttura in progetto, permetterà di rappresentare l'elemento permeabile di testa di raccordo per i dreni; inoltre, sulla superficie dello strato di misto granulare, sarà opportuno porre in opera una geogriglia ad elevata resistenza a trazione.

Vista l'entità dei carichi e dei cedimenti ad essi collegati, sarà inoltre opportuno prevedere la realizzazione per fasi delle opere in programma.

Per il controllo dei cedimenti e relativi tempi di assestamento nelle varie fasi si suggerisce di prevedere un monitoraggio geodetico e geotecnico in corso d'opera e post operam.

In particolare, per quanto attiene al monitoraggio geotecnico, il controllo del decorso dei cedimenti potrebbe essere eseguito, sulla base della schematizzazione evidenziata in fig.11, mettendo in opera assestimetri a piastra (fig.12), da installare sopra la geogriglia, predisponendo un'area di rispetto di qualche metro quadro nell'intorno dello strumento, da trattare a parte rispetto alla formazione degli strati del nucleo e delle mantellate esterne. La posa in opera di tali strumentazioni dovrà contemplare la possibilità di allungare le aste in acciaio e le guaine corrugate antiattrito via via che la scogliera aumenterà di altezza, fino ad arrivare in superficie alle quote previste dal progetto.

Per il controllo delle dissipazioni delle sovrappressioni interstiziali, per fornire quindi una possibilità del controllo dei tempi di cedimento, potranno essere installati piezometri elettrici (fig.13), che possono fornire, se remotizzati, in ogni momento la pressione dell'acqua alla profondità d'installazione e l'entità delle sovrappressioni.

Per il passaggio fra le varie fasi, qualora si ritenga opportuno procedere facendo scontare il processo di consolidazione, lo strumento indicherà, smaltita la sovrappressione, l'esaurimento del cedimento ad essa collegato.

A tali strumentazioni, vista comunque l'importanza di analizzare l'entità e l'andamento dei cedimenti nel tempo, si suggerisce di abbinare un monitoraggio geodetico mediante l'installazione di capisaldi.

In conclusione, ribadendo la fattibilità degli interventi previsti, per quanto attiene alla definizione puntuale delle strutture in programma nonché la scelta in merito alle modalità realizzative delle stesse (tipologia, dimensionamento, materiali di riempimento, tipi, distribuzione e dimensionamento dei dreni, realizzazione di giunti

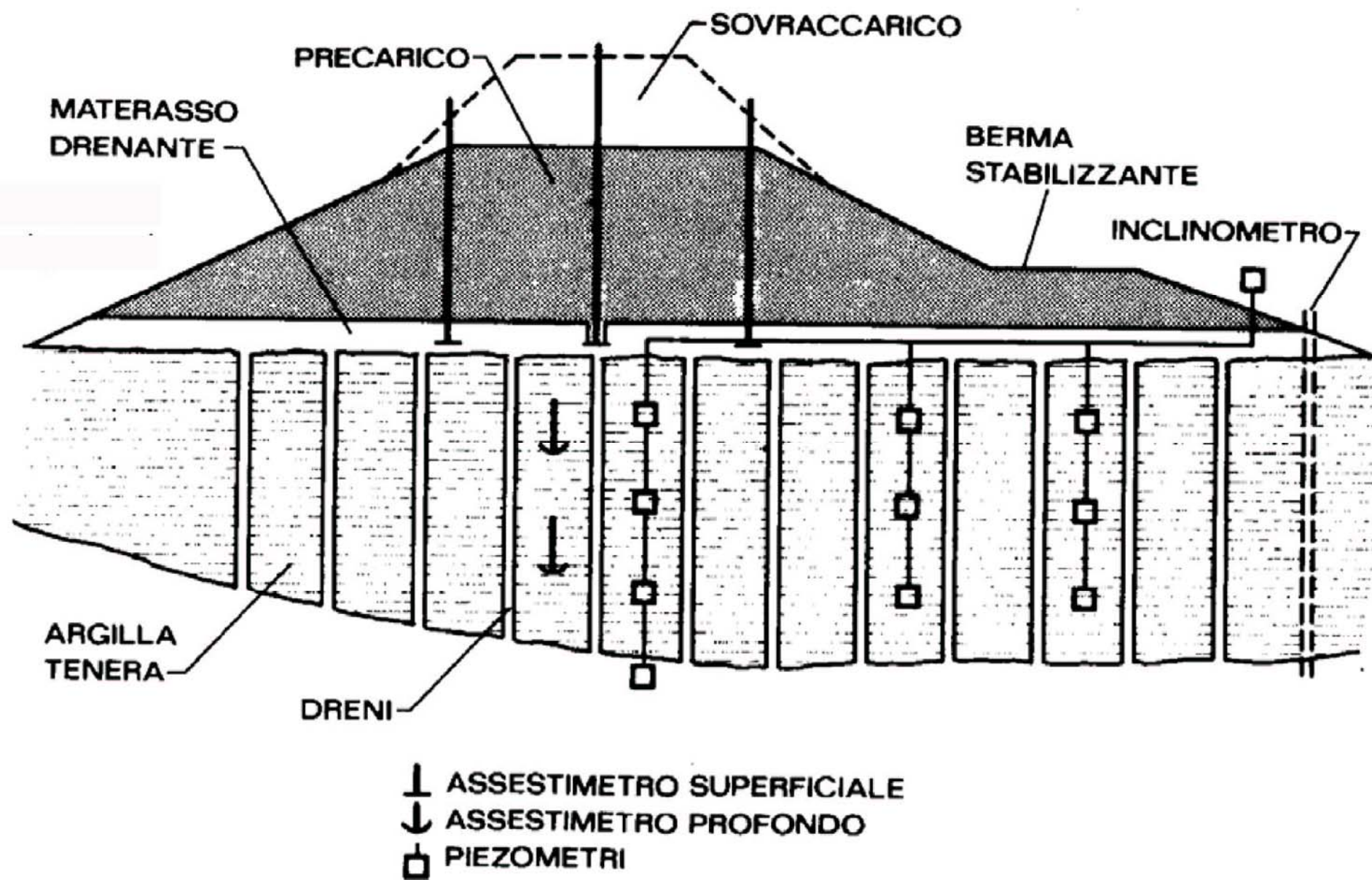
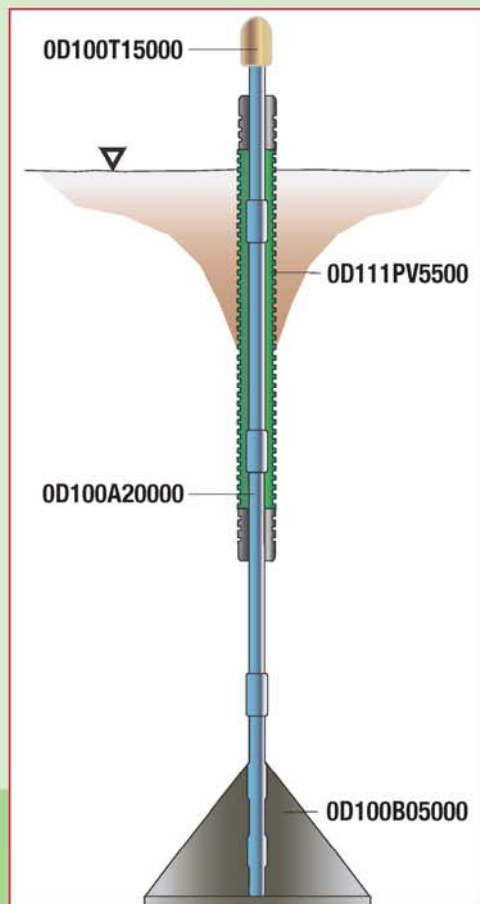


Fig. 11

ASSESTIMETRI A PIASTRA

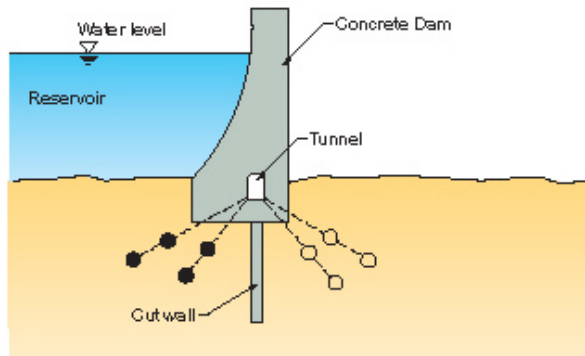


Gli assestimetri a piastra vengono tipicamente utilizzati per monitorare i cedimenti di un rilevato poggiante su terreno soffice. Il punto di riferimento consiste in una piastra di acciaio zincato di forma quadrata unita ad uno spezzone di asta di misura sulla quale si raccorda la batteria delle aste di misura. La batteria di aste viene inserita all'interno di una guaina corrugata per svincolarle dall'attrito con il terreno. In testa alle aste è inserita una borchia di livellazione per le letture topografiche.

Codice prodotto	Aste di misura OD100A20000	Guaina corrugata OD111PV5500
Diametro esterno	25 mm	55 mm (nominale)
Lunghezza	2000 mm	fornito in rotoli
Tipo di giunzione	manicotto esterno (filetto M25)	continua (auto-avvitante)
Materiale	acciaio inox	PVC
Codice prodotto	Piastra di base OD100B05000	Tappo e borchia topografica OD100T15000
Dimensione	500x500 mm	diam. est 40 mm, lungh. 50 mm
Materiale	acciaio zincato	ottone

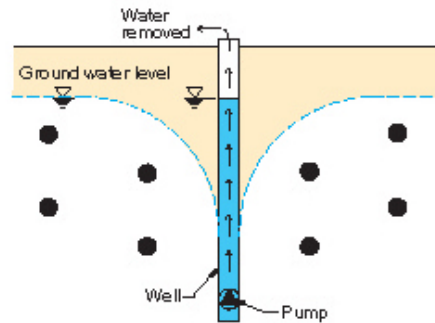
Fig. 12

CONCRETE DAMS



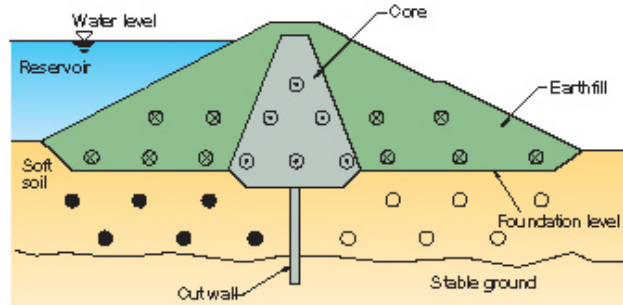
- TO CONTROL:
- ○ COMPACTION OF SOIL UNDER FOUNDATION
 - ⊗ ⊙ PLACEMENT OF FILL
 - ⊖ ⊕ UPLIFT PRESSURE
 - ⊙ ⊖ CORE PORE PRESSURE
- TO MONITOR:
- ○ ⊕ UPLIFT PRESSURE
 - ⊖ SEE PAGE

PUMPING TESTS



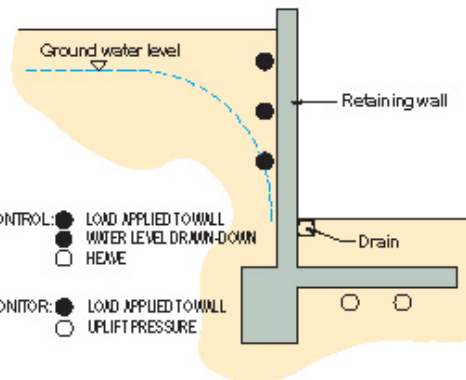
- TO CONTROL:
- PUMPING SCHEME
 - FLOODING
- TO MONITOR:
- WATER LEVEL DRAWDOWN

EARTH FILL DAMS

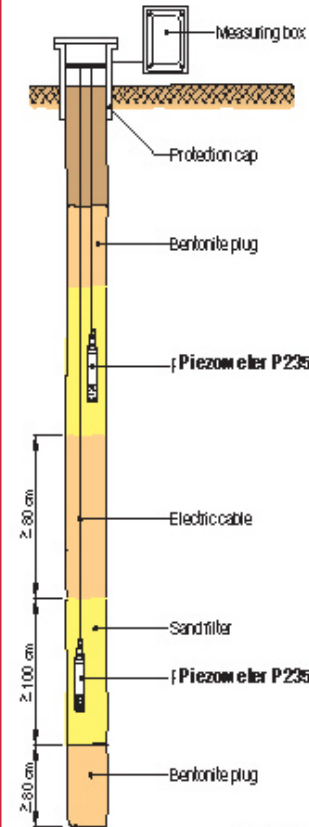


- TO CONTROL:
- LOAD APPLIED TO WALL
 - WATER LEVEL DRAWDOWN
 - HEAVE
- TO MONITOR:
- LOAD APPLIED TO WALL
 - UPLIFT PRESSURE

RETAINING WALLS



BOREHOLE



Piezometer is inserted at set depth into a borehole. A 1 m thick sand filter is installed around piezometer. Water from the surrounding soil passes through the filter loading the sensor. Two bentonite plugs are installed above and beneath the filter section. Additional piezometer should be installed in the same borehole. Output signal is transmitted by electric cable to the readout unit.

EMBANKMENT

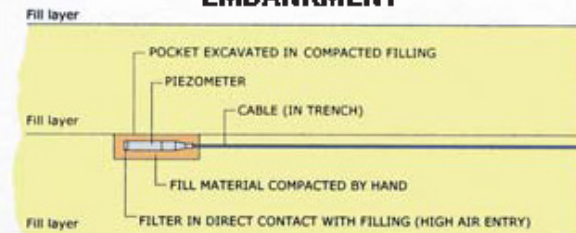


Fig. 13

tecnici ecc.), si rimanda all'analisi geotecnica ed ai progettisti, in quanto si ritiene che valutazioni su tali elementi saranno oggetto di trattazione nell'analisi strutturale di loro competenza.



A circular blue stamp from the "ORDINE DEI GEOLOGI DEL LAZIO" (Order of Geologists of Lazio). The stamp contains the text: "Dott. DANIELE CRUCIANI Geologo A.P. n. 554". Below the stamp is a handwritten signature in blue ink.

ELABORATO
ALLEGATO
STRATIGRAFIE SONDAGGI
INDAGINI DI PRIMO STRALCIO

Sondaggio geognostico Stratigrafia



COMMITTENTE: AUTORITA' PORTUALE CIVIT. FIUM. E GAETA	SONDAGGIO: S1
CANTIERE: RIQUALIFICAZIONE PONTILE SANTA MARIA	LOCALITA': GAETA
QUOTA: ~0.6 m s.l.m.	SONDA PERFORATRICE: TEREDO DC 305
METODO DI PERF.: ASTE E CAROTIERE	RIVESTIMENTO: 37.00m
CASSETTE: 8	CORONE TIPO: WIDIA

Scala 1:130	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	N SPT	Campioni	POCKET	Carotaggio
1			BANCHINA, costituita da ghiaia, ciottoli e blocchi di natura calcarea in abbondante matrice limo sabbiosa a tratti limo. Da 6.25m in limo sabbioso e sabbia limosa. A 7.0m resti algali filiformi. Da 18.00m blocchi di conglomerato in limo sabbioso e sabbia limosa.				
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24	23.30 - 23.80		LIMO ARGILLOSO di colore grigio verdastro.			1.90	
25			SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA, di colore grigio verdastro, alla base ghiaiosa. La frazione sabbiosa è medio grossa. La ghiaia eterogenea, evoluta e dimensioni da centimetriche a pluricentriche.	25.50 4-15-23 25.95		1.80	
26							
27							
28	27.80		LIMO ARGILLOSO di colore avana e avana verdastro. Presenta frammenti carbonatici da subcentimetrici a pluricentrici.			2.40	
29	28.80		SABBIA DEBOLMENTE LIMOSA di colore marrone verdastro. La frazione sabbiosa è medio fine.		28.50 C11 28.90	2.70	
30							
31	30.20		CIOTTOLI E BLOCCHI di natura calcarea in matrice limo sabbiosa e di sabbia di colore avana biancastro e marrone giallastro. Al tetto in matrice limo argillosa.	31.00 Rif. 31.12		5.50	
32							
33							
34							
35	34.50		CALCARE di colore da avana biancastro a nocciola, fratturato.				
36							
37	37.00		FINE SONDAGGIO.				
38							

Sondaggio geognostico Stratigrafia



COMMITTENTE: AUTORITA' PORTUALE CIVIT. FIUM. E GAETA	SONDAGGIO: S2
CANTIERE: RIQUALIFICAZIONE PONTILE SANTA MARIA	LOCALITA': GAETA
QUOTA: ~0.6 m s.l.m.	SONDA PERFORATRICE: TEREDO DC 305
METODO DI PERF.: ASTE E CAROTIERE	RIVESTIMENTO: 40.00m
CASSETTE: 8	CORONE TIPO: WIDIA

Scala 1:144	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	N SPT	POCKET	Carotaggio	
	1		BANCHINA, costituita da ghiaia, ciottoli e blocchi di natura calcarea in abbondante matrice limo sabbiosa a tratti limo. Fino a 5.00m presenta sparsi rari blocchi di natura leucitica e tufacea. Alla base, da 17.50m blocchi di conglomerato in limo sabbioso e sabbia limosa.				
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						
	20.00		SABBIA da LIMOSA a DEBOLMENTE LIMOSA, di colore grigio verdastro. Alla base marrone verdastro. La frazione sabbiosa è fine e media.	22.00			
	21			4-3-7			
	22			22.45			
	23						
	24						
	25						
	26			25.00			
	26.00			12-18-28			
	27		LIMO ARGILLOSO DEBOLMENTE SABBIOSO, di colore marrone chiaro. Presenta sparsi frammenti carbonatici da subcentimetrici a pluricentrici.		2.20		
	27.00		SABBIA LIMOSA di colore marrone chiaro. La frazione sabbiosa è medio-fine.		5.00		
	28				2.50		
	28.50		CIOTTOLI E BLOCCHI di natura calcarea in matrice limo sabbiosa e di sabbia di colore avana biancastro e marrone giallastro.	28.00			
	29			17-25-29			
	30			28.45			
	31						
	32						
	33						
	34						
	35		CALCARE di colore da avana biancastro a nocciola, fratturato.				
	36						
	37						
	38						
	39						
	40						
	40.00						
	41		FINE SONDAGGIO.				

ELABORATO

ALLEGATO

**FOTOGRAFIE CASSETTE CATALOGATRICI
INDAGINI DI PRIMO STRALCIO**

Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S1

BOX: 1 da mt 0.00 a mt 5.00



SONDAGGIO: S1

BOX: 2 da mt 5.00 a mt 10.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S1

BOX: 3 da mt 10.00 a mt 15.00



SONDAGGIO: S1

BOX: 4 da mt 15.00 a mt 20.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S1

BOX: 5 da mt 20.00 a mt 25.00



SONDAGGIO: S1

BOX: 6 da mt 25.00 a mt 30.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S1

BOX: 7 da mt 30.00 a mt 35.00



SONDAGGIO: S1

BOX: 8 da mt 35.00 a mt 37.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S2

BOX: 1 da mt 0.00 a mt 5.00



SONDAGGIO: S2

BOX: 2 da mt 5.00 a mt 10.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S2

BOX: 3 da mt 10.00 a mt 15.00



SONDAGGIO: S2

BOX: 4 da mt 15.00 a mt 20.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S2

BOX: 5 da mt 20.00 a mt 25.00



SONDAGGIO: S2

BOX: 6 da mt 25.00 a mt 30.00



Porti di Roma e del Lazio
AUTORITA' PORTUALE DI CIVITAVECCHIA, FIUMICINO E GAETA
Ristrutturazione e messa in sicurezza del Molo Santa Maria
nel Comune di Gaeta - LT

SONDAGGIO: S2

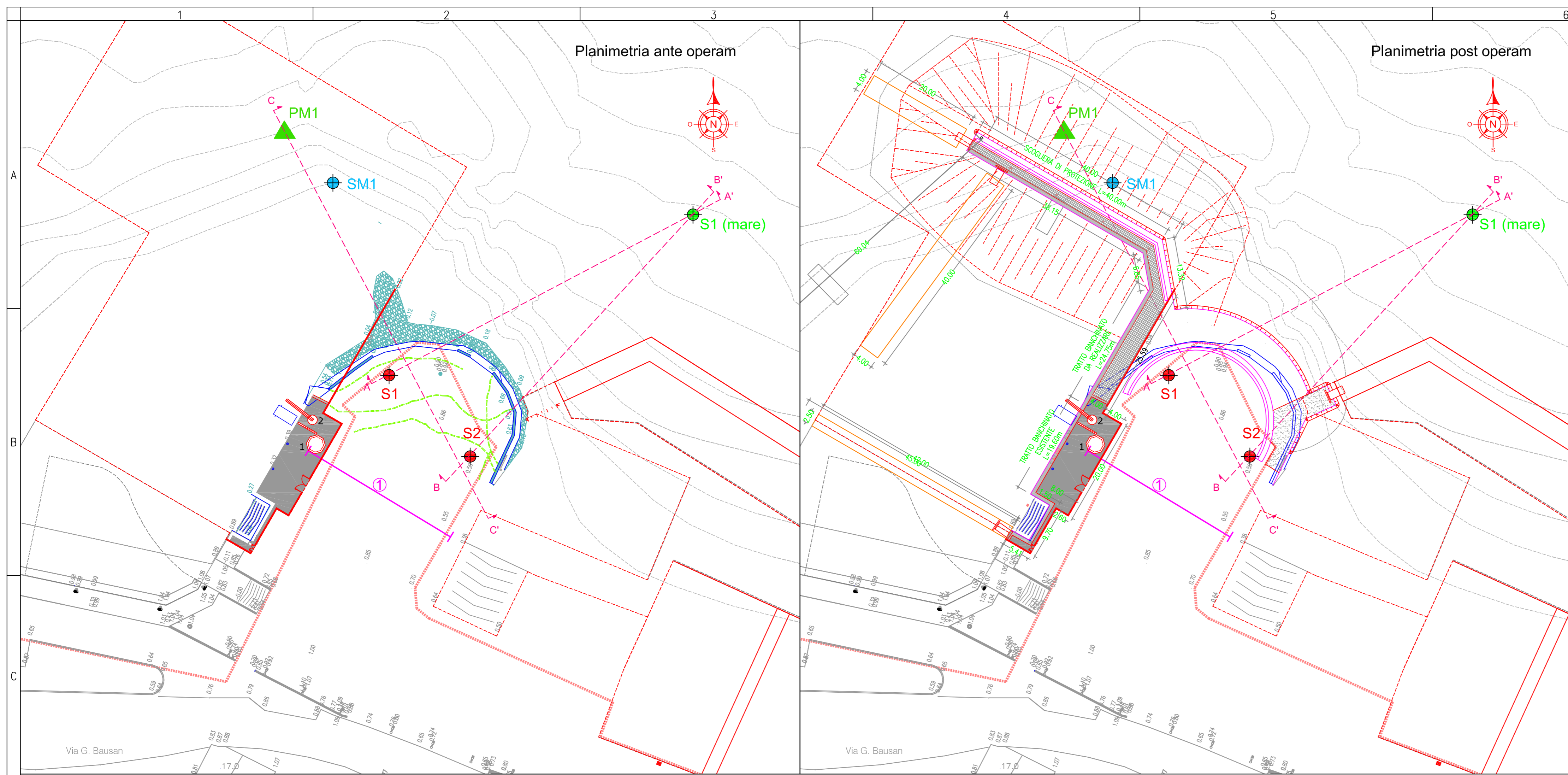
BOX: 7 da mt 30.00 a mt 35.00



SONDAGGIO: S2

BOX: 8 da mt 35.00 a mt 40.00





SANTAMARIA S.r.l.

Indagini eseguite da



Società autorizzata al rilascio di Certificati relativi ad indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in situ di cui all'art. 59 del D.P.R. n° 380/2001 con DECRETO DI CONCESSIONE n. 899 del 28.01.2011

Indagini geognostiche a mare di secondo stralcio per il dimensionamento delle strutture finalizzate alla ristrutturazione ed alla riqualificazione del Molo Santa Maria nel comune di Gaeta (LT)

ELABORATO
PLANIMETRIA UBICATIVA
Ante e Post Operam

TECNICO INCARICATO:
Dott. Geol. CRUCIANI DANIELE

OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE	SCALA: 1:250
					FILE NAME:
					CARTELLA:
					FOGLIO:
					PLOT: 1=1
					DATA: 2012
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3					
2					
1					
0					

Questo disegno è di nostra proprietà riservata a termine di legge e ne è vietata la riproduzione e la comunicazione a terzi anche parziale senza nostra autorizzazione scritta

LEGENDA

- INDAGINI DI SECONDO STRALCIO**
- SM1 Sondaggio a mare a carotaggio continuo (Geoter Srl 2012)
 - PM1 Prova penetrometrica dinamica DPSH eseguita a mare (Geoter Srl 2012)

- INDAGINI DI PRIMO STRALCIO**
- S1 Sondaggio a terra a carotaggio continuo (Geoter Srl 2012)
 - ① Profilo sismico MASW

- DATI BIBLIOGRAFICI**
- S1 (mare) Sondaggio a mare a carotaggio continuo (2005)

- Traccia di sezione
- Andamento indicativo lesione affiorante

Indagini eseguite da

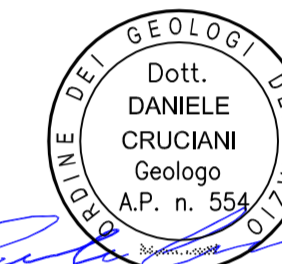


Indagini geognostiche a mare di secondo stralcio per il dimensionamento delle strutture finalizzate alla ristrutturazione ed alla riqualificazione del Molo Santa Maria nel comune di Gaeta (LT)

ELABORATO
SEZIONI GEOLOGICO-INTERPRETATIVE

TECNICO INCARICATO:

Dott. Geol. CRUCIANI DANIELE

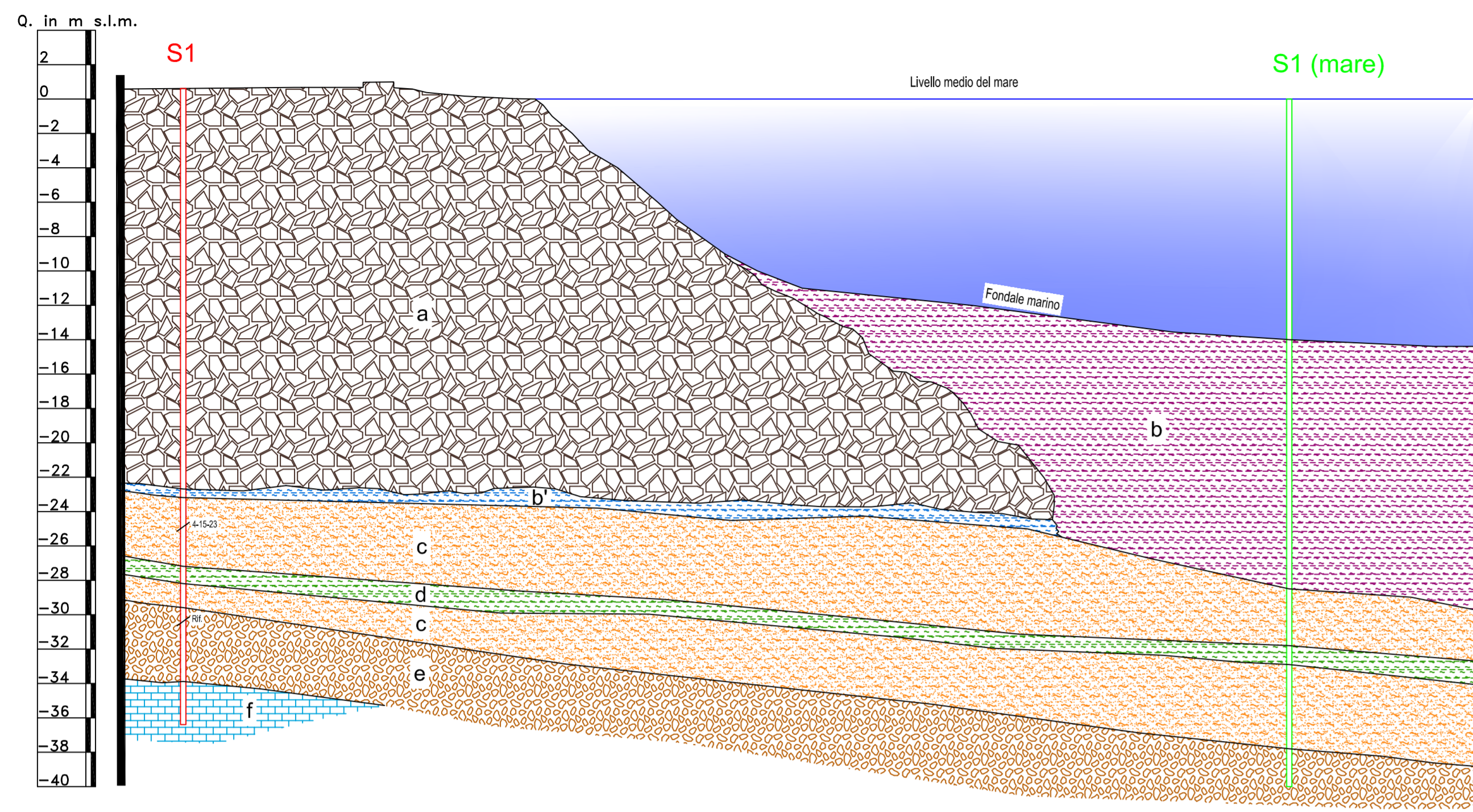


OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE	SCALA:
					1:250
					FILE NAME:
					CARTELLA:
					FOGLIO:
					DATA: 2012
3					
2					
1					
0					
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

Questo disegno è di nostra proprietà riservata a termine di legge e ne è vietata la riproduzione e la comunicazione a terzi anche parziale senza nostra autorizzazione scritta

Sezione AA'

Scala 1:250



LEGENDA

- a BANCHINA - MATERIALI DI RIPORTO, costituita da ghiaia, ciottoli e blocchi di natura prevalentemente calcarea, in matrice da limo sabbiosa a limosa di colore marrone chiaro.
- b LIMO DA DEBOLMENTE ARGILLOSO AD ARGILLOSO A TRATTI SABBIOSO di colore da grigio a marrone, localmente ARGILLA LIMOSA di colore brunastro. Da molto molle a molle.
- b' LIMO SABBIOSO DA DEBOLMENTE ARGILLOSO AD ARGILLOSO, di colore grigio verdastro. Da mediamente consistente a consistente.
- c' SABBIA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA di colore grigio verdastro, la frazione sabbiosa è eterometrica. Basso grado di addensamento.
- c SABBIA DA DEBOLMENTE LIMOSA A LIMOSA di colore da marrone a grigiastro. Mediamente addensata.
- d ARGILLA LIMOSA di colore dal marrone a verdastro all'avana. Da consistente a molto consistente.
- e CIOTTOLI E BLOCCHI di natura calcarea in matrice limo sabbiosa e di sabbia di colore avana biancastro. Molto addensati.
- f CALCARE di colore da avana biancastro a nocciola, fratturato.

19-21-25 Prova spt (n. colpi)

INDAGINI DI SECONDO STRALCIO

SM1 Sondaggio a mare a carotaggio continuo (Geoter Srl anno 2012)

PM1 Prova penetrometrica dinamica DPSH eseguita a mare (Geoter Srl anno 2012)

INDAGINI DI PRIMO STRALCIO

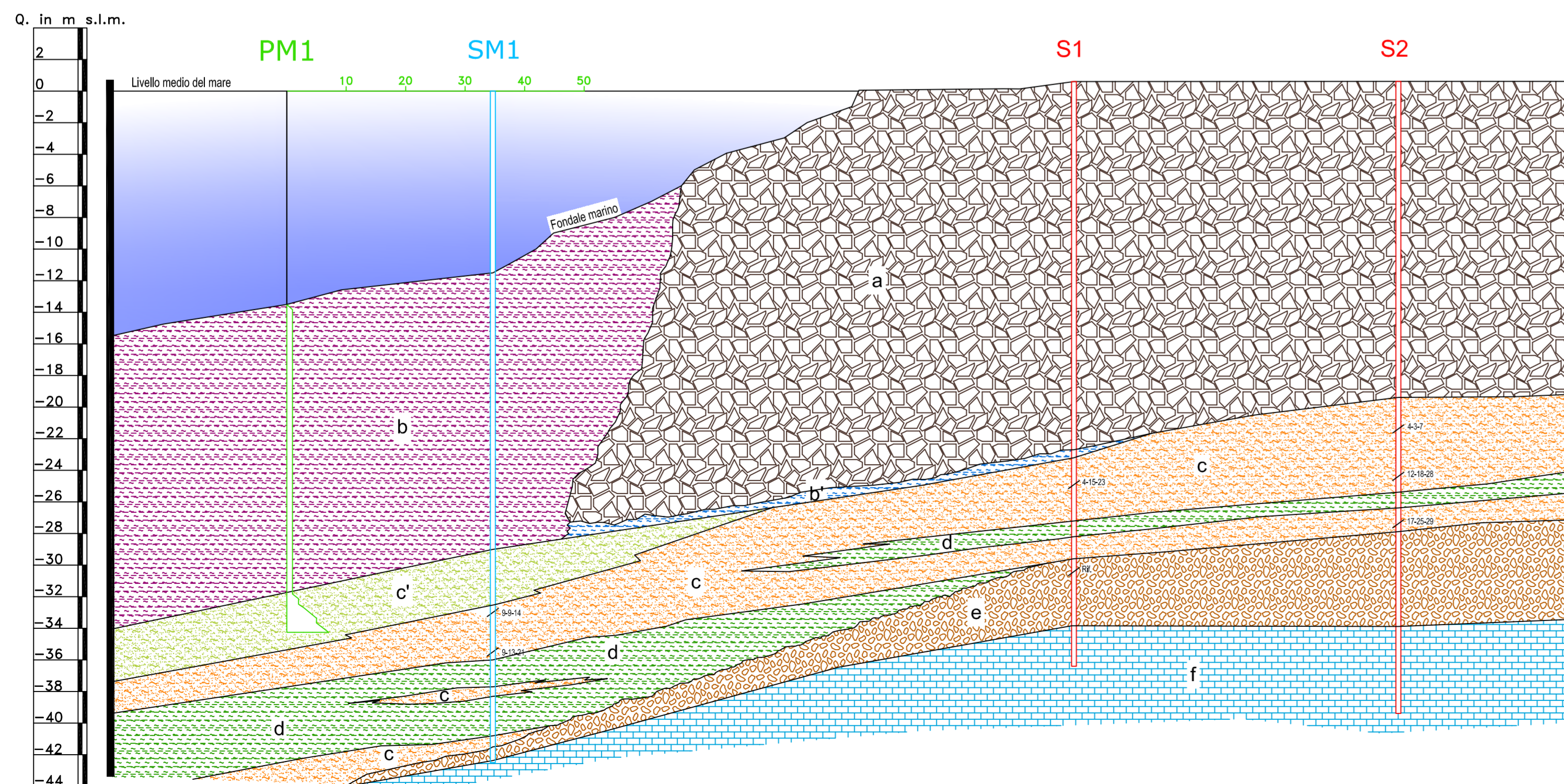
S2 Sondaggio a carotaggio continuo (Geoter Srl anno 2012)

DATI BIBLIOGRAFICI

S1 (mare) Sondaggio a mare (anno 2005)

Sezione CC'

Scala 1:250



Sezione BB'

Scala 1:250

