



Autorità Portuale di Augusta

**LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO
DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA
- BANCHINE CONTAINERS -**

IMPRESE:



Condotte S.p.A.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



**PIACENTINI
COSTRUZIONI** spa



Cosedil spa

(MANDANTI)

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO

3								
2								
1								
0	081114	PRIMA EMISSIONE			M. GIOMPAPA	F. GIORDANO	F. GIORDANO	
REV.	DATA	EMISSIONE			RED.	VER.	APPR.	
	PROGETTO	OPERA	TIPO ELAB.	N° ELAB.	REV.	SCALA:		
	1073	GE00	C	003	A			

TITOLO ELABORATO:

**INQUADRAMENTO GENERALE
STUDI E RELAZIONI SPECIALISTICHE**

Relazione geologica esecutiva (redatta dalla Dott.ssa M. Giompapa)

PROGETTAZIONE:

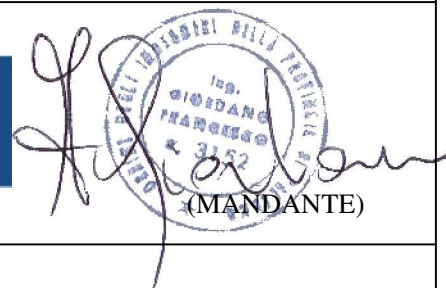
INCO



(MANDATARIA)



SIGMA INGEGNERIA s.r.l.
Via della Libertà, 201/A
90143 PALERMO
Tel. 091/6254742 - Fax 091/307909
C.F. e P.IVA 02639310826
e-mail: sigmaingsrl@gmail.com



(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:
Geom. Venerando Toscano

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO****Relazione geologica esecutiva**

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	5
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
5	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	8
6	INQUADRAMENTO PAI	9
7	INQUADRAMENTO SIC-ZPS	10
8	ALTRI VINCOLI ESISTENTI.....	13
9	CARATTERISTICHE CLIMATICHE.....	15
10	INQUADRAMENTO SIN	17
11	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	18
12	INDAGINI ESEGUITE.....	19
12.1	PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO	21
12.2	CAMPIONAMENTO DEL TERRENO.....	22
12.2.1	Carote Di Terreno	22
12.2.2	Campioni Indisturbati	22
12.3	RILIEVO DEI TERRENI PERFORATI.....	23
12.3.1	RILIEVO STRATIGRAFICO DEL SONDAGGIO.....	23
12.4	PROVE GEOTECNICHE IN FORO	24
12.4.1	PROVE CPT	24
13	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA	25
13.1	TERRAFERMA.....	26
13.2	SPECCHIO ACQUEO.....	28
14	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	30
15	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO	31



16	DEFINIZIONE DEL TETTO DELLE ARGILLE AZZURRE.....	34
17	CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE SUI TERRENI DELL'AREA PORTUALE.....	36
	REPORT SINGAGGI GEOGNOSTICI	39



1 PREMESSA

L'intervento in esame riguarda i *“Lavori del primo stralcio e del secondo stralcio della terza fase del porto commerciale di Augusta-Banchine containers”*.

Allo stato attuale, il porto di Augusta presenta una rilevante entità dei traffici merci che potrebbe essere incrementata con merci ad elevato valore aggiunto ed un elevato grado di specializzazione sia per singole filiere merceologiche, all'interno dello stesso porto, che all'interno di un possibile Sistema Portuale Integrato dell'Isola (prodotti petroliferi, prodotti filiera agroalimentare dal distretto produttivo della Sicilia Sud Orientale).

Il porto infatti si inserisce nel quadro di un vasto sistema di trasporti intermodale che solo in Italia conta circa 22 porti internazionali e che rendono il bacino del Mediterraneo un'area strategica nella logistica internazionale.

Gli argomenti qui trattati sono finalizzati a fornire un quadro del contesto geologico-geomorfologico-sismico-idrogeologico-geotecnico delle opere in progetto.

Per il perseguimento di questo obiettivo è stata programmata ed attuata una accurata campagna di indagini geognostiche comprendenti sondaggi meccanici, prove geotecniche in foro ed in laboratorio, nonché indagini geofisiche.

Le indagini geognostiche (meccaniche e geofisiche) sono state svolte dall'impresa certificata GEOMERID srl con sede in C.da Bondifè –Melilli (SR).

Questo lavoro geologico è stato eseguito in ottemperanza a quanto previsto dalle seguenti normative:

- Norme tecniche per le costruzioni Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture (G.U. n° 29 del 04/02/2008) entrato in vigore l'01/07/2009;
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006). Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n° 108 del 11/08/2006);
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003). Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche (G.U. n° 105 del 08/05/2003);
- DM. LL. PP. 11/03/1988;
- Circolare LL. PP. 24/09/1988 n°30483



2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area oggetto dell'intervento ricade all'interno dell'ambito amministrativo della Provincia di Siracusa, che si estende per oltre 80 km dalla Piana di Catania all'Isola delle Correnti e per 42 km dal mar Jonio e fino a Monte Lauro.

La linea di costa è bagnata da un piccolo tratto di Mar d'Africa e, per il resto, dal mar Jonio. Essa è caratterizzata nella parte a sud da estesi litorali sabbiosi alternati a rari tratti rocciosi, mentre nella parte centrale spesso emergono dal mare ripide scogliere che trovano la loro massima espressione nei pressi di Capo Murro di Porco, a sud di Siracusa, di Capo S. Panagia, immediatamente a nord di Siracusa, e di Capo S. Croce e Capo Campolato nei pressi di Augusta e della Costa Saracena, a sud di Agnone Bagni.

Lungo la costa, in corrispondenza delle aree più depresse, sono frequenti zone paludose che spesso nel passato erano state trasformate in saline. L'idrografia della provincia è costituita dai fiumi Anapo, San Leonardo, Marcellino, Cassibile, Asinaro e Tellaro. Essi hanno un regime idraulico che - in molti casi - a dispetto dell'irregolarità del regime pluviometrico, è particolarmente uniforme. In particolare nei Fiumi Anapo, Cassibile ed Asinaro, alimentati da cave che incidono estesi tavolati calcarei, scorrono costantemente alcune centinaia di litri al secondo di acqua che spesso alimentano ambienti fluviali di particolare interesse e suggestione, tra i quali quelli nei quali insistono le Riserve Naturali Orientate di Pantalica, Valle dell'Anapo e di Cavagrande del Fiume Cassibile.

Dal punto di vista climatico va rilevata la notevole influenza che i rilievi esercitano a dispetto della loro modesta quota. Le aree costiere sono caratterizzate da una piovosità molto più ridotta che va da valori di poco superiori ai 550 mm/anno di Siracusa ed Augusta, ai circa 430 mm di Cozzo Spadaro, vicino Portopalo.

Allo stato attuale la baia naturale di Augusta rappresenta uno dei nodi industriali più importanti del Mediterraneo. Essa è sede del primo polo di raffinazione di greggio del Mediterraneo – Priolo -, la cui raffineria occupa un'area di 400 ettari tra i Comuni di Priolo, Melilli e Augusta, e comprende anche le strutture produttive delle società Enichem e Polimeri Europa. L'insediamento industriale dispone al suo interno di circa 70 km di rete stradale e 30 km di rete ferroviaria. Il ciclo petrolifero installato nella raffineria costituisce una delle maggiori strutture per la trasformazione del petrolio grezzo, e ha una capacità di lavorazione autorizzata per 17.600 Ktonn/anno. Tuttavia, se da una parte l'insularità e la localizzazione periferica rispetto ai mercati europei e ai principali fornitori di materie prime rappresentano al momento dei fattori limitanti per lo sviluppo della Sicilia, dall'altra tale posizione geografica – nodo di rotte commerciali del Mediterraneo - può diventare strategica per la candidatura dell'isola a futura piattaforma logistica internazionale.

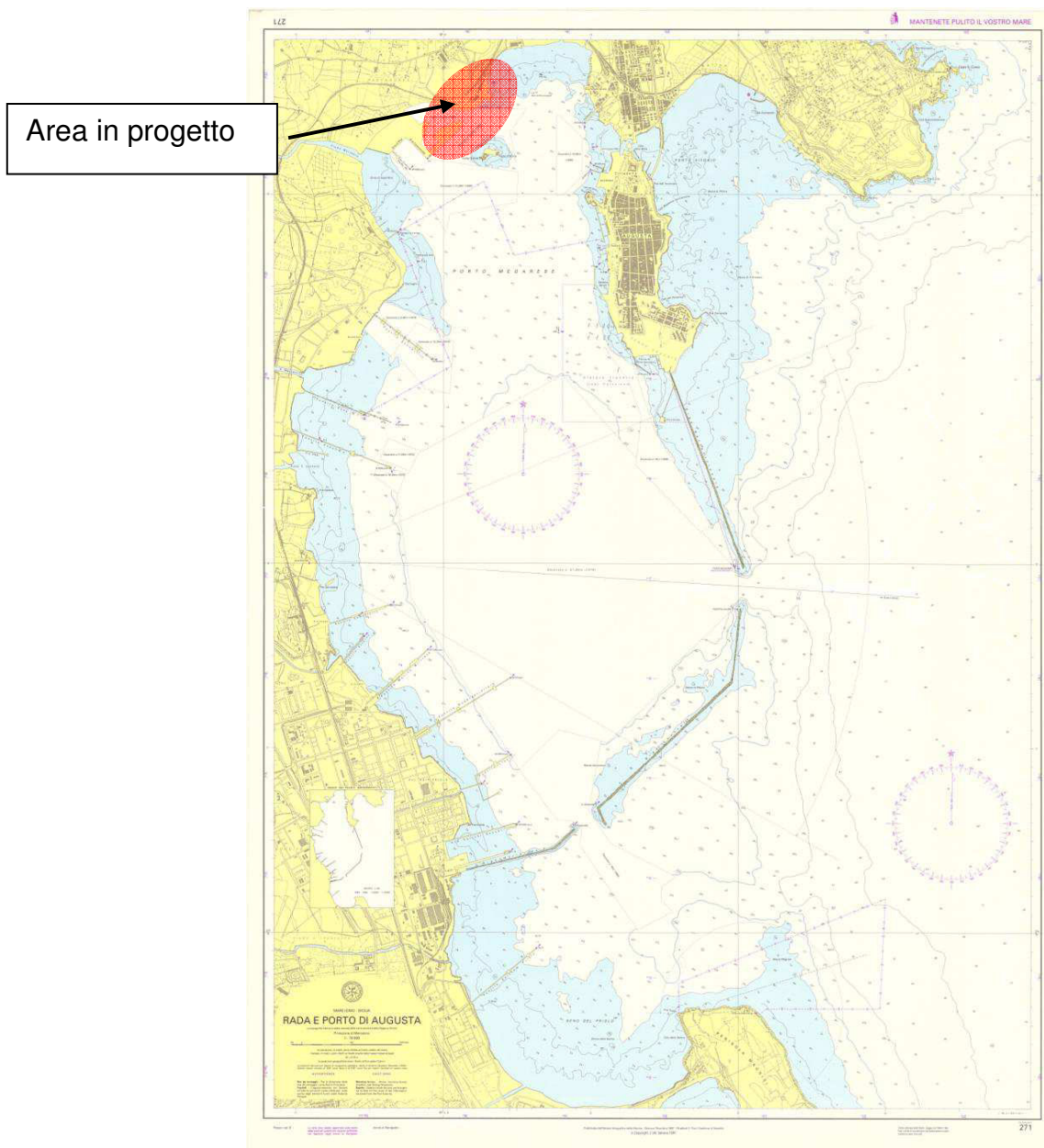


3 INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

La zona in studio ricade nella tavoletta in scala 1:25000 “Augusta” F° 274 I SW della Carta d’Italia e dita dall’Istituto Geografico Militare Italiano.

Le sue coordinate geografiche sono approssimativamente 37°14’19” latitudine nord e 15°12’10” longitudine est.

Il sito in studio si trova alla quota di circa 2 m sul livello medio del mare.



F1 : Ubicazione dell'area indagata



4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La Sicilia per la sua posizione geografica costituisce una naturale connessione tra la catena Appenninica e quella Nord-Africana, essendo geodinamicamente legata all'interazione di due grandi placche continentali: quella Europea a N e quella Africana a S.

Dal punto di vista geologico l'area in studio fa parte "dell'Avampese Ibleo", che insieme alla Catena Appennino-Maghrebide e all'Avanfossa Gela-Catania rappresenta uno dei principali elementi strutturali della Sicilia Orientale.

Nell'insieme l'Avampese Ibleo appartiene al blocco Pelagiano, che si estende dalla Scarpata Ibleo-Maltese fino alla Tunisia, ed emerge proprio in corrispondenza della Sicilia Sud-Orientale formando quello che viene definito in letteratura geologica il "Plateau Ibleo".

La regione Iblea costituisce parte del margine settentrionale della Placca Nord Africana, un'area stabile scarsamente deformata dall'Orogenesi Alpina, sottoscorsa alla Catena Appennino-Maghrebide, che risulta formata da un complesso edificio a falde.

Procedendo verso Nord Ovest, l'Altipiano ibleo viene ribassato da un'importante sistema di faglie normali ad orientamento NE-SW, di età Cenozoica, costituito dagli allineamenti tettonici Comiso-Chiaramonte, Monterosso-Pedagaggi e Scordia-Lentini-Agnone.

Questo sistema di faglie normali delimita una depressione asimmetrica originatasi dal collasso dell'Avampese ibleo al di sotto delle falde della catena, nota come "Fossa di Caltanissetta", il cui margine meridionale prende il nome di "Avanfossa Gela-Catania".

Quest'ultima decorre in direzione NE-SW e risulta ricoperta dalla falda di Gela che rappresenta il fronte più avanzato della catena costituito da un sistema di thrust sheets sud vergenti poggiati tettonicamente sui depositi plio-quadernari.

Dai profili geologici eseguiti per il "Progetto Finalizzato Geodinamica" (Atzori et al., 1979; Cristofolini et al., 1979) emerge uno spessore medio della crosta continentale del plateau di circa 28 Km.

Questo spessore tende a diminuire in corrispondenza dei sistemi di faglie a decorrenza NE-SW, dove cioè si ha l'inflessione della crosta in prossimità del margine settentrionale; procedendo verso nord; invece, laddove il plateau si immerge al di sotto delle coltri della catena, lo spessore della crosta aumenta notevolmente raggiungendo circa 40 Km.

Nella parte Sud-orientale, il plateau è delimitato dalla "Scarpata Ibleo Maltese", uno dei principali lineamenti strutturali del Mediterraneo, che separa la piattaforma continentale Maltese-Siracusana dalla Piana Abissale Ionica.

Dai dati dei dragaggi eseguiti lungo la scarpata, dall'off-shore siracusano fino a largo di Malta (Scandone et al., 1981; Morelli, 1973; Hirn et al., 1997) è emerso che si tratta di un sistema di faglie a gradinata che complessivamente danno origine ad una scarpata che decorre in direzione NNW-SSE, subparallelamente alle



faglie presenti lungo la costa siracusana ed il cui prolungamento appare nel versante orientale dell'Etna (Sistema di Acireale).

Infine l'analisi della distribuzione delle facies iblee ha permesso di ricostruire le condizioni paleogeografiche della regione Iblea, permettendo così di distinguere due domini paleogeografici:

- Dominio Orientale
- Dominio Occidentale

Il Dominio Orientale è caratterizzato da una sequenza carbonatica di mare poco profondo, notevolmente influenzato dallo sviluppo di prodotti vulcanici sottomarini, mentre il Dominio Occidentale è formato essenzialmente dai sedimenti carbonatici provenienti dalle aree orientali.

In particolare, il Dominio orientale comprende la cosiddetta “Formazione dei Monti Climiti” (Pedley, 1981), di età oligo-miocenica costituita da calcareniti e calciruditi ricche di avvolgimenti algali chiamati rodoliti indicativi di condizioni ambientali ad alto idrodinamismo, seguiti superiormente da una sequenza calcarenitica di età tortoniana con evidenze vulcanoclastiche indicative di manifestazioni vulcaniche a carattere esplosivo (“Formazione Carlentini”, Grasso et al., 1982). Segue poi una F.ne calcarenitica-calcilutitica con faune abbondanti che in alto diventano oligotipiche (Cardidae), indicando ambienti a salinità anormale ed interpretabili come condizioni pre-evaporitiche analoghe a quelle registrate alla base della Serie Solfifera nel resto della Sicilia. Questo intervallo è stato denominato da Grasso et al. (1982) “F.ne M.te Carrubba”.

Il Dominio occidentale, invece, comprende la “F.ne Ragusa” (Rigo e Barberi, 1959), di età oligo-miocenica, formata da calcareniti marnose di ambiente profondo; segue in alto la “F.ne Tellaro” (Rigo e Barberi, 1959) costituita da marne con frazioni clastiche carbonatiche inferiori che indicano la persistenza di un ambiente marino profondo; nel settore centro orientale del plateau Ibleo la F.ne Tellaro passa superiormente e lateralmente alle calcareniti della “F.ne Palazzolo” (Rigo e Barberi, 1959).

In entrambi i settori in discordanza sui calcari miocenici o sulle vulcaniti plioceniche, poggiano le calcareniti giallastre grossolane ricche di organismi risalenti al Pleistocene medio-superiore. Il quadro paleogeografico della regione Iblea subisce un profondo cambiamento a partire dal Messiniano, quando termina il ruolo di “Alto” strutturale giocato dal Settore Orientale rispetto a quello Occidentale.



5 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

La Sicilia riveste un'importanza rilevante nell'ambito della tettonica e della geodinamica del Mediterraneo centrale, in quanto si trova tra l'avampaese africano a Sud-Est, il bacino tirrenico a Nord e il dominio ionico a Est.

L'assetto tettonico dell'isola comprende tre domini distinti: 1) il settore Sud-Orientale in cui affiora l'avampaese ibleo, di pertinenza africana, 2) l'area centrale in cui è presente un bacino di avanfossa, messo in evidenza da una notevole anomalia gravimetrica che ne denuncia l'elevato spessore dei sedimenti ed infine 3) la porzione settentrionale nella quale si nota un dominio di catena, con caratteristiche molto simili a quelle dell'Appennino meridionale con impilamento di falde a vergenza Sud-Est.

Dal punto di vista morfostrutturale, l'area essendo ubicata nel settore Nord-Orientale dell'Avampaese Ibleo, è caratterizzata da strutture ad “Horst e Graben”, formatesi nell'ambito di una tettonica distensiva manifestatasi secondo trends strutturali orientati NW-SE, leggermente immergenti verso NE. In particolare, l'area appartiene al Graben di Augusta ed è delimitata a N-NE dal pianoro di Monte Tauro, ad W dall'horst dei Monti Climiti (che delimita i confini del bacino idrogeologico in cui insiste l'area) e a S-SW dal mare.

Il sito in studio si colloca in corrispondenza di una naturale depressione costituita dal porto di Augusta; le zone strettamente a monte sono formate da horst strutturali (come l'horst di Monte Tauro) litologicamente costituiti dai terreni calcarei miocenici della F.ne M.te Climiti ricoperti in discordanza superiormente dalla successione dei terreni quaternari.



6 INQUADRAMENTO PAI

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, dall'art. 1 bis del D.L. 279/2000, e dalla L. 365/2000, è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico - operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Nell'attuale quadro della pianificazione regionale il P.A.I. è uno dei principali strumenti di tipo conoscitivo e normativo che ha valore di piano territoriale di settore di cui tutti gli altri piani di livello regionale e sub - regionale devono tenere adeguatamente conto, in particolare nella redazione degli strumenti urbanistici.

Questo strumento di pianificazione settoriale tende ad ottimizzare la compatibilità tra la domanda di uso del suolo e la naturale evoluzione geomorfologica del territorio, nel quadro di una politica di governo rispettosa delle condizioni ambientali. Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- la funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- la funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo;
- la funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio.

L'opera in progetto ricade nell'Area territoriale tra il Bacino del Fiume San Leonardo e il Bacino del fiume Anapo (092 - Tav. 641150)

L'analisi delle cartografie:

- Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione N.9
- Carta dei dissesti N.9
- Carta delle aree di esondazione per ipotetico collasso della diga N.9

ha evidenziato, per il sito in esame, l'assenza di pericolosità di natura geomorfologica ed idraulica; pertanto il sito risulta idoneo dal punto di vista degli aspetti presi in considerazione dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).



7 INQUADRAMENTO SIC-ZPS

L'area in studio non è compresa nell' Elenco dei siti di importanza comunitaria (S.I.C.) e delle zone di protezione speciali (Z.P.S.), individuati ai sensi delle direttive n. 92/43/CEE e 79/409/CEE.

I siti pertinenti della rete NATURA 2000 istituiti a norma della direttiva 79/409/CEE e 92/43/CEE recepite rispettivamente con la legge dell'11 febbraio 1992, n.157 e con il DPR dell'8 settembre 1997, n.357 come modificato dal DPR 12 marzo 2003 n.120, costituiscono aree designate per la protezione degli habitat e delle specie nelle quali mantenere o migliorare lo stato delle acque è importante per la loro protezione.

L'area d'intervento ricade in area sensibile dalla **ZPS ITA 090014 "Saline di Augusta"**, posta ad una distanza di 760 m.

L'intero territorio del SIC/ZPS ITA 090014 costituisce uno dei nodi della Rete Ecologica Siciliana. Le connessioni ecosistemiche riguardano principalmente quelle con altri nodi della Rete rappresentati dai SIC limitrofi (Fondali di Brucoli-Agnone, Cozzo Ogliastro, Monti Climiti, Saline di Priolo) (confronta tabella T1).

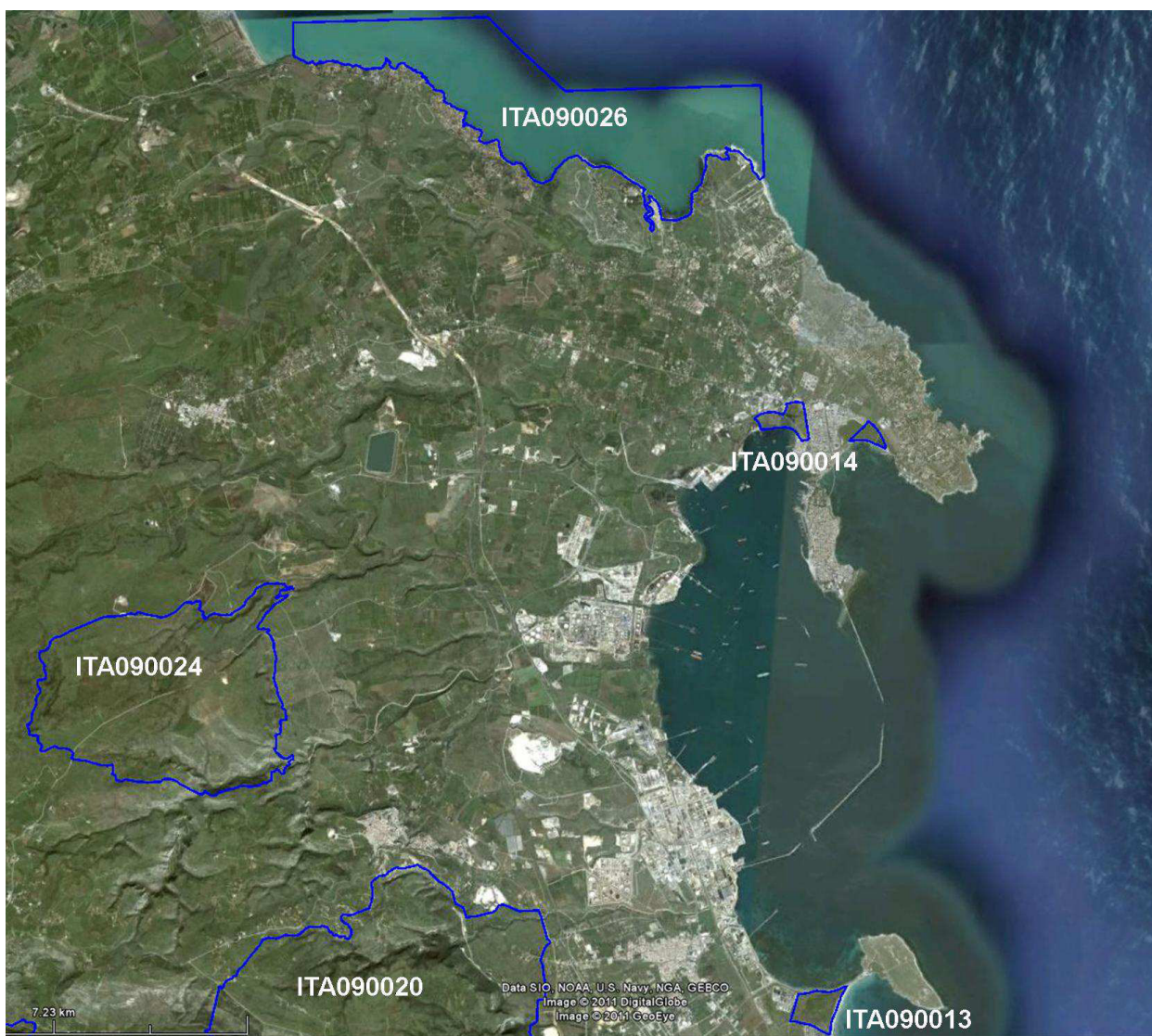
Area	Codice e Denominazione	Distanze
SIC	ITA090026 "FONDALI DI BRUCOLI - AGNONE"	4,3 km
SIC	ITA090024 "COZZO OGLIASTRI"	10 km
SIC	ITA090020 "MONTI CLIMITI"	10,3 km
SIC/ZPS	ITA090013 "SALINE DI PRIOLO"	10,2 km

T1 : elenco SIC limitrofi



In particolare, in virtù del fatto che le Saline di Augusta rappresentano un'area umida, il maggiore livello di connessione è con le Saline di Priolo, soprattutto per quanto riguarda gli spostamenti dell'avifauna.

Nelle figure seguenti (fig.2 e fig.2) sono individuate le aree SIC/ZPS oggetto di argomento.



F2 : Localizzazione Siti Natura 2000



F3 : Localizzazione ZPS ITA 090014 "Saline di Augusta"

Le Saline di Augusta sono un interessante ambiente palustre costiero interessato da acque salmastre, attualmente influenzato da varie attività antropiche, soprattutto urbanizzazione, inquinamento industriale. In passato questi pantani erano adibiti a saline in quanto i substrati argillosi e la vicinanza del mare permettevano tale sfruttamento. Sotto il profilo idrogeologico le Saline di Augusta sono alimentate da acque meteoriche e da acque marine, per infiltrazioni attraverso lo stretto cordone dunale e per apporto durante le mareggiate. Si tratta di acque salmastre soggette in parte al disseccamento estivo.

L'area è interessata da un clima termomediterraneo inferiore con precipitazioni medie annue di circa 500 mm e temperature medie annue di 18,4 °C. La vegetazione che vi si impianta è rappresentata da formazioni alofile perenni dei Sarcocornietea fruticosae, e annuali dei Thero-Suedetea. Frequente è pure la vegetazione sommersa dei Ruppietea e quella ad elofite dei Phragmito-Magnocaricetea.



8 ALTRI VINCOLI ESISTENTI

È stata effettuata una accurata analisi dei vincoli archeologici e paesaggistici insistenti sull'area. I vincoli esistenti nel comune di Augusta sono i seguenti:

— Vincoli archeologici

41/A/SR C.da Contera, Antica Megara Hiblea n. 643 del 15/04/87

59/A/SR C.da Campolato Grotte con deposito preistorico. N. 1799 del 21/04/89

67/A/SR C.da Fossa e Portabene. N. 4685 del 07/12/89

84/A/SR C.da Megara Hiblea. N 5165 del 27/01/93

— Vincoli paesaggistici

l'analisi della carta dei vincoli presa in visione presso gli uffici della Sovrintendenza di Siracusa ha evidenziato per l'area in esame il Vincolo Idrogeologico (Legge Galasso) e fascia costiera

— Vincoli idrogeologici

non sono riportati vincoli idrogeologici

— Parchi e riserve naturali

non sono riportati vincoli di questa natura

Tutte le aree vincolate a qualsiasi livello sono molto lontane dalla area di stretto interesse, non meno di 10 Km.

Inoltre, l'area oggetto dell'intervento afferisce nel **Piano all'Ambito Territoriale n. 17 “Rilievi e tavolato ibleo”**.

L'ambito individua un paesaggio ben definito nei suoi caratteri naturali ed antropici, di notevole interesse anche se ha subito alterazioni e fenomeni di degrado, particolarmente lungo la fascia costiera, per la forte pressione insediativa. Il tavolato ibleo, isola del Mediterraneo pliocenico, formato da insediamenti calcarei ed effusioni vulcaniche sui fondali marini cenozoici, mantiene l'unità morfologica e una struttura autonoma rispetto al resto della Sicilia.



L'ambito è caratterizzato da un patrimonio storico ed ambientale di elevato valore: le aree costiere che ancora conservano tracce del sistema dunale; gli habitat delle foci e degli ambienti fluviali (Irminio, Ippari); le caratteristiche “cave” di estremo interesse storico-paesistico ed ambientale; gli ampi spazi degli altipiani che costituiscono un paesaggio agrario unico e di notevole valore storico; le numerose ed importanti emergenze archeologiche che, presenti in tutto il territorio, testimoniano un abitare costante nel tempo. Due elementi sono facilmente leggibili nei rapporti fra l'ambiente e la storia: uno è l'alternarsi della civiltà tra l'altopiano e la fascia costiera. La cultura rurale medievale succede a quella prevalentemente costiera e più urbana che è dell'antichità classica, a sua volta preceduta da civiltà collinari sicule e preistoriche. L'altro elemento costante nel paesaggio, il continuo e multiforme rapporto fra l'uomo e la pietra: le tracce delle civiltà passate sono affidate alla roccia calcarea, che gli uomini hanno scavato, intagliato, scolpito, abitato, custodendo i morti e gli dei, ricavando cave e templi, edificando umili dimore e palazzi nobiliari e chiese.

Si possono individuare aree morfologiche e paesaggi particolari che mettono in evidenza i caratteri dell'ambito interessati da problematiche specifiche di tutela: la fascia costiera più o meno larga, gli altipiani mio-pliocenici e la parte sommitale dei rilievi. In esse sono presenti una ricca varietà di paesaggi urbani ed economico-agrari chiaramente distinti.

Di notevole valore e particolarità è il paesaggio agrario a campi chiusi caratterizzato da: un fitto reticolo di muretti a secco che identificano il territorio; seminativi e colture legnose, raramente specializzate spesso consociate, costituite da olivo, mandorlo (Netino) e carrubo; il sistema delle masserie, che ha qui un'espressione tipica, modello di razionalità basato sulla cerealicoltura e l'allevamento oltre che pregevole struttura architettonica. La presenza umana è documentata a partire dalla preistoria da necropoli di diversa consistenza situate spesso ai margini degli attuali abitati.

Le profonde incisioni delle “cave” sono una delle principali peculiarità del paesaggio degli altipiani. Le “cave” sono caratterizzate da pareti rocciose ripide e quasi prive di vegetazione e da fondivalle ricchi di vegetazione lungo i corsi d'acqua dove si trovano aree coltivate disposte su terrazzi artificiali. Storicamente sono state sempre aree privilegiate dagli insediamenti umani sin da tempi remoti.



9 CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area studiata ricadente nella Sicilia centro-orientale risulta caratterizzata da un bioclima diversificato, caratterizzato dalla fascia costiera ad andamento termo-mediterraneo secco che tende a divenire in alcune zone termo-mediterraneo sub-umido mentre le zone più interne presentano un clima ad andamento mesomediterraneo subumido.

In particolare, sono stati considerati gli elementi climatici temperatura e piovosità registrati presso le stazioni termopluviometriche e pluviometriche situate all'interno del territorio in cui ricade l'area in esame.

In tabella 2 sono riportate le stazioni termopluviometriche e pluviometriche considerate.

STAZIONE	ANNO DI INIZIO OSSERVAZIONE	STRUMENTO	QUOTA (m s.l.m.)
Augusta	1928	Pluviometro	11
Melilli	1923	Pluviometro	255
Siracusa	1868	Termo-Pluviometro	1.

T2 : Caratteristiche delle stazioni termo pluviometriche

Per l'analisi delle condizioni termometriche si è fatto riferimento soltanto ai dati registrati dalla stazione termopluviometrica di Siracusa (tabella T3).

STAZIONE	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	ANNO
Siracusa	11,8	11,9	13,1	15,4	19,0	22,9	25,8	25,7	23,1	19,8	15,8	12,8	18,1

T3 : Temperatura media mensile in gradi Celsius, per il periodo di osservazione 1965-1994

La limitata distribuzione delle stazioni termometriche non permette di evidenziare le eventuali variazioni presenti all'interno del territorio in cui ricade l'area. Infatti, prendendo in considerazione i dati termometrici rilevati nel periodo di un trentennio e confrontando i valori relativi alle medie mensili ed annuali, il territorio in esame mostra un andamento termico piuttosto regolare, con valori medi sempre inferiori ai 30 °C ed un valore medio annuo complessivo di 18.1 °C.

Per l'analisi delle condizioni pluviometriche, si è fatto riferimento ai dati registrati nelle 3 stazioni pluviometriche ricadenti all'interno del territorio in esame (tabella T4)

Stazione	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
Augusta	67,2	47,8	40,2	24,8	17,2	3,0	3,5	11,6	50,5	111,7	63,0	80,0	520,5
Melilli	90,3	65,3	58,7	34,0	28,0	5,7	7,1	12,7	55,2	116,3	77,1	116,7	667,1
Siracusa	53,5	40,9	30,4	22,4	14,3	4,3	5,2	13,2	40,7	91,0	58,4	77,7	452,0

T4 : Piovosità media mensile in mm, per il periodo di osservazione 1965-1994.



Dai dati pluviometrici raccolti è stato possibile evidenziare come la precipitazione media annua dell'intero territorio nel periodo di osservazione trentennale è di 548 mm, le variazioni riscontrate rientrano nell'andamento climatico medio della Sicilia sudoccidentale di tipo temperato-mediterraneo, caratterizzato da un periodo piovoso da ottobre ad aprile e minimi stagionali da giugno ad agosto.

Riguardo all'analisi delle classificazioni climatiche, attraverso l'uso degli indici sintetici, nell'area riscontriamo le seguenti situazioni:

- secondo Lang, l'area è caratterizzata da un clima steppico;
- secondo De Martonne, è caratterizzata da un clima temperato caldo;
- secondo Emberger, da un clima subumido;
- secondo Thornthwaite, da clima semiarido;
- secondo Rivas-Martinez da un clima termomediterraneo-secco superiore.

Gli indici che rispondono meglio alla reale situazione del territorio regionale sono quelli di De Martonne, di Thornthwaite e di Rivas-Martinez. L'indice di Lang tende infatti a livellare troppo verso i climi aridi, mentre Emberger verso quelli umidi.



10 INQUADRAMENTO SIN

Le aree a mare prospicienti l'area portuale di Augusta ricadono all'interno della perimetrazione del Sito di Interesse Nazionale di Priolo ai sensi della L. 426/98 e successive modificazioni e integrazioni.

La perimetrazione, aggiornata con DM 10 marzo 2006 (G.U. n.113 del 17/05/2006), comprende tutte le aree inquinate o potenzialmente inquinate appartenenti al sito di interesse nazionale di Priolo.

Il sito di Priolo fa parte di un gruppo di oltre 50 siti in Italia, di cui 4 in Sicilia, che sono stati dichiarati di interesse nazionale, per vari motivi connessi alla industrializzazione, allo sfruttamento o alla raffinazione di prodotti petroliferi, alla presenza nel terreno, nei sedimenti marini, nelle acque, superficiali, di falda, marine o fluviali di inquinanti chimici o organici, di origine prevalentemente antropica. Il Ministero dell'Ambiente, sentiti i comuni interessati, perimetra le aree direttamente o indirettamente inquinate, o potenzialmente inquinate, e le assoggetta a disciplina e normativa specifica per tutti gli scopi civili, commerciali e industriali.

Le aree perimetrate all'interno dei SIN sono sottoposte alla tutela del Ministero del Territorio e Ambiente, Dipartimento Tutela del Territorio e delle Risorse Idriche.

Il Ministero dell'Ambiente, con assistenza di ISPRA Roma e ARPA Sicilia, ha in corso una vasta campagna di caratterizzazione ambientale in terra, nelle acque interne e a mare consistente in sondaggi, prelievi ed analisi chimiche e organiche di campioni di terre e acque superficiali e profonde, e di bonifiche ambientali attualmente limitate ad alcune zone marine e industriali dell'area di Augusta e Priolo e dell'area dei Pantanelli a Siracusa (limitatamente a prelievi e analisi di acque dai canali di drenaggio) sia per la messa in sicurezza di terreni e aree marine, sia per l'effettiva decontaminazione e bonifica qualora terre o acque risultino inquinate.



11 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio interessa un'area costiera, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, strettamente connessa alla litologia e controllata da processi dinamici morfostrutturali.

In questo contesto trovano riscontro, dal punto di vista geomorfologico, le aree collinari che si smorzano procedendo, sempre verso Nord, interrotte da ampie zone peneplanate in cui affiorano i sedimenti di natura idroclastica la cui derivazione e messa in posto, come si evince dal termine stesso, è riconducibile all'azione fisiografica degli elementi che formano la primaria rete drenante di superficie (p.e. Fiume Marcellino).

L'elemento idraulico più importante è rappresentato da un canale posto a nord dell'area e che ne costituisce il limite superiore.

Le sue portate sono dipendenti dal regime pluviometrico della zona.

L'altro corpo idrico superficiale principale è costituito dal Fiume Marcellino, la cui area territoriale idrografica di appartenenza è rappresentata dai bacini dei fiumi Anapo e S. Leonardo.



Le indagini sono state articolate in:

- Esecuzione di n°3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti fino a 45 metri di profondità (S 1, S7 e S40bis). Il sondaggio S40 bis è stato eseguito da pontone a mare. La lunghezza del sondaggio è stata determinata a partire dal fondo del mare.
- Esecuzione di oltre 50 sondaggi di caratterizzazione ambientale e geostratigrafica spinti fino alla profondità di 10 metri, a partire dal fondo del mare.
- Per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs nel sottosuolo ai fini della sua classificazione, sono state eseguite n.2 prove sismiche attive tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) per la valutazione delle curve di dispersione delle onde superficiali di Rayleigh, l'analisi dei dati nel dominio F-K(frequency-wave number) e la restituzione dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs
- Prove down hole nei sondaggi S1 e S7
- Rilievo stratigrafico dei litotipi attraversati;
- Esecuzione di n°2 prove penetrometriche statiche CPTA in corrispondenza dei punti di perforazione S1, S7;
- Prelievo di n°5 campioni indisturbati;
- Analisi presso i laboratori autorizzati dell'Università di Catania dei campioni per la determinazione delle caratteristiche meccaniche principali e della permeabilità delle argille.
- Rilievo morfobatimetrico dei fondali con tecnologia sub bottom profiler

Le indagini sono state condotte seguendo le "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche; AGI-1977".

Il posizionamento dei punti di indagine è stato condotto sotto il diretto controllo della direzione dei lavori.

Di seguito vengono espone le modalità tecniche delle indagini, e le caratteristiche dei macchinari e delle strumentazioni utilizzate.



12.1 PERFORAZIONE A CAROTAGGIO CONTINUO

La perforazione a carotaggio continuo è stata eseguita al fine di conoscere in modo completo, sia in terra che a mare da un pontone appositamente attrezzato, la stratigrafia del sottosuolo prelevando, senza soluzione di continuità, campioni litologicamente rappresentativi del terreno (carote) lungo le verticali investigate.

Per l'esecuzione dei sondaggi, è stata utilizzata una sonda idraulica cingolata con testa di rotazione azionata da motore idraulico a coppia variabile e cambio meccanico.

Le modalità di perforazione a carotaggio (velocità di avanzamento, velocità di rotazione, pressione della spinta esercitata sull'utensile, pressione del fluido di circolazione) sono state continuamente adattate al fine di rendere minimo il disturbo indotto nei terreni carotati, e di avere la massima percentuale di carotaggio possibile.

Le perforazioni sono state condotte a rotazione e carotaggio utilizzando prevalentemente un carotiere semplice Ø 101 mm con corona widia, con l'ausilio di minime quantità di fluido di circolazione.

Per evitare franamenti delle pareti del foro si è provveduto a far seguire la perforazione da tubazione di rivestimento Ø 127 mm, spinta a rotazione con circolazione di fluido opportunamente additivato.

I sondaggi sono stati spinti rispettivamente fino alla profondità di 45 m dal piano di campagna (S1, S7), 45 m dal fondo del mare. (S40 bis) e 10 metri dal fondo del mare (tutti i sondaggi di caratterizzazione ambientale e geostratigrafica).



12.2 CAMPIONAMENTO DEL TERRENO

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati dei campioni rappresentativi dei terreni attraversati. In funzione della tecnica di campionamento, del tipo di consistenza del terreno, le carote sono state estratte e conservate in apposite cassette e i campioni indisturbati, tralasciando la parte corticale del sedimento (terreno vegetale e limi superficiali) sono stati prelevati

Campioni CI Indisturbati nei terreni a consistenza plastica (prelevati in fustella)

12.2.1 Carote Di Terreno

Le carote estratte nel corso della perforazione a carotaggio continuo sono state riposte in apposite cassette catalogatrici, munite di coperchio e scomparti divisorii, sulle quali sono stati riportati: la denominazione del sondaggio, il numero della cassetta e le quote progressive di prelievo delle carote. Le cassette catalogatrici sono state singolarmente fotografate e riposte in cantiere.

12.2.2 Campioni Indisturbati

I campioni indisturbati sono stati prelevati esclusivamente in corrispondenza dei litotipi a consistenza terrosa mediante attrezzature e tecniche di prelevamento particolari in grado di garantire una migliore qualità del campionamento.

In considerazione delle caratteristiche di consistenza dei terreni attraversati il prelievo dei campioni indisturbati è stato effettuato mediante campionatore aperto a parete sottile del tipo SHELBY.

Il campionatore Shelby è costituito da un tubo in acciaio zincato ($\varphi=85.6$ mm; $S=1.5$ mm; $L=560$ mm; Coefficiente di parete $C_p<13\%$; Coefficiente d'ingresso $C_i<1$), munito di scarpa tagliente, collegato alle aste attraverso una “testina” dotata di una valvola a sfera e di un serbatoio per contenere la parte sommitale deteriorata del campione.

L'avanzamento del campionatore nel terreno è stato effettuato, in una sola manovra, per infissione a pressione attraverso la batteria di aste. Ad infissione completata le aste sono state leggermente ruotate per staccare il campione dal terreno.

I campioni indisturbati, paraffinati alle estremità e protetti con appositi tappi, sono stati sigillati indicando la denominazione del punto di indagine, la quota di prelievo, e la numerazione progressiva con prefisso CI.



12.3 RILIEVO DEI TERRENI PERFORATI

12.3.1 RILIEVO STRATIGRAFICO DEL SONDAGGIO

Il rilievo stratigrafico del sondaggio è stato ricavato dall'esame diretto dei campioni di terreno (carote) contenute nelle cassette catalogatrici, indicando tutti quei dati oggettivi rilevabili mediante osservazione diretta e semplici prove di cantiere.

Nel corso delle perforazioni è stata costantemente rilevata la percentuale di carotaggio estratta. La percentuale di carotaggio è un indice che esprime il valore del recupero di materiale lungo la verticale del sondaggio, definito dal seguente rapporto:

$$\text{Percentuale di Carotaggio} \quad LC = \frac{\text{Lunghezza reale della carota prelevata}}{\text{Lunghezza teorica della carota}} \times 100$$

I valori relativi alla percentuale di carotaggio sono stati indicati nelle apposite colonne stratigrafiche di ogni sondaggio.

Si rimanda agli appositi elaborati per l'analisi delle colonne stratigrafiche dei sondaggi geognostici e ambientali-stratigrafici, dati sui campioni prelevati, planimetrie contenenti ubicazione dei sondaggi, risultati delle analisi, indagini morfobatimetriche, sezioni geostratigrafiche e geostrutturali eseguite in corrispondenza dei sistemi di confinamento della vasca di colmata in progetto.



12.4 PROVE GEOTECNICHE IN FORO

12.4.1 PROVE CPT

Nel corso delle perforazioni si è provveduto all'esecuzione di prove penetrometriche statiche con apposita attrezzatura e contrasto di 5 tonnellate

La prova penetrometrica statica, o CPT (Cone Penetration Test), è una prova eseguita in situ per poter determinare la stratificazione e le proprietà meccaniche del terreno. È indicata per tutti i terreni, tranne depositi ghiaiosi o terreni sabbiosi molto addensati.

Sviluppato negli anni '50 in Olanda, è oggi in Italia uno dei più usati ed accettati test di campagna. Uno dei principali vantaggi della CPT è la possibilità di ottenere dei dati in continuo. La prova consiste nell'infissione di una punta di forma conica (angolo di 60°, superficie di 10 cm², diametro di 35.7 mm, eventuale manicotto di superficie laterale di 150 cm²) all'interno del terreno. Durante l'avanzamento della punta, che avviene a velocità costante pari a 2 cm/s, vengono misurati la resistenza alla penetrazione della punta (qc) e l'attrito laterale (fs). Eventualmente è possibile utilizzare un manicotto scorrevole per la misura della resistenza laterale locale Rl. In questo caso la prova consisterà di un avanzamento di 4 cm del solo cono con spinta delle aste interne e misura di qc, seguito dall'avanzamento di 4 cm del cono e del manicotto e misura di Rl ed infine avanzamento di 12 cm dell'intera punta per ritornare alla posizione iniziale, senza nessuna misura.

Su penetrometro utilizzato è stato inoltre montato un sensore elettrico, o trasduttore di pressione che consentono di misurare la pressione interstiziale (in questo caso si parla di CPTU) o accelerometri che permettono la registrazione di una sorgente sismica, in genere applicata al piano campagna (in questo caso si parla di S-CPTU).

Tutte le prove eseguite sono state interrotte per rifiuto alla penetrazione a pochi metri di profondità a causa della forte consolidazione delle argille.



13 SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

L'area oggetto di studio interessa un'area costiera, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, strettamente connessa alla litologia e controllata da processi dinamici morfostrutturali.

In questo contesto trovano riscontro, dal punto di vista geomorfologico, le aree collinari che si smorzano procedendo verso Nord, interrotte da ampie zone peneplanate in cui affiorano i sedimenti di natura idroclastica la cui derivazione e messa in posto, come si evince dal termine stesso, è riconducibile all'azione fisiografica degli elementi che formano la primaria rete drenante di superficie (Fiume Marcellino, la cui area territoriale idrografica di appartenenza è rappresentata dai bacini dei fiumi Anapo e S. Leonardo.).

Nell'ambito della tettonica e della geodinamica del Mediterraneo centrale, la Sicilia, e quindi anche il territorio comunale di Augusta, riveste un'importanza rilevante in quanto si trova tra l'avampaese africano a Sud-Est, il bacino tirrenico a Nord e il dominio ionico a Est.

L'assetto tettonico dell'isola comprende tre domini distinti: 1) il settore Sud-Orientale in cui affiora l'avampaese ibleo, di pertinenza africana, 2) l'area centrale in cui è presente un bacino di avanfossa, messo in evidenza da una notevole anomalia gravimetrica che ne denuncia l'elevato spessore dei sedimenti ed infine 3) la porzione settentrionale nella quale si nota un dominio di catena, con caratteristiche molto simili a quelle dell'Appennino meridionale con impilamento di falde a vergenza Sud-Est.

Dal punto di vista morfostrutturale, l'area essendo ubicata nel settore Nord-Orientale dell'Avampaese Ibleo, è caratterizzata da strutture ad "Horst e Graben", formatesi nell'ambito di una tettonica distensiva manifestatasi secondo trends strutturali orientati NW-SE, leggermente immergenti verso NE. In particolare, l'area appartiene al Graben di Augusta ed è delimitata a N-NE dal pianoro di Monte Tauro, ad W dall'horst dei Monti Climiti (che delimita i confini del bacino idrogeologico in cui insiste l'area) e a S-SW dal mare.

Il sito in studio si colloca in corrispondenza di una naturale depressione costituita dal porto di Augusta; le zone strettamente a monte sono formate da horst strutturali (come l'horst di Monte Tauro) litologicamente costituiti dai terreni calcarei miocenici della F.ne M.te Climiti ricoperti in discordanza superiormente dalla successione dei terreni quaternari.

La successione litostratigrafica dei luoghi in esame, ricostruita attraverso i sondaggi eseguiti, riguarda sia i terreni di primo substrato riscontrati sulla terraferma sia quelli relativi allo specchio acqueo.

Sono esclusi dalla trattazione i livelli di suolo vegetale e riporto presenti sulla terraferma messi in posto a seguito delle opere di sistemazione, bonifica e livellamento eseguite nel corso del tempo per l'urbanizzazione anche portuale dell'area.

La stratigrafia dell'area in studio è stata resa possibile grazie al riscontro delle colonne stratigrafiche ottenute a seguito dell'esecuzione dei sondaggi certificati (ai sensi del D.M 14/01/08) S1, S7 e S40 bis e confermata dai risultati di tutti i sondaggi ambientali eseguiti le cui stratigrafie sono state di supporto ed integrative alle informazioni geologiche già acquisite con le colonne stratigrafiche certificate.



In particolare i sondaggi georeferenziati certificati S1 (Est 517882 – Nord 4121491) (profondità 45 m dal p.c.) e S7 (Est 518104 – Nord 4121811) (profondità 45 m dal p.c.) sono stati effettuati sulla terraferma, mentre il sondaggio georeferenziato certificato S40bis (Est 518409 – Nord 4121625) (profondità 35 m dal piano fondale) è stato eseguito mediante pontone nello specchio acqueo in corrispondenza della prevista banchina containers est.

I restanti sondaggi ambientali realizzati a mare, di supporto ai sondaggi certificati, sono stati presi come riferimento per la ricostruzione della stratigrafia al di sotto delle future opere a mare, consistenti nelle banchine containers e nella banchina di testata ed in generale lungo l'intero perimetro del previsto palancolato impermeabile.

13.1 TERRAFERMA

Complessivamente, la successione stratigrafica dei luoghi in studio può essere così schematizzata, pur riscontrando variazioni stratigrafiche locali:

- Limi sabbiosi debolmente argillosi poco consistenti (Limi)
- Argille giallastre (Argille)
- Argille grigio azzurre (Argille)

Limi

Si tratta di un livello di limi brunastri sulla terraferma e di colore grigiastro al di sotto del mare debolmente argillosi con ricca presenza di trovanti calcarenitici, fibre vegetali, frammenti di bivalvi e policheti.

I terreni limo-argillosi ricoprono il fondale con spessori discontinui (da pochi metri fino a 7-8 m). Dal punto di vista geologico sono dei sedimenti attuali e rappresentano prodotti di deposizione fluviale provenienti dal vicino fiume Mulinello che ha carattere di regime torrentizio.

A causa delle condizioni di sotto consolidazione sono del tutto trascurabili in termini di capacità portante e inconsistenti dal punto di vista geotecnico.

E' possibile anche riscontrare alluvioni ghiaioso-sabbiose, prive delle frazioni limo-argillose e portate dal vicino Torrente Mulinello: hanno una potenza consistente nelle immediate vicinanze del Torrente; il banco va però rapidamente scomparendo allontanandosi dalla foce dove lascia il posto ad un banco di argille gialle.

Argille

Al di sotto dei Limi i terreni attraversati da tutte le perforazioni sono costituiti dalle Argille di colore grigio-azzurro al taglio fresco, mediamente consolidate, talvolta con lenti discontinue di sabbie e livelletti limosi.

La porzione superficiale giallastra è invece debolmente alterata ed ha inglobata una maggiore percentuale di sedimenti granulari limoso - sabbiosi disposti in lamine centimetriche. Durante la sua sedimentazione si sono, a



più riprese, verificati fenomeni di mobilitazione gravitativa di depositi non ancora consolidati ("correnti di torbida"), ripetutisi in tempi successivi a causa di movimenti tettonici accompagnati da sismi.

In tempi successivi, le "Argille siciliane", sono state sollevate, grazie alla tettonica recente, al di sopra del mare, presentando un andamento stratigrafico solitamente sub-orizzontale, con blande ondulazioni rilevabili solo a grande scala; arealmente affiorano diffusamente al di sotto del livello mare. Il loro spessore, accertato attraverso i sondaggi, è certamente superiore ai 35 m; da dati di letteratura e da pozzi presenti nelle vicinanze lo spessore di questa formazione risulta comunque superiore ai 100 metri.

La permeabilità di questa formazione è mediamente bassa o nulla: solo alcuni corpi detritici inclusi nell'ammasso argilloso possiedono caratteristiche di discreta permeabilità, ma il loro andamento tipicamente lenticolare impedisce un'efficiente alimentazione, per mancanza di continuità idraulica.

La giacitura generale dei litotipi rivela una lieve immersione verso Est (lato mare), mentre diviene per lo più pendente procedendo verso Sud in considerazione della prevalente frazione argilloso-limosa, con evidenti caratteri di trasgressione rispetto alla sottostante sequenza calcarenitica. L'accertamento delle loro caratteristiche meccaniche ha denotato elevati valori della resistenza meccanica.

In particolare, le caratteristiche meccaniche delle argille variano rapidamente con la profondità passando da valori modesti a valori anche elevati. Verso il basso questo orizzonte evolve in modo graduale verso un banco di argilla grigia molto compatta di notevole spessore, caratterizzato da un elevato grado di sovraconsolidazione ed ottime proprietà meccaniche.

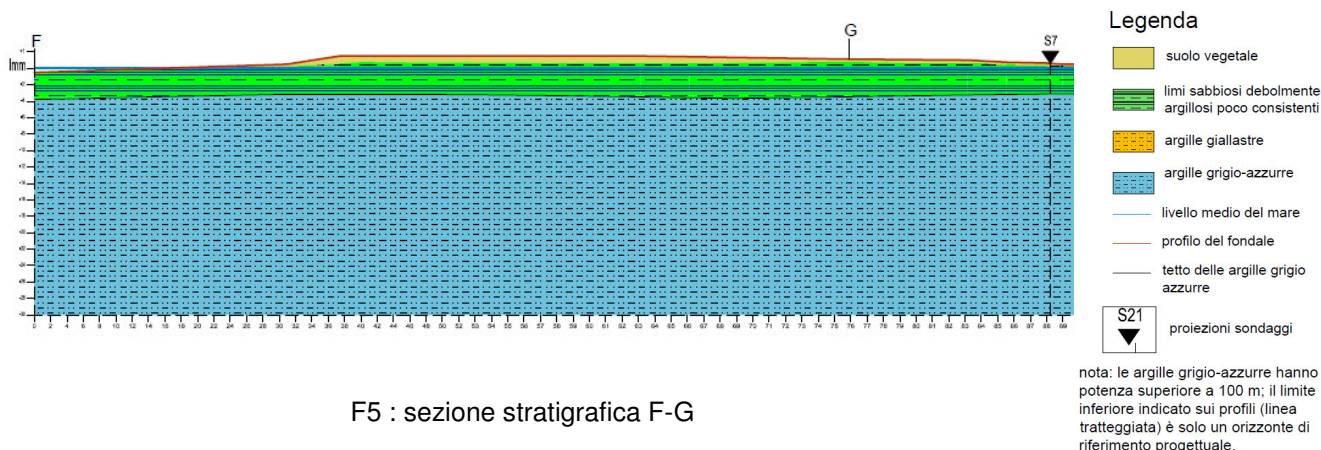
A corredo delle stratigrafie sono state eseguite prove di laboratorio sui campioni argillosi.

Le argille costituiscono la parte integra della formazione argillosa di substrato, ritenuta la più idonea a ricevere le sollecitazioni indotte dai carichi di progetto.

Nel complesso, ribadiamo, le argille possiedono un notevole grado di sovraconsolidazione e ottime caratteristiche meccaniche.

In definitiva, le stratigrafie evidenziate e le sezioni stratigrafiche da esse derivate possono mostrare modeste variazioni di qualità composizionale, tessiturale e di profondità, ma l'assetto geostratigrafico e strutturale dell'area di progetto, ancorché complicato da anisotropie stratigrafiche, è estremamente chiaro e mostra, in substrato, unicamente terreni argillosi fortemente consolidati, molto solidi e stabili (fig.5).

Lo spessore delle argille supera in questa zona i 100 (cento) metri.



Dal punto di vista idrogeologico, i terreni del fondale marino sono costituiti da un orizzonte di limi argillosi costituenti un discreto acquifero permanente, mentre il letto è formato da terreni appartenenti a successioni argillose di permeabilità molto bassa dell'ordine di 10^{-9} - 10^{-10} cm/s ($K= 10^{-11}$ m/s) (come hanno accertato le prove edometriche eseguite su campioni di argille con limo debolmente sabbiose e di limi con argille sabbiose) .

13.2 SPECCHIO ACQUEO

La reale successione litostratigrafica dello specchio acqueo in studio, verificabile nelle colonne stratigrafiche, può essere così schematizzata, pur riscontrando variazioni stratigrafiche locali:

- **Limi argillosi molto plastici (Limi)**

I limi affiorano sul fondo del mare dell'area di stretto interesse (confronta stratigrafie ambientali) quasi dappertutto con esiguo spessore compresi tra zero e circa 8 metri, poco consistenti e trascurabili in termini di capacità portante, i terreni attraversati dalla perforazione sono costituiti dalle Argille di colore grigio-azzurro al taglio fresco, mediamente consolidate, talvolta con lenti discontinue di sabbie e livelletti limosi.

- **Argille grigio azzurre (Argille)**

La porzione superficiale giallastra è invece alterata e ed ha, inglobata una maggiore percentuale di sedimenti granulari limoso - sabbiosi disposti in lamine centimetriche.

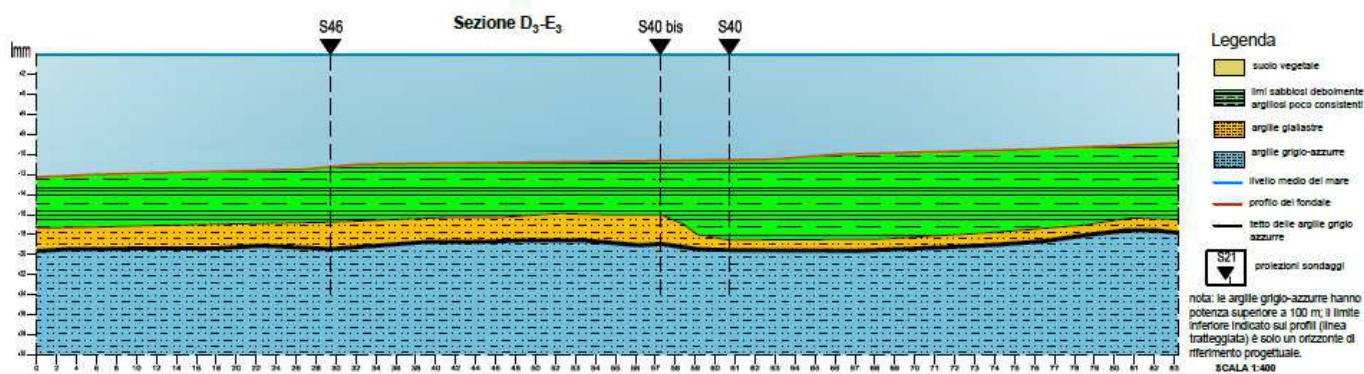
Durante la sua sedimentazione si sono, a più riprese, verificati fenomeni di mobilitazione gravitativa di depositi non ancora consolidati ("correnti di torbida"), ripetutisi in tempi successivi a causa di movimenti tettonici accompagnati da sismi.



In seguito a questi rimaneggiamenti si sono formati, localmente, accumuli lenticolari di fossili ed in periodo più recente, banchi e letti di brecce di rocce vulcaniche, anch'esse rimaneggiate.

E' da sottolineare che le Argille ridepositate in ambiente sottomarino non subiscono una ossidazione e conservano perciò il loro colore grigio azzurro caratteristico.

In tempi successivi, le "Argille siciliane", sono state sollevate, grazie alla tettonica recente, al di sopra del mare, presentando un andamento stratigrafico solitamente sub-orizzontale, con blande ondulazioni rilevabili solo a grande scala, arealmente affiorano diffusamente al di sotto del livello mare e sono state peraltro oggetto di accertamenti diretti; il loro spessore, accertato mediante attraverso i sondaggi è certamente superiore ai 40 m; da dati di letteratura e da pozzi presenti nelle vicinanze lo spessore di questa formazione risulta comunque superiore ai 100 metri(fig.6).



F6 : sezione stratigrafica D3-E3

La permeabilità di questa formazione è mediamente bassa o nulla: solo alcuni corpi detritici inclusi nell'ammasso argilloso possiedono caratteristiche di discreta permeabilità, ma il loro andamento tipicamente lenticolare impedisce qualsiasi tipo di circolazione, per mancanza di continuità idraulica.

La giacitura generale dei litotipo rivela una lieve immersione verso Est (lato mare), mentre diviene per lo più pendente procedendo verso Sud in considerazione della prevalente frazione argilloso-limosa, con evidenti caratteri di trasgressione rispetto alla sottostante sequenza calcarenitica. L'accertamento delle loro caratteristiche meccaniche ha denotato elevati valori della resistenza meccanica.

In particolare, le caratteristiche meccaniche delle argille variano rapidamente con la profondità passando da valori modesti a valori anche elevati. Verso il basso questo orizzonte evolve in modo graduale verso un banco di argilla grigia molto compatta di notevole spessore, caratterizzato da un elevato grado di sovraconsolidazione ed ottime proprietà meccaniche.

A corredo delle stratigrafie sono state eseguite prove di laboratorio sui campioni argillosi.



14 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

I terreni superficiali rilevati sulla terraferma sono costituiti prevalentemente da termini alluvionali di natura limo-argillosa permeabili per porosità primaria ($10^{-3} < K < 10^{-5}$ cm/s).

La coltre superficiale è formata da terreni di livellamento e di riporto costituiti nel loro complesso prevalentemente da elementi lapidei grossolani a composizione calcarea in matrice ghiaiosa con presenza di inclusi eterometrici.

I terreni del fondale marino sono costituiti da un esiguo orizzonte di limi argillosi presenti nella zona a mare dotati di caratteristiche meccaniche complessivamente scadenti.

Il letto, affiorante a pochissimi metri dal piano di campagna è formato da terreni appartenenti a successioni argillose di permeabilità molto bassa dell'ordine di $10^{-9}/10^{-11}$ cm/s.

In funzione delle caratteristiche di impermeabilità delle argille di substrato non esiste circolazione idrica superficiale o profonda, con eccezione della possibile imbibizione temporanea, in caso di piogge, della coltre superficiale rimaneggiata. La circolazione non interessa la formazione delle argille.



15 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

La pericolosità sismica di un territorio va intesa come la stima dello scuotimento del suolo previsto in un certo sito durante un certo periodo di tempo a causa dei terremoti.

La progettazione di strutture in zona sismica, a parità di criteri progettuali e metodi di verifica, assume, per una stessa costruzione, una forte differenziazione a seconda del sito dove viene edificata. Appare evidente infatti che la progettazione sia influenzata in maniera determinante dalla probabilità che ha il sito, in un determinato periodo di tempo, di essere soggetto ad eventi sismici di una certa magnitudo. Per poter eseguire una corretta progettazione strutturale è allora necessario conoscere questo livello di pericolosità sismica della zona dove si andrà ad edificare la struttura. Operativamente le informazioni che quantificano le probabilità che i terremoti di una certa magnitudo, con specifico periodo di ritorno, colpiscano le varie zone di un territorio, costituiscono la classificazione sismica. Per essa si intende appunto una suddivisione del territorio nazionale in zone alle quali vengono attribuiti valori differenziali del grado di sismicità, atti a definire il livello di rischio sismico per le costruzioni che in esse sono edificate. Per questo motivo la classificazione sismica viene anche chiamata mappa della pericolosità sismica.

In Italia la normativa in merito è stata aggiornata con l'Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".

L'aspetto di maggiore rilievo introdotto dall'Ordinanza 3274 è costituito senza dubbio dai nuovi criteri di classificazione sismica del territorio nazionale, necessari proprio per coprire questa grave lacuna lasciata irrisolta dalla normativa precedente.

L'Ordinanza suddivide a tal fine l'intero territorio nazionale in quattro zone di sismicità, individuate in base a valori decrescenti di "accelerazioni massime" al suolo



zona sismica 1
zona sismica 2
zona sismica 3
zona sismica 4

F7 : zone di sismicità



Per queste zone le norme indicano quattro valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. In particolare ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo la tabella seguente:

Zona Sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

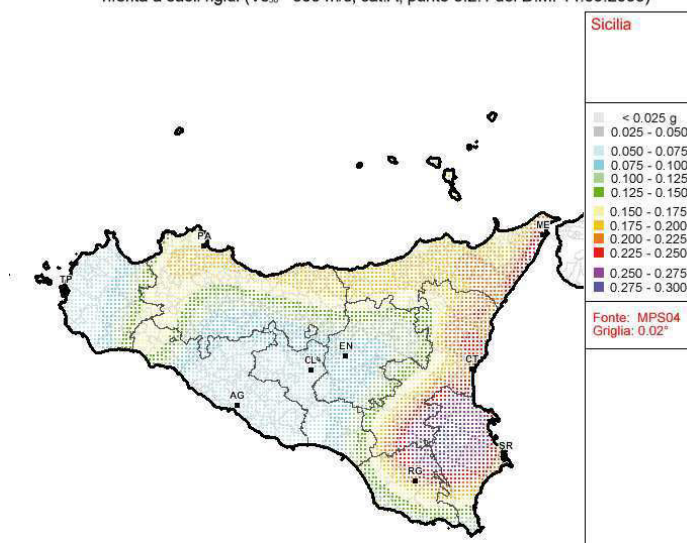
L'assegnazione di un territorio ad una delle quattro zone suddette avviene mediante le valutazioni di a_g (con tolleranza 0,025g) rappresentate in termini di curve di livello con passo 0,025g.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)
 espressi in termini di accelerazione massima del suolo
 con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
 riferita a suoli rigidi ($V_{s,0} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)



L'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azione sismica, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni. L'obiettivo fondamentale della norma è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi della Protezione Civile. Rispetto alla normativa nazionale precedente, basata su concetti di carattere convenzionale e puramente prescrittivi, l'Ordinanza 3274 punta a favore di una impostazione esplicitamente



prestazionale, nella quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge vengono dichiarati, ed i metodi utilizzati allo scopo (procedure di analisi strutturale e di dimensionamento degli elementi) vengono singolarmente giustificati. A tal fine, novità di assoluto rilievo, è l'adozione di un solo e unico metodo per le procedure di calcolo e verifica strutturale, il “metodo agli stati limite”, con il conseguente abbandono definitivo del “metodo delle tensioni ammissibili”.

Il territorio di Augusta, in virtù del Decreto Ministeriale LL. PP. n°314 del 14 Novembre 1981 concernente “L'aggiornamento delle zone sismiche della Regione Sicilia” è stato definito di classe 2.

La caratterizzazione sismica e il modello del sottosuolo dell'area di stretta pertinenza sono riportate nella relazione geotecnica.



16 DEFINIZIONE DEL TETTO DELLE ARGILLE AZZURRE

Definizione tetto delle argille grigio-azzurre

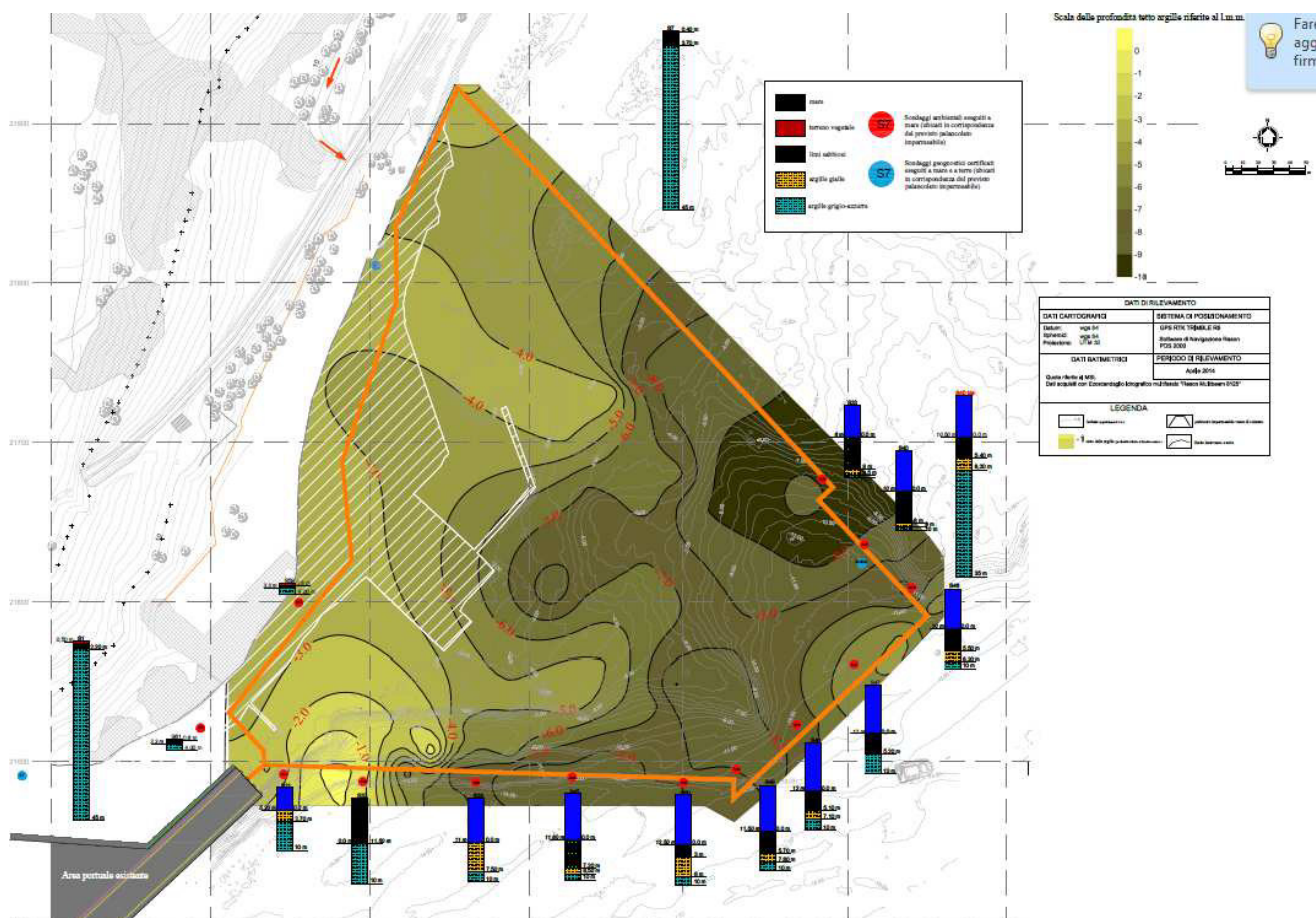
Il tetto delle argille grigio-azzurre con permeabilità inferiore a 10^{-9} cm/s ($K= 10^{-11}$ m/s) è stato definito incrociando i seguenti dati:

- I tre sondaggi certificati S1-S7 eseguiti a 45 m e S40 bis eseguito a 35 m di profondità a partire dal fondo del mare, nell'area in studio;
- sondaggi ambientali e geostatigrafici eseguiti nell'area interessata;
- rilievi eseguiti con sub-bottom profiler.

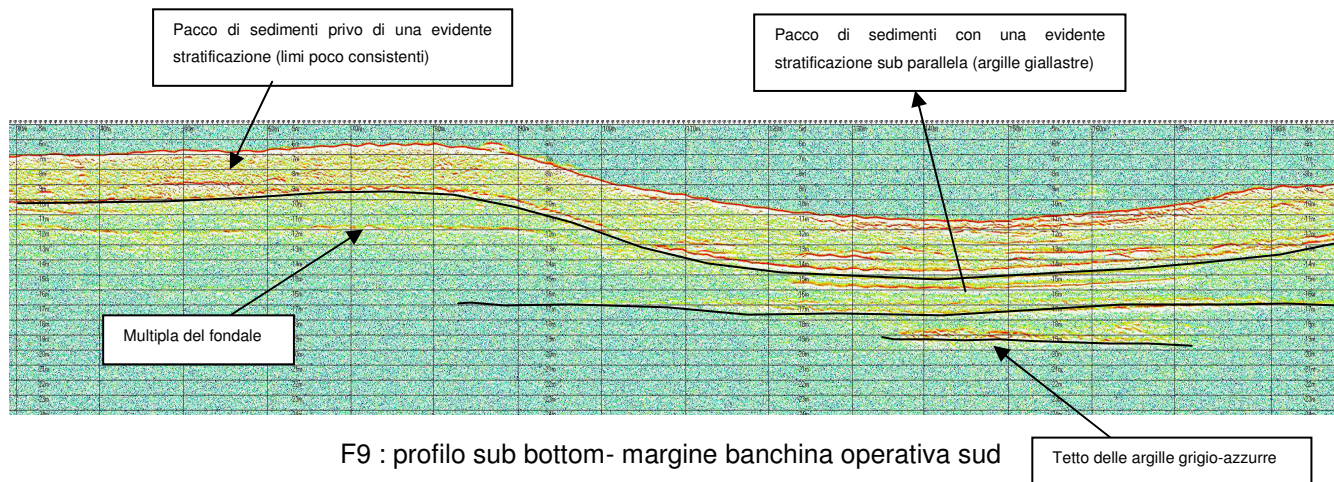
L'incrocio delle stratigrafie ottenute dai tre metodi ha permesso la definizione numerica e planimetrica del tetto delle argille, da cui sono state ricavate le sezioni in corrispondenza del previsto palancoleto a mare e sulla terraferma. In funzione della necessità di affondare il sistema di palancole per almeno 1 m per ottenere la prescritta impermeabilizzazione della vasca di colmata, particolare cura è stata utilizzata per la definizione del tetto delle argille grigio-azzurre e del suo andamento planimetrico.

In particolare sono state esaminate tutte le stratigrafie disponibili e, prudenzialmente, il tetto delle argille azzurre è stato considerato nel punto più basso della fascia di transizione tra argille gialle e argille grigio-azzurre (fig.8), ed il valore ottenuto è stato ulteriormente corretto in basso in funzione dei risultati delle sezioni ottenute con il sub-bottom profiler (fig.9).

Poiché il contatto tra argille grigio-azzurre e gialle non è mai netto e definito è stata eliminata tutta la fascia di transizione in modo da essere certi che il tetto delle argille grigio-azzurre venga disegnato, prudenzialmente, più in basso rispetto a quello reale in modo da supplire ad una eventuale sia pure improbabile variazione di quota. Il numero e la densità dei sondaggi ed il confronto con i profili sub bottom infatti ci danno la più ampia garanzia della esistenza del tetto alla quota disegnata.



F8 : planimetria a curve di livello del tetto delle argille riferito al sondale marino



F9 : profilo sub bottom- margine banchina operativa sud

In allegato al progetto la planimetria del tetto delle argille a curva di livello e le sezioni stratigrafiche eseguite in corrispondenza di tutti i margini della vasca di colmata che evidenziano il tetto delle argille.



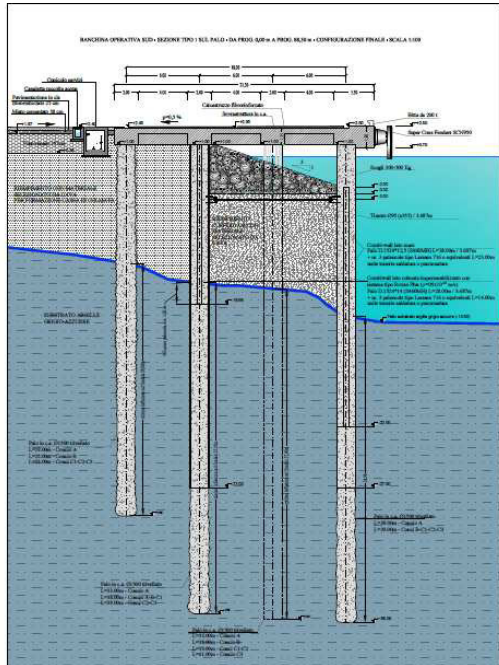
17 CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE SUI TERRENI DELL'AREA PORTUALE

Pur rimandando al geotecnico le opportune deduzioni circa le proprietà geotecniche dei terreni interessati da questa progettazione, non possiamo non fare alcune considerazioni geologico-tecniche sui materiali in studio. L'esame delle stratigrafie e delle risultanze delle prove di laboratorio consente di affermare che le uniche litologie presenti nell'area portuale, al di fuori di un esiguo livello di Limi di scarsa importanza geotecnica, sono rappresentate dalle Argille. Escludiamo da queste considerazioni i Limi intercettati attraverso i sondaggi per spessori modesti: essi presentano caratteristiche meccaniche scadenti con valori di resistenza assolutamente modesti e ne asseriamo l'assoluta inidoneità all'utilizzo come terra di fondazione. Si ritiene perciò corretta progettualmente la soluzione di utilizzare strutture fondazionali profonde da attestare nelle Argille. Considerata la variabilità di rinvenimento del tetto delle argille le fondazioni profonde dovranno essere attestate all'interno della formazione argillosa. In definitiva, le stratigrafie evidenziate e le sezioni stratigrafiche da esse derivate possono mostrare variazioni di qualità composizionale, tessiturale e di profondità, ma l'assetto geostratigrafico e strutturale dell'area di progetto, ancorché complicato da anisotropie stratigrafiche, è estremamente chiaro e mostra, in substrato, unicamente terreni argillosi fortemente consolidati. Le palificazioni previste saranno ammorsate nel corpo della formazione argillosa, molto solida e stabile, in grado di sopportare carichi anche gravosi senza apprezzabili deformazioni verticali. I calcoli relativi fanno parte della relazione geotecnica. Le argille grigio azzurre sono dotate di permeabilità quasi assente ($K = 10^{-11}$). Il tetto delle argille azzurre è stato disegnato in una planimetria a curve di livello sotto l'orizzonte limoso e il debole strato di argille gialle che ne mostra l'andamento pressoché regolare.

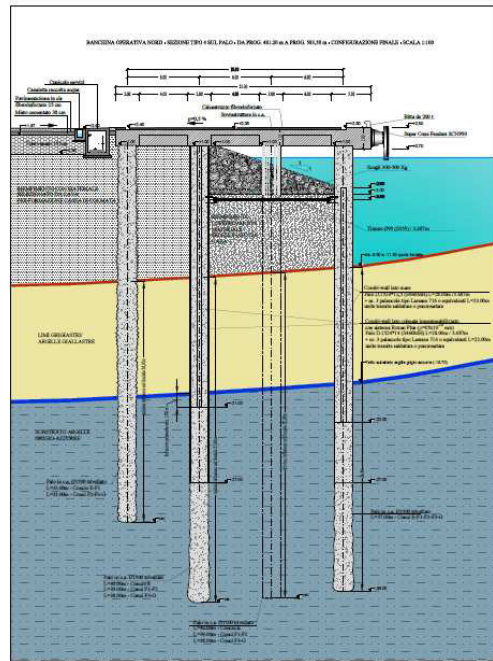
Le sezioni geostratigrafiche e geostrutturali tracciate in corrispondenza dei margini della vasca di colmata in progetto definiscono con esattezza il tetto delle argille impermeabili, e la progettazione delle palancole di isolamento idraulico della vasca debbono essere infisse almeno per un metro nella formazione di argille così definita, in modo da garantire la impermeabilità del sistema vasca di colmata e l'impossibilità di trasmissione idraulica o di materiali solidi dall'una o dall'altra parte del confinamento (fig.10-11-12-13).



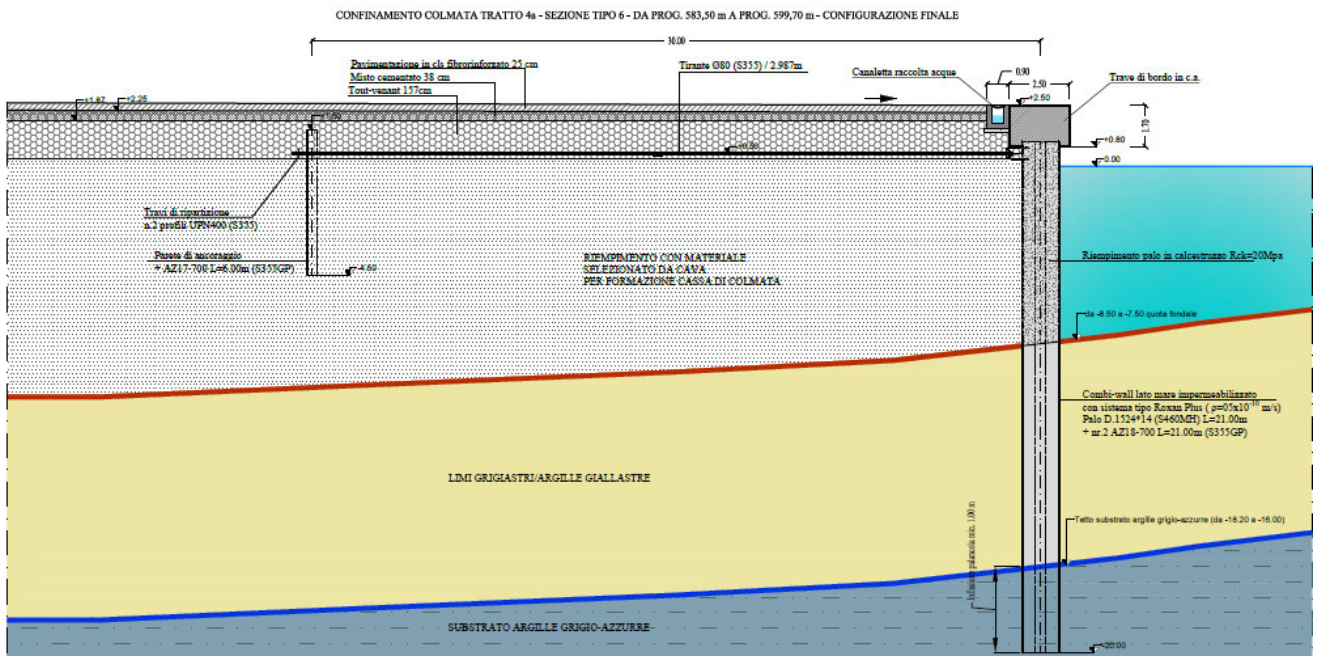
PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO
Relazione geologica esecutiva



F10 : sezione tipo banchina Sud



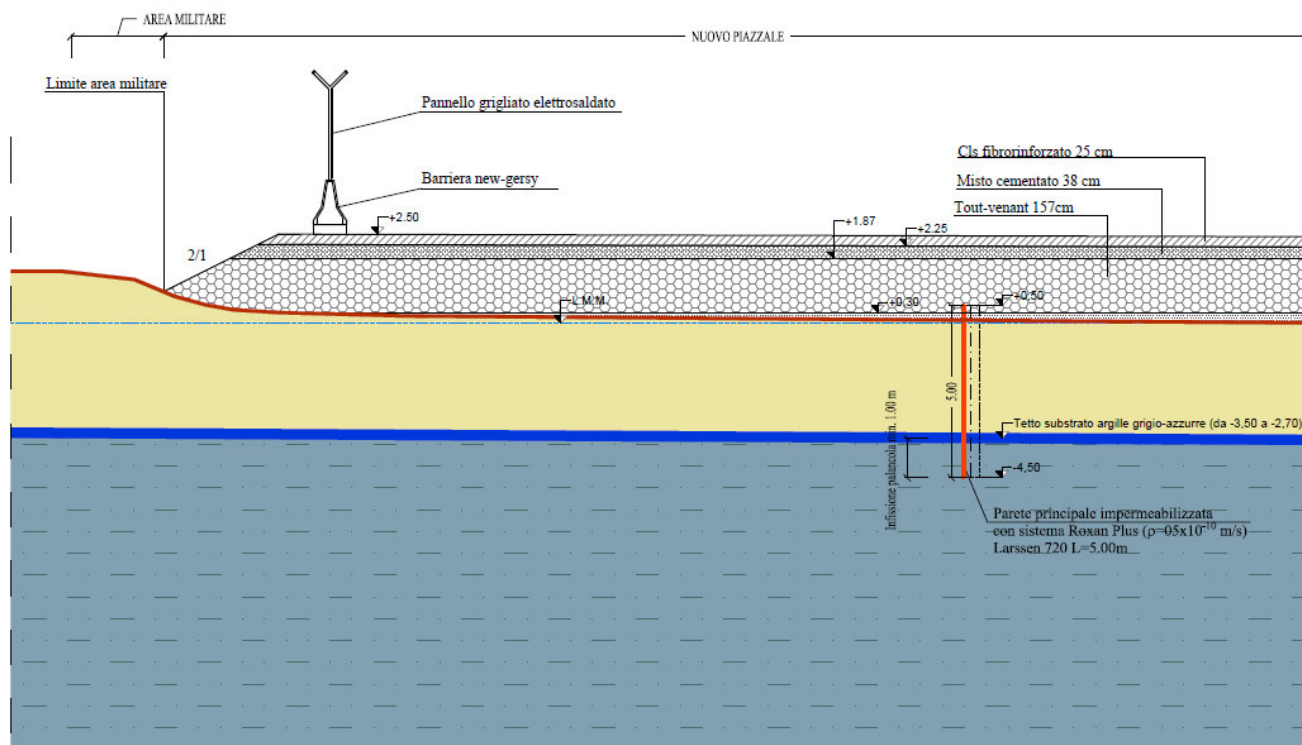
F11 : sezione tipo banchina Nord



F12 : sezione tipo confinamento colmata



CONFINAMENTO COLMATA TRATTO A TERRA - SEZIONE TIPO 11 - CONFIGURAZIONE FINALE - SCALA 1:100



F13 : sezione tipo confinamento colmata lato terra

In definitiva non esistono azioni morfogenetiche attive, con particolare riferimento alla zona interessata dallo specchio acqueo oggetto di intervento, i terreni di substrato garantiscono portanza e impermeabilità superiori a quelle minime di progetto.

La vasca di colmata, impermeabilizzata da idonee strutture palancolate ammassate nelle argille azzurre su tutto il perimetro della stessa e le fondazioni su pali delle banchine, profondamente ammassati nelle argille azzurre, garantiscono l'assoluta efficienza del sistema in progetto.

Il Geologo
(Dott.ssa M. Giompapa)



REPORT SONDAGGI GEOGNOSTICI



Roma 10.10.2014
Prot.

**PROGETTO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE
RELATIVO ALLE OPERE DI PRIMO STRALCIO ESECUTIVO
“CON ESCLUSIONE DELL’AREA DELLA MARINA MILITARE”
E DI SECONDO STRALCIO DEFINITIVO DEL PORTO
COMMERCIALE DI AUGUSTA TERZA FASE – BANCHINE CONTAINERS**

*INDAGINI INTEGRATIVE
PORTO DI AUGUSTA*

TREERRE S.p.a
Ing. Leonardo Fasoli

1. INDAGINI INTEGRATIVE

Con la presente la TREERRE S.p.A., con sede in Roma Viale Pasteur n.65 – C.F./P.IVA 05210341003, rappresenta che sono state svolte, nell'ambito del progetto del Porto Commerciale di Augusta terza fase, le indagini integrative, volte a caratterizzare, dal punto di vista geotecnico, le aree di sedime e di suolo che saranno interessate dalla costruzione dell'ampliamento del Porto Commerciale di Augusta.

L'ubicazione dei sondaggi è visibile dalla planimetria qui di seguito rappresentata:

Fig. 1



Le campagne di indagine si è suddivisa in due sondaggi a terra, denominati **S1** e **S7**, e un sondaggio a mare denominato **S40 bis**.

Le indagini effettuate nei singoli sondaggi sono le seguenti:

nel sondaggio **S1** e **S7** sono state effettuate:

- perforazione ad andamento verticale, fino alla profondità di 45,00 m da p.c., eseguita a rotazione a carotaggio continuo, del diametro di 101 mm, con relativa certificazione della colonna stratigrafica dei litotipi attraversati nel singolo sondaggio redatta in scala adeguata. (All. 1 - 2)
- Prelievo di campioni indisturbati (es. carotiere Shelby), compatibilmente con la natura dei terreni, durante i sondaggi a rotazione, con campionatore a pareti sottili spinto a pressione, diametro minimo 85 mm.
- Prova scissometrica discontinua (Vane Test) per la misurazione della resistenza al taglio non drenata in sito eseguita durante i sondaggi a rotazione.

Profondità indagate da p.c.:

sondaggio S1: VT1 5,00m, VT2 14,00m, VT3 25,00m p.c., VT4 35,00m p.c., VT5 45,00m p.c.

(All. 1 - 2)

sondaggio S7: VT1 9,50m p.c., VT2 20,00m p.c., VT3 29,00m p.c., VT4 non effettuata (All. 1 - 2)

- Prova penetrometrica CPT statica elettrica con piezocono con penetrometro avente capacità di spinta da 20 tonnellate, equipaggiato per la misura e la registrazione automatica e continua della resistenza di punta qc, di attrito laterale fs, e della pressione interstiziale U. (All. 5-6-7)

Sondaggio S1: profondità prima misura 0.72m da p.c., profondità max raggiunta 12,34m da p.c.

Sondaggio S7: profondità prima misura 0.42m da p.c., profondità max raggiunta 9,18m da p.c.

- Sondaggio sismico in foro del tipo **Down - Hole** eseguito con geofono tridirezionale posto alla quota di misura, apparecchiatura elettronica multicanale ad alta precisione, energizzazione in superficie con opportuno procedimento atto a generare onde di compressione P e di taglio S polarizzate a 180°, ottenute con dispositivo simmetrico, lettura dei primi arrivi, compreso di analisi dei dati e relativa interpretazione effettuata con il metodo dell'inversione di fase rilevata sulle registrazioni dei segnali, la costruzione dei profili 1D dei moduli elastici, il calcolo del Vs30 e relazione riepilogativa. La predisposizione della prova, in foro di sondaggio precedentemente realizzato, comprende l'utilizzo di tubazione in HDPE di sezione circolare spessore > 3 mm e diametro interno compreso fra 90 e 100 mm, in spezzoni di 3 metri da assemblare mediante manicotti di giunzione e successiva cementazione in foro eseguita sulla parte vuota, generatasi tra il tubo in HDPE e il terreno, eseguita a bassa pressione con idonea miscela e l'installazione, attorno al tratto superiore del tubo di prova, di un tubo di protezione in acciaio o PVC pesante, provvisto di un coperchio -in acciaio- dotato di lucchetto.

Sondaggio S1: indagata una profondità di 45m da p.c. (All. 3-4)

Sondaggio S7: indagata una profondità di 45m da p.c. (All. 3-4)

nel sondaggio effettuato nella parte a mare, **S40 bis**, sono state svolte le seguenti indagini:

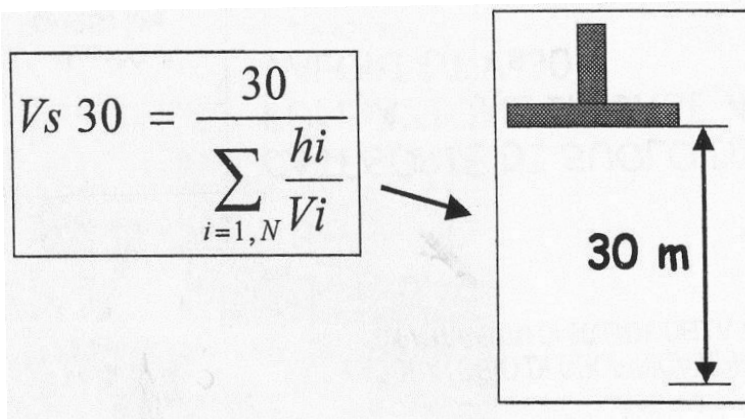
- perforazione ad andamento verticale, fino alla profondità di 35,00 m da p.c., eseguita a rotazione a carotaggio continuo, del diametro di 101 mm, con relativa certificazione della colonna stratigrafica dei litotipi attraversati nel singolo sondaggio redatta in scala adeguata. (All.8)
- Prelievo di campioni indisturbati (es. carotiere Shelby), compatibilmente con la natura dei terreni, durante i sondaggi a rotazione, con campionatore a pareti sottili spinto a pressione, diametro minimo 85 mm.

2. Descrizione delle prove e attrezzature usate

2.1. Sismica in foro con metodologia Down Hole

Le prove down-hole vengono eseguite allo scopo di ricostruire la colonna sismo-stratigrafica nelle immediate vicinanze del foro d'indagine misurando la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità. Il metodo prevede l'inserimento di un ricevitore (geofono triassiale) in un foro di sondaggio appositamente attrezzato, e la generazione di fronti d'onda dalla superficie, in prossimità del bocca-foro.

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente alla orientazione di uno dei due trasduttori orizzontali). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (P) che si propagano in profondità per compressione-dilatazione e vengono registrate al meglio dal geofono verticale. Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde S o di taglio (moto delle particelle sollecitate ortogonale alla direzione di propagazione), visibili



$$V_s 30 = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

The diagram illustrates the calculation of the Vs30 parameter. On the left, a box contains the formula: $V_s 30 = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$. An arrow points from this formula to a schematic diagram on the right. The schematic shows a vertical borehole with a depth of 30 meters, indicated by a double-headed arrow. At the top of the borehole, there is a horizontal bar representing the ground surface, with a vertical line extending upwards from its center, likely representing a seismic source or receiver.

Fig. 2 Relazione utilizzata per il calcolo del parametro visibili Vs30

principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente. Queste ultime, avendo velocità inferiori a quelle compressive raggiungono la terna geofonica quando già il fronte d'onda P è transitato. Questo passaggio costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda trasversale. Per migliorare il rapporto fra l'energia



dell'onda compressiva e l'energia dell'onda trasversale a favore di quest'ultima, si esegue una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. Questa procedura permette poi, in fase di elaborazione dati di poter eseguire il confronto delle singole forme d'onda acquisite con la forma d'onda elaborata tramite la sottrazione delle onde relative alle acquisizioni trasversali. In pratica nelle registrazioni energizzate con percussione orizzontale, sottratte le registrazioni "battuta destra e battuta sinistra", il primo arrivo sarà costituito principalmente dalle onde di taglio poiché le onde compressive, provocate durante l'energizzazione tenderanno, con l'operazione differenza, a ridursi in ampiezza, mentre le onde di taglio (che invertono in polarità a seconda della direzione di battuta) tenderanno a sommarsi aumentando così l'ampiezza.

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le quote di misura nel foro. In particolare vengono raggruppate in un unico sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni verticali (Onde P) e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali (Onde S).

Il calcolo delle velocità, essendo misure acquisite con terna geofonica singola si esegue con il metodo delle dromocrone secondo cui, ad ogni cambio di pendenza dell'involuppo dei tempi di primo arrivo, corrisponde una variazione di velocità dei terreni attraversati.

I risultati e le relative correlazioni numeriche sono illustrati in allegato. Per minimizzare l'errore insito nel metodo, non vengono calcolate le velocità per ogni quota di misura, ma attraverso l'analisi delle dromocrone vengono individuati strati omogenei per i quali si calcolano i valori medi.

Dai valori delle velocità sismiche delle onde di taglio calcolate e riportate nella tabella dei risultati, è possibile ottenere anche il valore di V_{s30} calcolato secondo la formula sopra esplicitata (Fig. 2). Per il calcolo dei parametri elastici dei terreni indagati, si sono assunti valore di densità relativa ricavati da dati bibliografici prevalentemente basati su dati sperimentali di laboratorio.

I software utilizzati per il processamento dei dati sismici sono stati:

- WINDownHole (picking)
- Microsoft Windows Excel (processing).

2.2. Strumentazione

Sismografo

L'apparecchiatura d'indagine utilizzata da GeoTirreno S.r.l. per l'esecuzione di indagini sismiche a rifrazione è costituita da: sismografo Seismic Source, Modello DAQLink III, 24 canali, con risoluzione di acquisizione a 24 bit, avente le seguenti caratteristiche tecniche:



- Conversion A/D: convertitori sigma delta ad alta velocità a 24 bit;
- Rumore di fondo: 0.2 microVolt RMS (a 2 msec);
- Precisione trigger: +/- 1 microsecondo a qualsiasi frequenza di campionamento;
- Intervallo di campionamento: da 0.0208 a 16,0 millisecondi;
- Frequenza di campionamento: da 48.000 a 62.5 campioni/secondo;

L'attrezzatura per prove sismiche è completata da:

- 1 set di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 10 Hz;
- 1 set di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz;
- 1 set di 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 10 Hz;
- 2 coppie di cavi sismici, passo 2,0 e 5,0 m, dotati ognuno di 12 take out.

Sorgente onde sismiche

La generazione delle onde di compressione “P”, delle onde di taglio “S”, e delle onde di superficie, avviene mediante idonei strumenti di contrasto, utili per enfatizzare prevalentemente la propagazione delle diverse tipologie di perturbazione elastica. Per quanto riguarda le onde trasversali S, la sorgente è costituita da un trave che viene colpita lateralmente con una massa pesante, solitamente una mazza da 10 kg per gli stendimenti di modesta lunghezza (fino a 60 m circa), o un pendolo da 30 kg per gli stendimenti di lunghezza superiore. Nel caso delle onde longitudinali (onde P) o di superficie (onde di Rayleigh), l'onda elastica si genera percuotendo il terreno con una mazza da 8 kg, per stese di modesta lunghezza, oppure, nel caso di stendimenti più lunghi, con gravi di massa adeguata, o anche con un fucile sismico.

La recente Legge Quadro sui Lavori Pubblici ha fatto propria la circolare del Ministero delle Infrastrutture - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale che prevede che le attività di indagine geognostiche e prove di laboratorio geotecniche e geomeccaniche vengano eseguite da imprese con concessione certificata dallo stesso Servizio Tecnico.

Le norme tecniche di riferimento sono state pertanto adottate anche per le indagini all'oggetto.

2.3. Prova CPT, Penetrometriche statiche - elettrica con piezocono

Piezoconi

<i>Produttore:</i>	TecnoPenta S.r.l.	<i>Modello:</i>	G1 CPL SISMI
<i>Anno di costruz.:</i>	2009	<i>Matricola:</i>	100409

Punta - Manicotto

<i>Diametro:</i>	35,70 mm	<i>Area base cono:</i>	10,00 cm²
<i>Area netta:</i>	6,60 cm²	<i>Altezza manicotto:</i>	133,70 mm
<i>Sup. manicotto:</i>	150,00 cm²	<i>Area sup. manicotto:</i>	2,22 cm²
<i>Area inf. manicotto:</i>	3,31 cm²	<i>Lunghezza totale:</i>	600,00 mm
<i>Peso complessivo:</i>	3,0 kg		

Sensori di resistenza alla punta

<i>Sensori:</i>	8 estensimetri 350Ω	<i>Fondo scala:</i>	500 kg (50 MPa)
<i>Risoluzione:</i>	0,1 kg/cm²	<i>Precisione:</i>	< ± 1% F.S.
<i>Minimo misurabile:</i>	-13 kg/cm²	<i>Deriva termica:</i>	< ± 0,05% F.S./°C

Sensori di resistenza laterale

<i>Sensori:</i>	8 estensimetri 350Ω	<i>Fondo scala:</i>	5 kg (500 kPa)
<i>Risoluzione:</i>	0,01 kg/cm²	<i>Precisione:</i>	< ± 2% F.S.
<i>Minimo misurabile:</i>	-0,55 kg/cm²	<i>Deriva termica:</i>	< ± 0,05% F.S./°C
<i>Influenza qc su fs</i>	> 1,5% F.S. di fs		

Sensori di pressione neutrale

<i>Sensori:</i>	trasduttore piezoresistivo	<i>Fondo scala:</i>	20 bar (2000 kPa)
<i>Risoluzione:</i>	0,01 bar	<i>Precisione:</i>	0,02±0,05 bar
<i>Minimo misurabile:</i>	-2,0 bar	<i>Deriva termica:</i>	< ± 0,05% F.S./°C
<i>Filtro poroso:</i>	bronzo poroso (granuli bronzo sintetico Ø μm)	<i>Altezza filtro:</i>	6,0 mm

Avanzamento

<i>Sensore:</i>	potenziom. 10 giri 10kΩ	<i>Risoluzione:</i>	1,0 mm
<i>Precisione:</i>	< ±1,0% della lettura	<i>Corsa:</i>	120 mm

Cavo - Aste - Rivestimenti

<i>Diametro:</i>	9,00 mm	<i>Schermatura:</i>	rame stagnato, copertura 80%
<i>Guaina:</i>	poliuretano, ral 1021	<i>Conduttori:</i>	10*, 14 mm²
<i>Aste:</i>	aste cave, Øext. 35,70 mm, Øint. 15,50 mm, lunghezza 1000 mm		
<i>Rivestimenti:</i>	tubi in acciaio N80, 73x10 (Øext. 73,00 mm, spessore 10,0 mm, Øint. 53 mm),		

	lunghezza 900 mm, filetto maschio/femmina passo rapido 4 spire per pollice
--	--

2.4. Penetrometro Deep Drill SP200 SM

Il dispositivo impiegato per l'esecuzione delle indagini penetrometriche è il penetrometro multifunzione statico/dinamico semovente, modello SP200 SM, capace di una spinta di 200 kN (20 ton), progettato e prodotto da Deep Drill S.r.l., di cui si riportano le caratteristiche tecniche (Tab. 1).

<i>Gruppo motore</i>	centralina oleodinamica azionata da un motore "Briggs & Stratton" a scoppio, bicilindrico, 4 tempi, 16Hp di potenza, ad avviamento elettrico;
<i>Dispositivo d'infissione</i>	due pistoni idraulici a doppio effetto capaci di generare una spinta di 20 t;
<i>Sistema di ancoraggio</i>	chiavi idrauliche dotate delle funzioni di spinta e rotazione che infiggono nel terreno due eliche continue, alle quali in caso di necessità possono essere aggiunte aste di prolunga della lunghezza di 900 mm;
<i>Carro cingolato</i>	carro semovente con cingoli gommati

Tab. 1 Principali caratteristiche tecniche del penetrometro semovente Deep Drill Sp200.

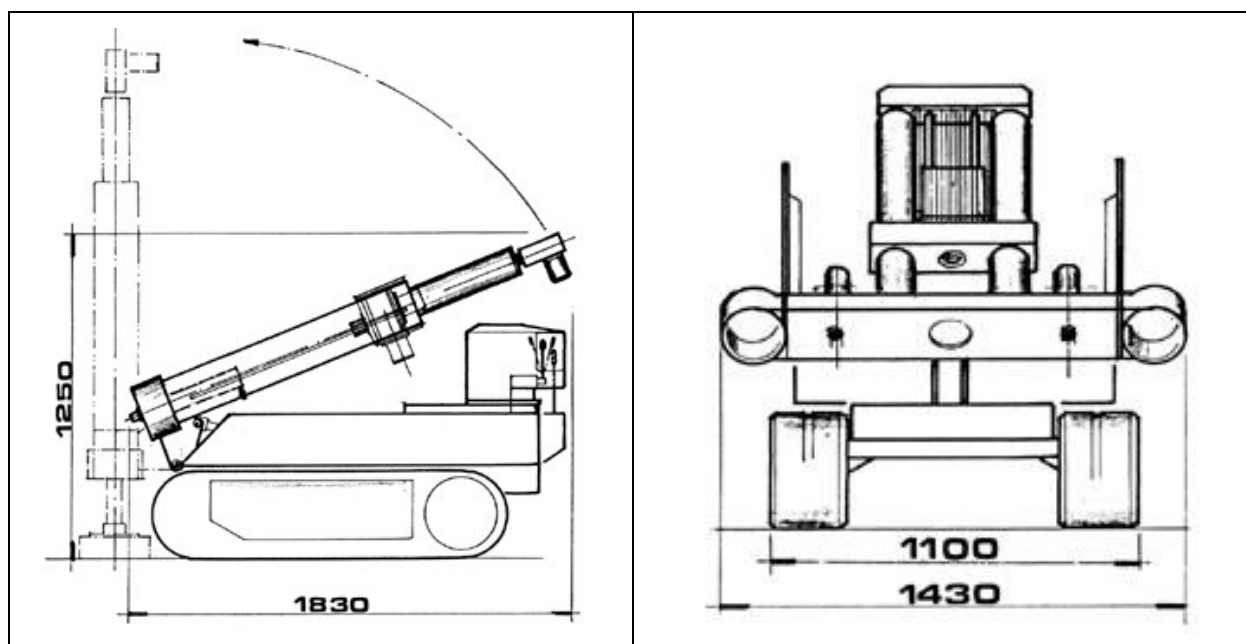


Fig. 2 Ingombri penetrometro Deep Drill SP200.

Software di elaborazione

<i>Nome programma:</i>	CPTeT-IT Vers. 1.6.068	<i>Produttore:</i>	Geologismiki
<i>Nome programma:</i>	Excel 2008	<i>Produttore:</i>	Microsoft

Restituzione dati

Parametri misurati		Parametri derivati	
<i>Cone resistance</i>	q_c	<i>Corrected cone resistance</i>	q_t

Sleeve friction f_s	Friction ratio	R_f
Pore pressure u	Normalized cone resistance	Q_t
Inclinazione: -	Pore pressure ratio	B_q
Velocità avanzamento: -	Soil Behaviour Type	SBT
	Soil Classification Index	$*I_c$

Prove eseguite

CPT-S1

Denominazione:	S1	Piezocono:	100409
Responsabile:	Dott. Luigi Allacorta	Quota ortometrica:	-
Tecnico:	Luca Bigongiari	Marea:	-
Esecuzione:	2 settembre 2014	Profondità 1 ^a misura:	0,72 m da p.c.
Posizione filtro	base cono (U₂)	Profondità raggiunta:	12,34 m da p.c.
Saturazione:	grasso al litio	Friction reducer	no

Fuori zero

	Inizio prova	Fine prova
Cone resistance:	-0,16 MPa	nd
Sleeve friction:	+0,50 kPa	nd
Pore pressure:	+3,30 kPa	nd
Inclinometer 1:	+0,7°	nd
Inclinometer 2:	-0,9°	nd

CPT-S7

Denominazione:	CPT-02	Piezocono:	100409
Responsabile:	Dott. Luigi Allacorta	Quota ortometrica:	-
Tecnico:	Luca Bigongiari	Marea:	-
Esecuzione:	2 settembre 2014	Profondità 1 ^a misura:	0,42 m da p.c.
Posizione filtro	base cono (U₂)	Profondità raggiunta:	9,18 m da p.c.
Saturazione:	olio silconico 100cS	Friction reducer	no

Fuori zero

	Inizio prova	Fine prova
Cone resistance:	-0,35 MPa	n.d.
Sleeve friction:	-3,10 kPa	n.d.
Pore pressure:	-1,00 kPa	n.d.
Inclinometer 1:	-0,2°	n.d.
Inclinometer 2:	+0,2°	n.d.



La recente Legge Quadro sui Lavori Pubblici ha fatto propria la circolare del Ministero delle Infrastrutture - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale che prevede che le attività di indagine geognostiche e prove di laboratorio geotecniche e geomeccaniche vengano eseguite da imprese con concessione certificata dallo stesso Servizio Tecnico.

Le norme tecniche di riferimento sono state pertanto adottate anche per le indagini all'oggetto.

3. Report attività indagini geofisiche

Dal 01/09/2014 al 03/09/2014

Committente		Contratto	
Descrizione dei lavori	Indagini geognostiche integrative		
	Personale impiegato/coordinante: Angelo Laudani Luca Bigongiari Allacorta Luigi	Luogo dei lavori: Porto di Augusta	
Attrezzature: CPT DEEP DRILL SP200 SM; Punta piezocono Tecnopenta; Sismografo DAQLink 3 Seismic Source 24 canali; Geofono BGK5 Geotomographie; Strumentazione varia.			

DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA':

Prova Down Hole: S1

Data	Time	Operations summary	Condizioni meteo
01/09/2014	11,30/16,30	Installazione del geofono triassiale da foro nel tubo PER UN TOTALE DI: 45 mt generazione di fronti d'onda dalla superficie, in prossimità del bocca-foro con una mazza da 8 kg registrazione delle onde generate	Sereno/mare calmo

Prova CPTU: S7

Data	Time	Operations summary	Condizioni meteo
02/09/2014	7,00/12,30	Posizionamento sul punto, Ancoraggio al terreno mediante chiavi idrauliche, Penetrazione ad andamento verticale, Misurazione in realtime dei parametri: Cone resistance Sleeve friction Pore pressure rifiuto a 12,34 metri di penetrazione	Sereno

Prova CPTU: S1

Data	Time	Operations summary	Condizioni meteo
02/09/2014	14,30/17,00	Posizionamento sul punto, Ancoraggio al terreno mediante chiavi idrauliche, Penetrazione ad andamento verticale, Misurazione in realtime dei parametri: Cone resistance Sleeve friction Pore pressure rifiuto a 12,34 metri di penetrazione	Sereno

Prova Down Hole: S7

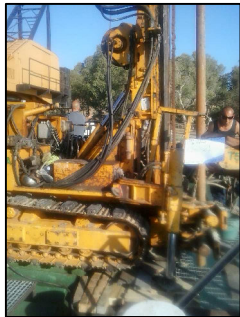
Data	Time	Operations summary	Condizioni meteo
03/09/2014	7,00/11,30	Installazione del geofono triassiale da foro nel tubo PER UN TOTALE DI: 45 mt generazione di fronti d'onda dalla superficie, in prossimità del bocca-foro con una mazza da 8 kg registrazione delle onde generate	Sereno/Parzialmente nuvoloso

ALLEGATI

- All. n. 1: sondaggio S1 – certificazione colonna – prova scissometrica – report fotografico
- All. n. 2: sondaggio S7 – certificazione colonna – prova scisso metrica – report fotografico
- All. n. 3: DH S1
- All. n. 4: DH S7
- All. n. 5: CPTU risultati e parametri
- All. n. 6: CPTU overlay - report
- All. n. 7: CPTU plot - report
- All. n. 8: sondaggio S40 bis – certificazione colonna – report fotografico

**SONDAGGI EFFETTUATI IN DATA 02/08/2014 ALLA
PRESENZA DEL DR. M. MAGRO E DELLA COMMITTENZA.**

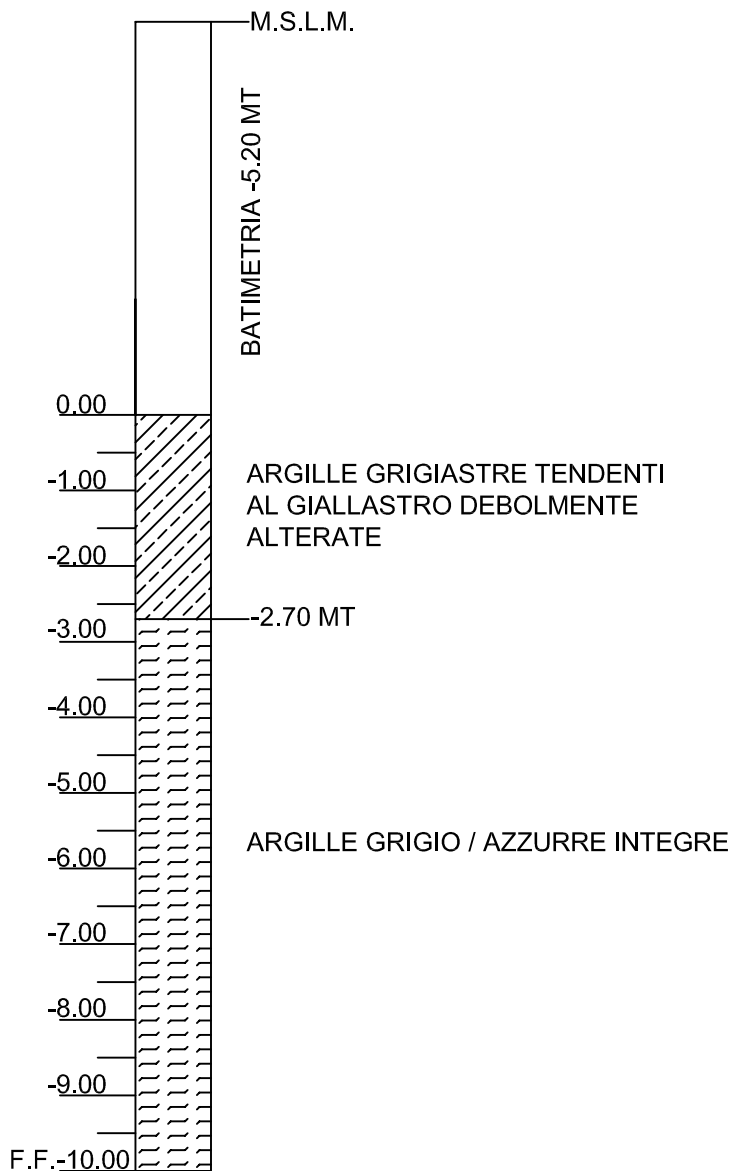




DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 21

COORDINATE
E 518043
N 4121497

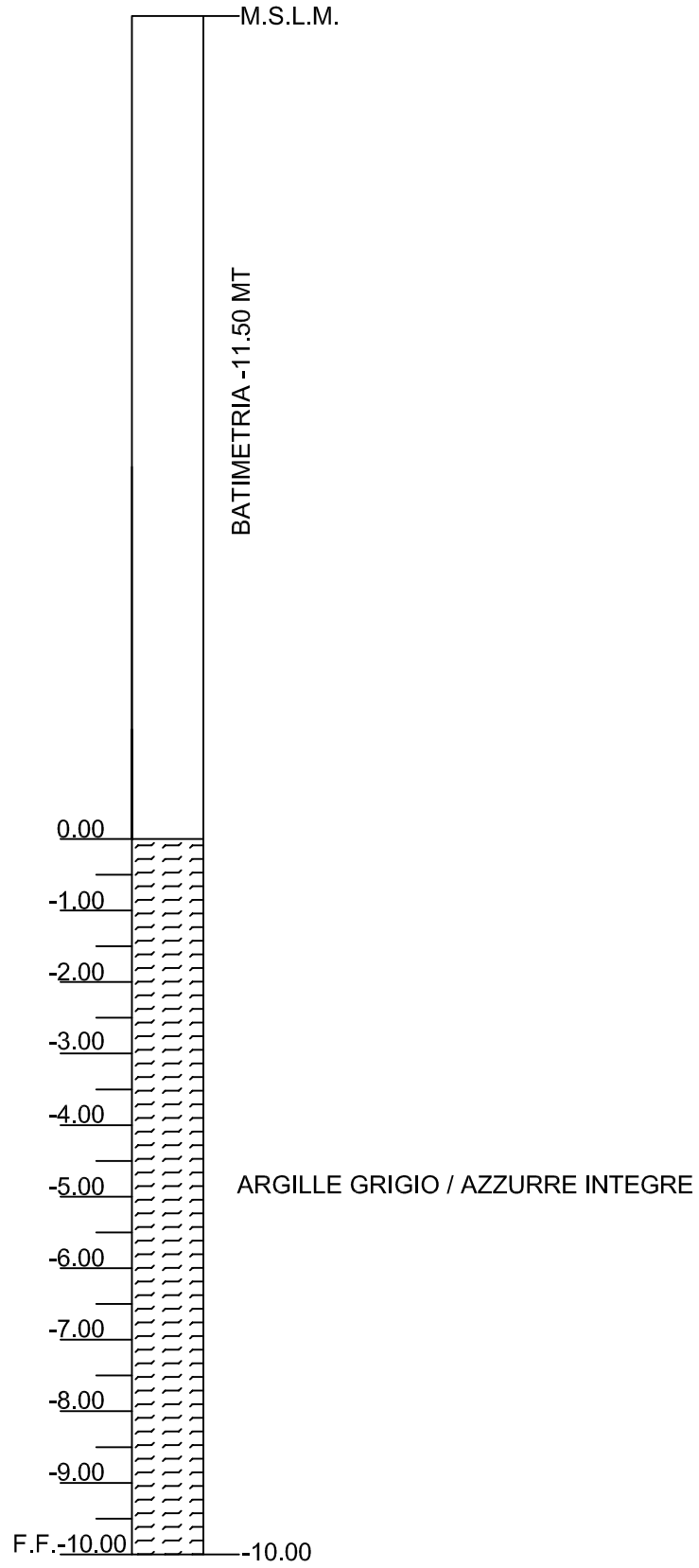
METEO: SERENO



DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 32

COORDINATE
E 518096
N 4121479

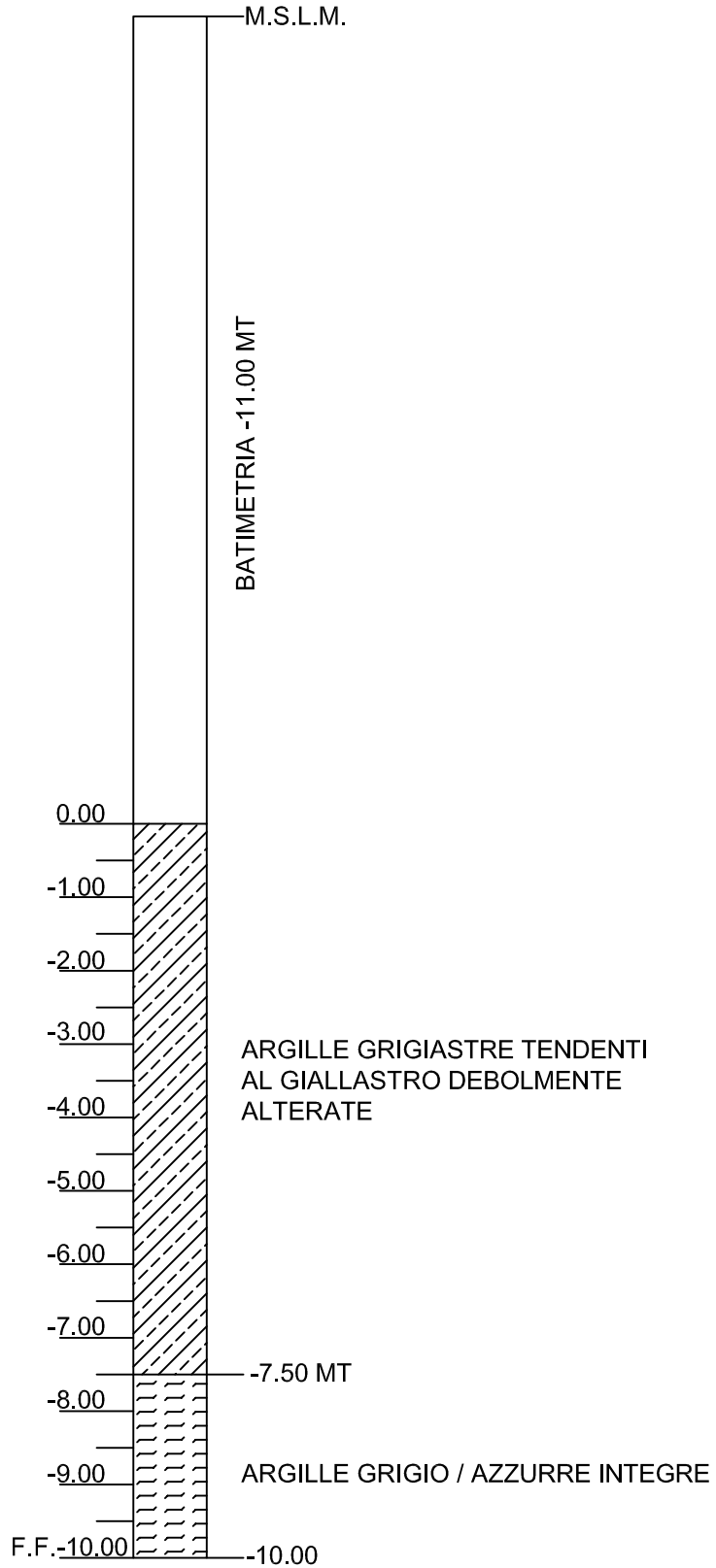
METEO: SERENO



DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 39

COORDINATE
E 518163
N 4121474

METEO: SERENO

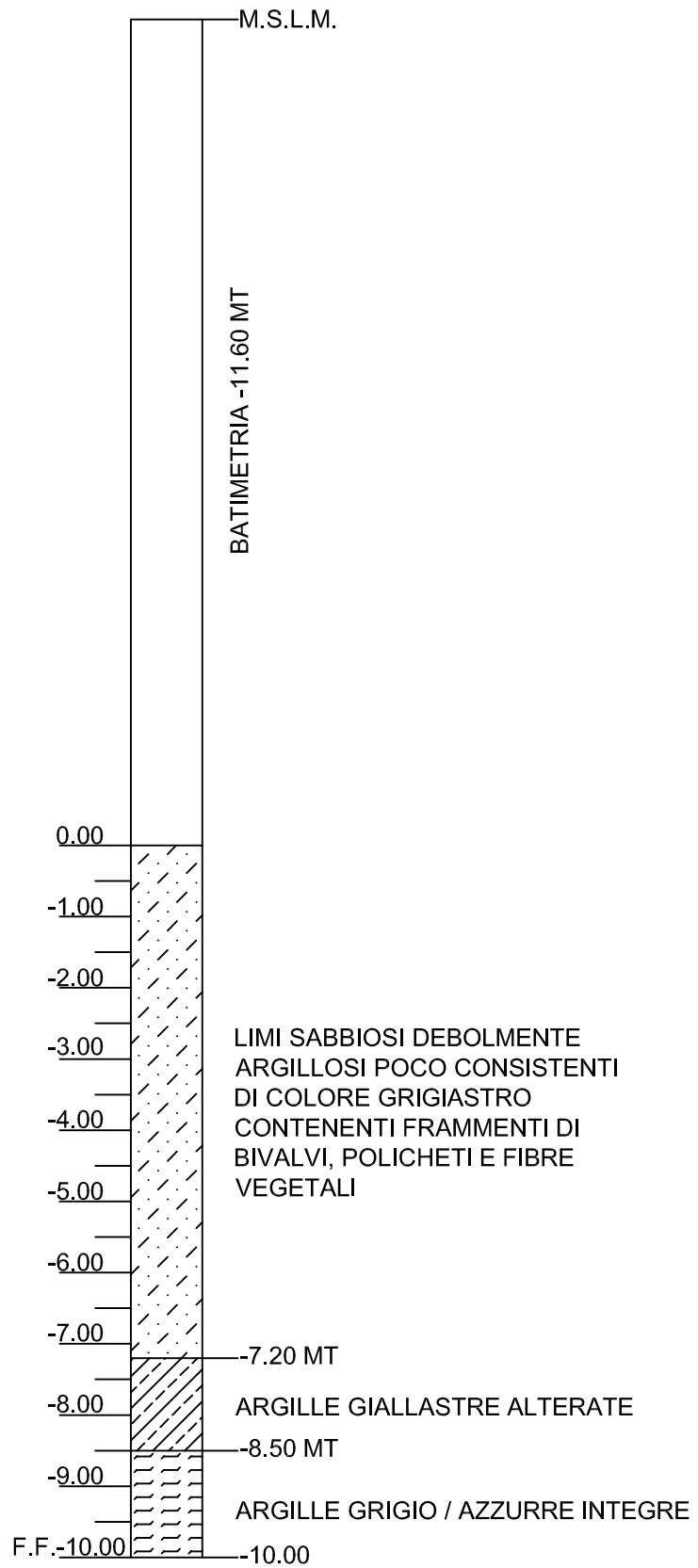




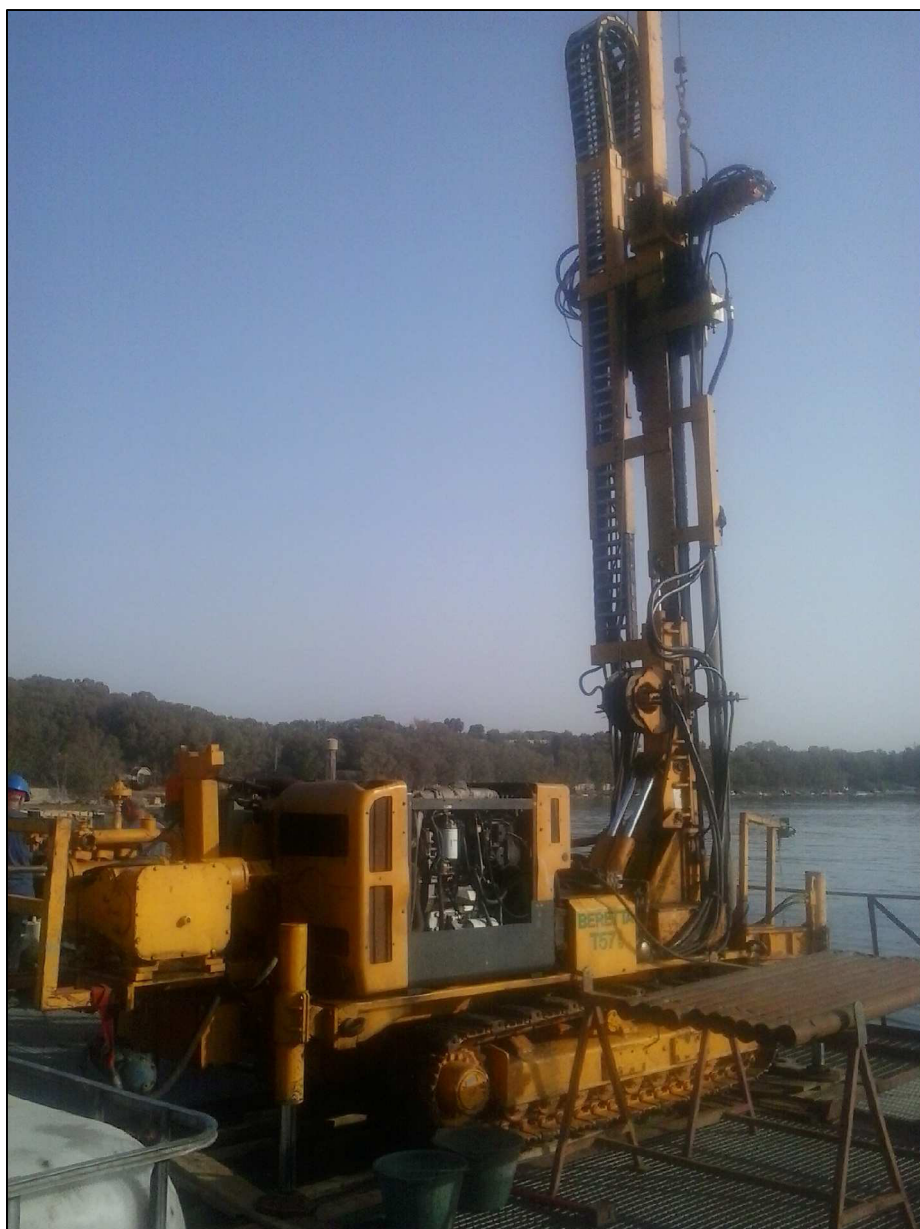
DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 45

COORDINATE
E 518231
N 4121466

METEO: SERENO



**SONDAGGI EFFETTUATI IN DATA 03/08/2014 ALLA
PRESENZA DEL DR. M. MAGRO E DELLA COMMITTENZA.**

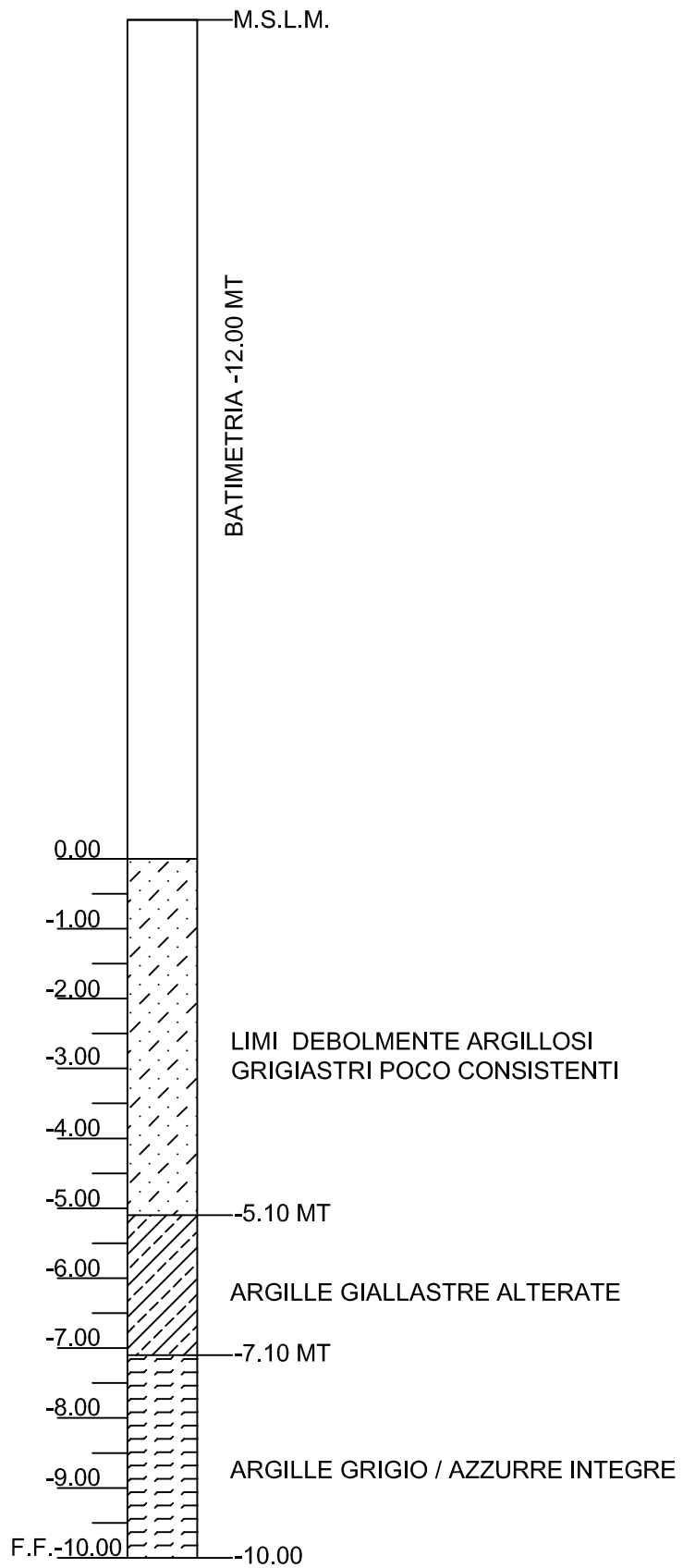




DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 48

COORDINATE
E 518368
N 4121523

METEO: SERENO

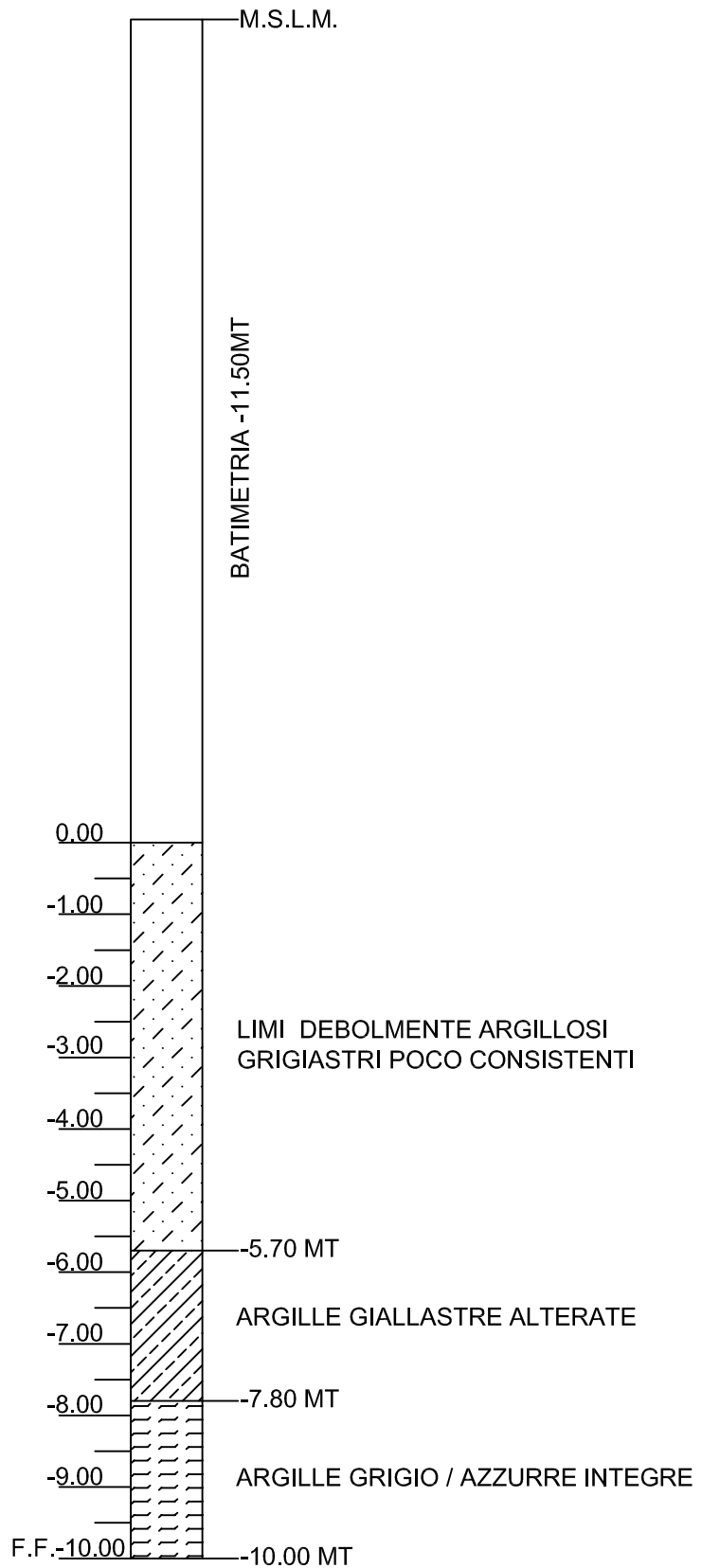


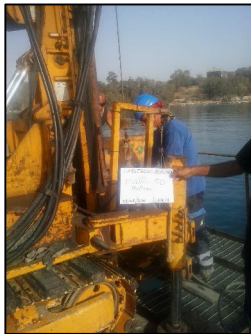


DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 49

COORDINATE
E 518330
N 4121490

METEO: SERENO

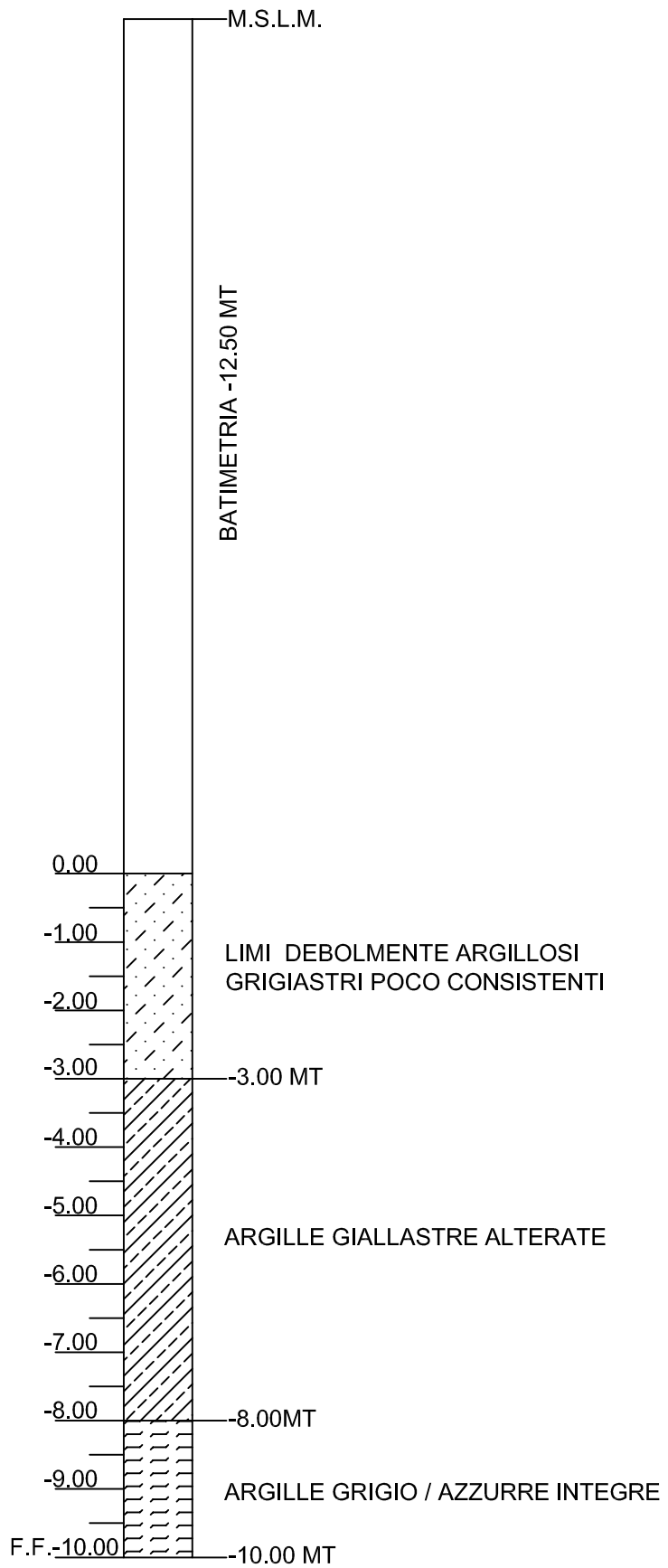




DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 50

COORDINATE
E 518293
N 4121470

METEO: SERENO



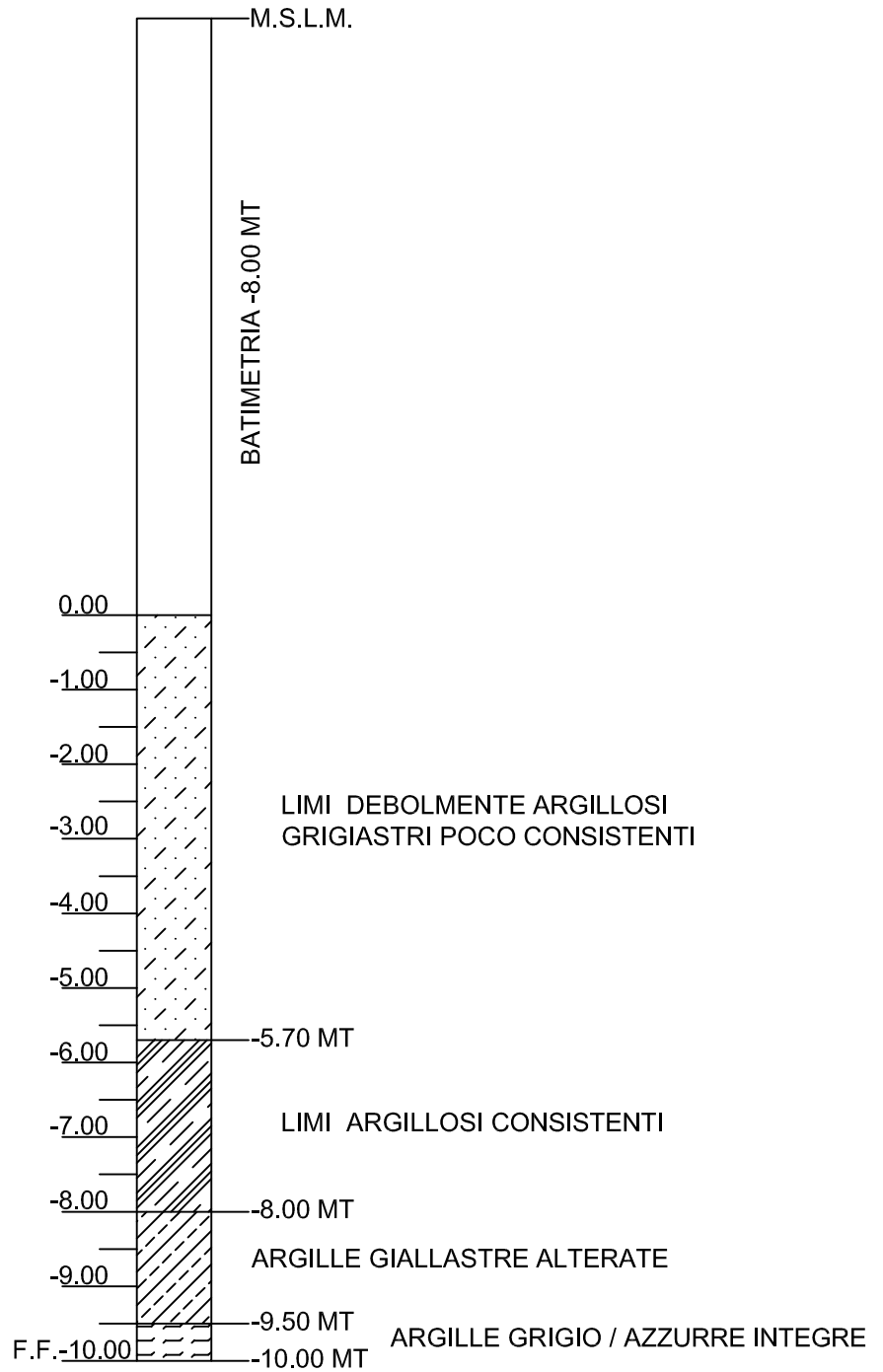
**SONDAGGI EFFETTUATI IN DATA 04/08/2014 ALLA
PRESENZA DEL DR. M. MAGRO E DELLA COMMITTENZA.**



DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 33

COORDINATE
E 518384
N 4121677

METEO: SERENO

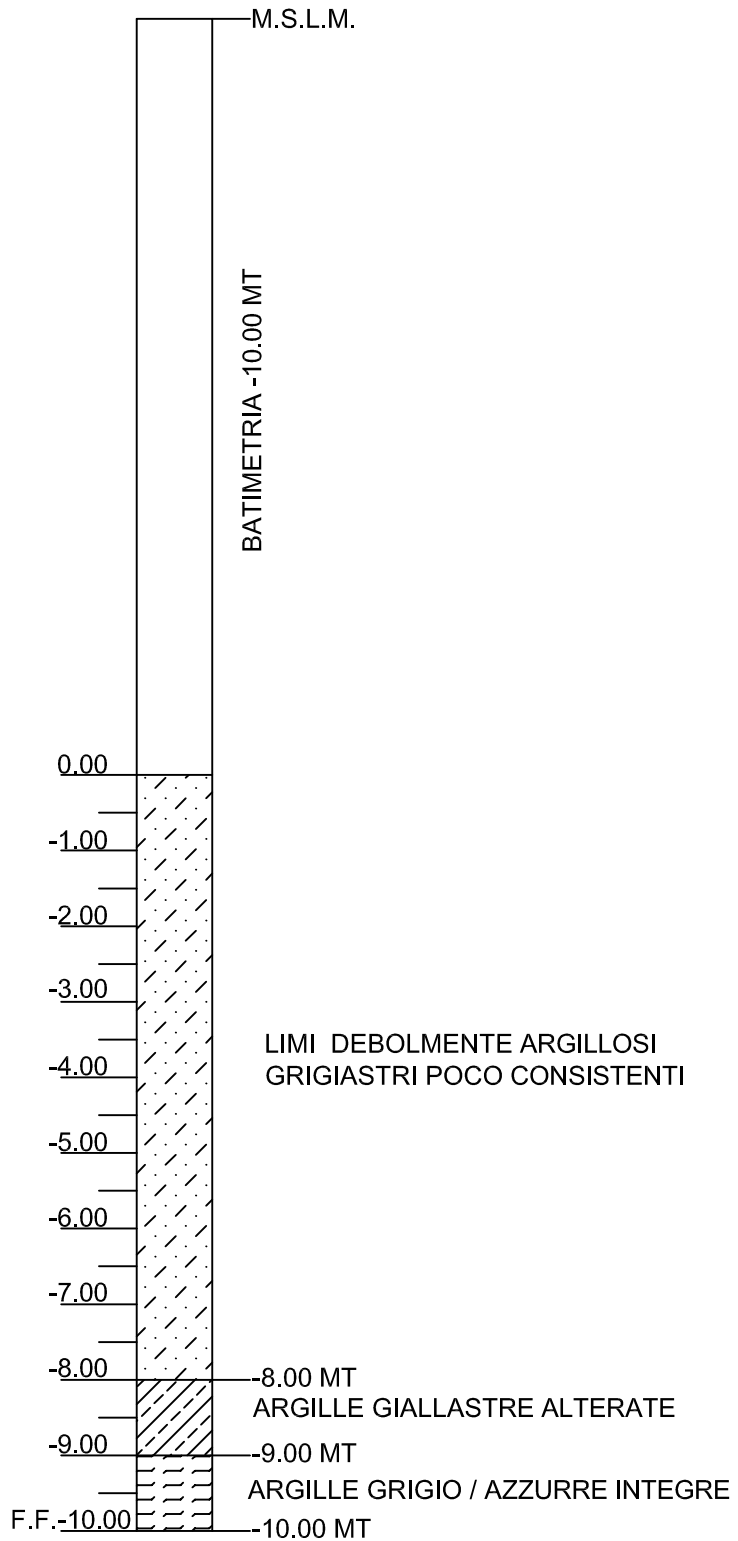




DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 40

COORDINATE
E 518407
N 4121630

METEO: SERENO

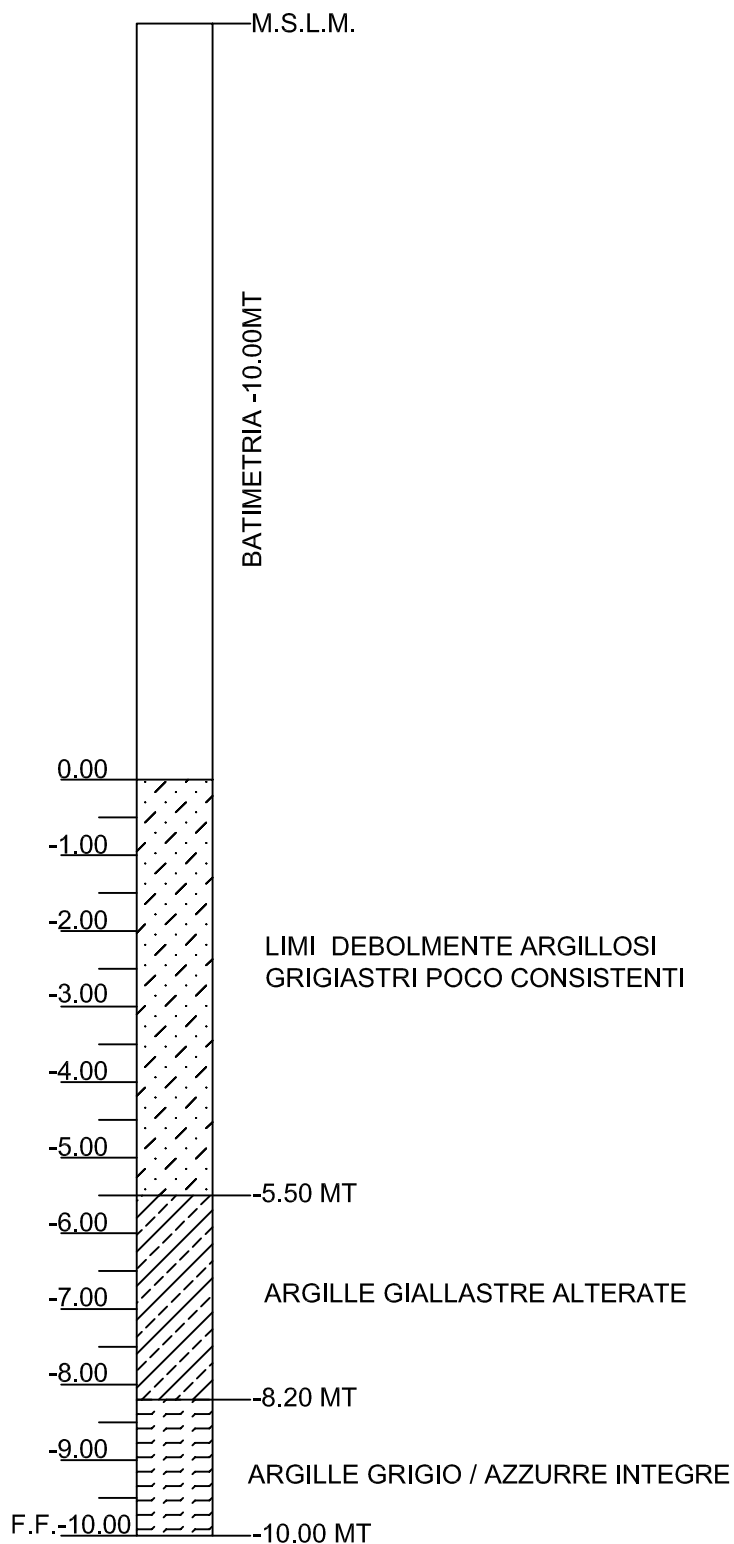




DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 46

COORDINATE
E 518440
N 4121592

METEO: SERENO





DENOMINAZIONE
SONDAGGIO 47

COORDINATE
E 518404
N 4121561

METEO: SERENO

