

GEOLOGO GIANFRANCO MORO

REGIONE PUGLIA

COMUNE DI GROTTAGLIE

COMMITTENTE: ARCOMPROJECT SRL

LUOGO: GROTTAGLIE – MARISTAER – Attività di Caratterizzazione – realizzazione di Centrale Operativa Controllo Aeromobili (CoCA) presso il comprensorio di Grottaglie – AREA2.

DATA: DICEMBRE 2023

RELAZIONE GEOLOGICA CON ELEMENTI GEOTECNICI CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E TECNICO SISMICA

DOTT. GEOLOGO GIANFRANCO MORO



Contenente Elementi Tecnici Sismici

Conforme a D.M. del 17 gennaio 2018 - N.T.C.- e al D.M. 11 maggio 1988

RTC/RCO - 20517/122/80031471

• Via Guglielmi 26/c - 74015 MARTINA FRANCA • P.I.V.A. 02461310738 •
e-mail: gianfrancomoro@yahoo.it • tel/fax 080-4305240 - mob. 3209494352

INDICE

1	PREMESSA	1
2	NORME DI RIFERIMENTO.....	6
3	ANALISI FISICA DEL SITO.....	8
4	QUADRO IDROGEOLOGICO	13
5	INDAGINE GEOGNOSTICA.....	15
6	INDAGINE M.A.S.W	21
7	PROFILO SISMICO.....	25
8	INDAGINI GEORADAR ACQUISITE.....	31
9	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA	48
10	CONCLUSIONI	52

PREMESSA

Su incarico della Committenza **ARCOMPROJECT SRL** è stata eseguita un'indagine geognostica, allo scopo di effettuare caratterizzazione stratigrafica all'interno della Base Militare della Marina sita in Grottaglie, MARISTAER.

L'attività di caratterizzazione geognostica realizzata ha lo scopo di caratterizzare dal punto di vista geologico e geotecnico la successione stratigrafica esistente in area destinata ad ospitare la realizzazione di Centrale Operativa Controllo Aeromobili (CoCA) presso il comprensorio di Grottaglie – AREA2.

Lo scrivente è stato incaricato di redigere la documentazione che evinca le evidenze geologiche riscontrate nell'area.

Gli accertamenti eseguiti hanno avuto lo scopo di acquisire dati utili sulla natura, consistenza, caratteristiche e successione geometrica dei terreni presenti, in relazione all'assetto idro-geomorfologico dell'area ed alla destinazione d'uso prevista, alla caratterizzazione delle litologie, all'individuazione e dimensionamento di eventuali aree di debolezza riscontrabili sul piano di impostazione delle strutture portanti stimandone, laddove l'acquisizione lo permetta, le dimensioni e la tipologia.

Gli accertamenti sono stati effettuati articolandoli nelle seguenti fasi:

1. indagine geognostica diretta costituita da n. 1 sondaggio a carotaggio continuo per complessivi 15 m di carotaggio, realizzazione di prova spt e prelievo di campione;
2. indagine geognostica non distruttiva indiretta MASW e sismica a rifrazione effettuata in area.

L'indagine MASW (multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali Vs basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

In un mezzo stratificato, come possono essere i terreni oggetto di interesse, le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè caratterizzate da diverse lunghezze d'onda che si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più esterna di suolo, mentre onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi forniscono informazioni circa gli strati più profondi del suolo.

3. indagine geognostica non distruttiva indiretta di supporto utilizzando tecnologia georadar (G.P.R.), nonché elaborazione dati e stesura del rapporto conclusivo.

L'indagine geognostica non distruttiva indiretta di supporto consiste in un georadar (G.P.R.).

Riferimenti tecnici

NORMA	AMBITO	TITOLO
ASTM 2002	Modalità d'uso del GPR.	American Society for testing Materials (ASTM) "Standard D6432-99 Standard Guide for Using the surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation".
CEI 306 – 8/2004	Impiego del GPR.	"Impiego del radar per introspezione del suolo per prospezioni preliminari ad opere di posa di servizi ed infrastrutture sotterranee".
RC/C18	Certificazione del personale nelle Prove non distruttive.	Regolamento RINA per la "Certificazione del personale nelle Prove non distruttive".
UNI EN 473:2008	Prove non distruttive	Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive - Principi generali.
D.M. 14 01 2008	Costruzioni nuove ed esistenti	Norme Tecniche per le Costruzioni – Capitolo 12 – Riferimenti Tecnici.
ISO 9712 Third edition – 2005	Non-destructive testing	Qualification and certification of personnel.
ISO 9712 Third edition – 2012	Non-destructive testing	Qualification and certification of personnel.

Personale responsabile ai Controlli Non Distruttivi (CND).

Attività svolta:	☒ Rilevamento.	☒ Interpretazione.
Certificato di:	2° livello¹ di operatore CND (Controlli Non Distruttivi).	
Certificate:	Level 2 Certificate of NDT Operator.	
N° di Certificato:	14VE00597PO4 rinnovo n.4153-CIV-1-R	
Number of Certificate:		

<u>Operatore:</u>	MORO Gianfranco (Geologo).	
<u>Operator:</u>		
<u>Metodo:</u>		
<u>In the method:</u>	Georadar.	
<u>Campi di applicazione:</u>	Prove semidistruttive e non distruttive, su strutture in calcestruzzo, calcestruzzo armato e precompresso, muratura.	
<u>For the application fields:</u>	Semi-destructive tests on concrete, reinforced concrete, prestressed concrete, masonry structures.	
<u>Emesso il:</u>	27 maggio 2014.	
<u>Issued on:</u>	2014 may 27.	
<u>Valido fino a:</u>	27 maggio 2019. Rinnovo fino al giugno 2024	
<u>Valid until:</u>	2019 may 27. Rin. 2024june 10	
<u>Ente certificatore:</u>	RINA Services S.p.A. e rinnovo BUREAU VERITAS	certificata ACCREDIA.
<u>Certification body:</u>		
<u>Norma di riferimento:</u>	Regolamento RINA, revisione vigente, stilato in base alla normativa UNI EN ISO 9712:2012.	
<u>Reference Standard:</u>		
	Rinnovo BUREAU VERITAS	

Note: – i livelli di operatore di CND (Controlli Non Distruttivi):

- 1° livello – abilitato ad utilizzare la strumentazione, ma non ad analizzare i dati raccolti;
- **2° livello** – abilitato ad utilizzare la strumentazione e ad analizzare i dati raccolti;
- 3° livello – istruttore ed esaminatore.

Il radar geologico utilizza la riflessione delle onde elettromagnetiche per l'esplorazione degli strati superficiali del sottosuolo; in funzione delle caratteristiche elettromagnetiche del mezzo, l'impulso si propaga per essere parzialmente riflesso in corrispondenza di interfacce di separazione tra due mezzi aventi differenti comportamenti. Una antenna emittente manda nel sottosuolo impulsi di energia elettromagnetica di brevissima durata. Le onde riflesse sono captate tramite un'antenna ricevente, amplificate, elaborate e

trasformate in corrente elettrica trasferite ad un monitor che permette la visualizzazione delle litologie attraversate dagli impulsi elettromagnetici.

Nella redazione di tale indagine si sono seguite:

- le norme guida indicate dalla ASTM 2002 e successive modifiche ed integrazioni redatte dall' American Society for Testing Materials "Standard D6432-99 Standard Guide for Using the surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation";
- norma di riferimento CEI 306 – 8/2004 "Impiego del radar per introspezione del suolo per prospezioni preliminari ad opere di posa di servizi ed infrastrutture sotterranee".
- Regolamento RINA RC/C18 Metodologia di II Livello GPR in ragione di cert. 14VE00597PO4 rinnovo n.4153-CIV-1-R in conformità alle norme UNI EN ISO 9712.

L'elaborazione consiste nel leggere le modalità di propagazione e di riflessione delle onde elettromagnetiche registrate, che variano di intensità e/o ampiezza in funzione delle proprietà dielettriche e delle caratteristiche di conduzione elettrica delle litologie attraversate.

Strumentazione utilizzata

<u>GEORADAR</u>		
Modello:		GSSI (Geophysical Survey Systems, Inc. – SIR 3000.
Numero di Serie:		0419.
<u>Specifiche</u>		
Antenna:		Compatibile con la maggior parte delle antenne GSSI.
Numero di canali:		1 (uno).
Archivio dati:		Memoria interna: Scheda di memoria flash da 2 GB; Porta Flash compatta: accetta schede di memoria fino a 8 GB.
Display:		.
Risoluzione IR:		200 x 150 pixels.
Campo Spettrale:	µm	7,5 ÷ 13 (LW).
Zoom digitale e panoramica/messa a fuoco:		1x – 2x continuo.
IFOV (lente da 25°):	mRad	2.18.
<u>Antenna</u>		
Frequenza:		400 MHz .
Intervallo di profondità:		0 – 4 m.
Modello:		50270S.
Correzione di misura:		regolazione centesimale.



Codificatore di distanza. Antenna da 270 MHz.



Software RADAN. SIR 3000 Controller.

L'interpretazione e l'apprezzamento di comportamenti elettromagnetici differenti all'interno di una sezione di acquisizione permette di individuare aree in cui le caratteristiche geomeccaniche della successione stratigrafica subiscono apprezzabili variazioni.

Per il rilievo georadar è stata utilizzata antenna emittente/ricevente:

antenna a 270 Mhz per l'indagine ottimale dello strato superficiale, fino ad una profondità ottimale di acquisizione di 5 - 6 metri dal p.c..

Vengono quindi di seguito illustrati i risultati ottenuti dal rilevamento con georadar che consistono:

- 1- relazione particolareggiata sulle strutture e sulle variazioni geomeccaniche, stratigrafiche e morfologiche;
- 2- elaborati grafici e mappatura con ubicazione delle strisciate di acquisizione e restituzione strumentale di sezioni dell'area in oggetto rilevate.

Tutti i valori di profondità delle anomalie rilevate si intendono al top della struttura.

Le misure fornite hanno una tolleranza del 20%.

Di seguito si riporta schematicamente in planimetria le ubicazioni e le tipologie di indagini realizzate.

NORME DI RIFERIMENTO

Il rapporto geologico – geomorfologico - geotecnico è redatto in conformità a quanto previsto dal:

- L'O.P.C.M. del 23 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 (*GU n. 105 del 8-5-2003- Suppl. Ordinario n.72*)" hanno determinato una nuova classificazione sismica del territorio italiano. Per quanto riguarda l'area provinciale di Taranto, la nuova situazione è la seguente:

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
16073001	Avetrana	4	4	4
16073002	Carosino	4	4	4
16073003	Castellaneta	4	3	3
16073004	Crispiano	4	3	3
16073005	Faggiano	4	4	4
16073006	Fragagnano	4	4	4
16073007	Ginosa	4	3	3
16073008	Grottaglie	4	4	4
16073009	Laterza	4	3	3
16073010	Leporano	4	4	4
16073011	Lizzano	4	4	4
16073012	Manduria	4	4	4
16073013	Martina Franca	4	4	4
16073014	Maruggio	4	4	4
16073015	Massafra	4	3	3
16073016	Monteiasi	4	4	4
16073017	Montemesola	4	4	4
16073018	Monteparano	4	4	4
16073019	Mottola	4	3	3
16073020	Palagianello	4	3	3
16073021	Palagiano	4	3	3

16073022	Pulsano	4	4	4
16073023	Roccaforzata	4	4	4
16073024	San Giorgio Ionico	4	4	4
16073025	San Marzano di San G.pe	4	4	4
16073026	Sava	4	4	4
16073027	Taranto	4	3	3
16073028	Torricella	4	4	4
16073029	Statte (1)			3

Dalla quale si evince che al Comune di Grottaglie è stata attribuita la Categoria 4 cioè a minimo rischio sismico.

- In ottemperanza a quanto disposto dal D.M. 11 marzo 1988 *e successive modifiche ed integrazioni.*" Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Secondo quanto stabilito da D.M. del 17 gennaio 2018 e N. T. C. entrate in vigore il 22 marzo 2018.

La presente relazione viene redatta in ottemperanza a quanto disposto dalla vigente legislazione per le costruzioni in zona sismica (nella fattispecie classe 4) e conformemente a quanto previsto dalla vigente dalla legge dal D.M. 11 marzo 1988 e succ. mod. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."

ANALISI FISICA DEL SITO

GEOMORFOLOGIA

Sotto il profilo morfologico l'area si inserisce all'interno di un contesto eminentemente pianeggiante con dolci pendenze che convergono in direzione sud, sud-ovest nell'area posta in condizioni di basso morfologico.

L'area di studio risulta urbanizzata, coinvolta in fenomeni di rimaneggiamento superficiale tipico di aree antropizzate.

Dal rilevamento effettuato si evince un livello di litologie poste su un versante sul quale è individuabile una rottura di pendio imputabile a paleocosta erosa. Tale paleocosta è desumibile da un allineamento morfologico che delimita il bacino di sedimentazione dei depositi alluvionali del tarantino (cfr. Fig. 2 - stralcio carta geo-litologica allegata).

Nell'area il livello pedologico risulta costituito da materiali rimaneggiati relazionabili a coltivazione intensiva dell'area, frammisti a depositi terrigeni di ricoprimento, di spessore variabile man mano che ci si sposta verso il basso morfologico.

Una ricostruzione paleogeografia del sito suggerisce che l'antica e tenue degradazione superficiale verso SUD-OVEST, in direzione della costa, raccordava in un bacino sedimentario solcato da paleoalvei convergenti verso l'area di basso morfologico, corrispondente all'attuale Mar Piccolo.

Dal sopralluogo effettuato nell'area (quota media 64 m s.l.m.) non è stata rilevata alcuna traccia di erosione anomala da parte delle acque superficiali, né la presenza di fenomeni gravitativi in atto.

La zona è costituita da depositi alluvionali più o meno recenti sedimentati e modellati dall'erosione superficiale delle acque di deflusso pluviometrico. Sono di facies per lo più limo-argilloso-sabbiosa con intercalazioni ghiaiose e livelli calcarenitici a cementazione variabile.

Trattasi in genere di strati metrici di calcareniti, di biocalcari biancastri ben cementati, di sabbie limose e di limi argillosi posti su argille compatte nelle quali si impostano lenti o sottili livelli a componente limoso - sabbiosa.

Tali alluvioni si sono sedimentate su terrazzi aventi differenti livelli di impostazione. Sono individuabili nei luoghi limitrofi evidenze di paleoterrazzi soggetti a fenomeni di erosione che hanno impostato diverse linee di paleocosta poste a differenti quote in relazione alle variazioni del livello del mare nel corso del plio-pleistocene.

Dall'esame dell'assetto morfologico locale, emerge un buon grado di stabilità globale, non rilevandosi evidenze di episodi franosi e/o di dissesto che possano comunque subire sfavorevoli evoluzioni a seguito della realizzazione di quanto in oggetto.

Risulta tuttavia consigliabile adottare utili provvedimenti tesi a migliorare il deflusso delle acque superficiali al contorno delle opere in progetto.

GEOLOGIA E LITOLOGIA

Dal rilevamento geologico si evince che si tratta di un'area densamente antropizzata nella quale di recente sono stati costruiti, o sono in fase di costruzione, numerosi edifici destinati ad ospitare strutture militari.

Nell'area di intervento affiora una formazione sedimentaria marina terrazzata, costituita da calcari bioclastici di colore bianco tessitura saccaroide, ben cementati a luogo fratturati, attribuibili al Pleistocene, sovrapposti a sabbie a grado di cementazione variabile, di colore avano; calcareniti vacuolari compatte di colore variabile dal bianco al giallastro, limi sabbiosi grigi e argille verdastre con spessori variabili e rapporti eteropici laterali compatibili alle condizioni di sedimentazione e diagenesi alle quali sono state soggette.

Esse appartengono ai depositi marini pleistocenici in facies di sabbie limo-argillose di colore dal giallo-ocra al marrone talora con sfumature grigiastre, con sporadici livelli e/o lenti di conglomerati ad elementi generalmente minuti (Figg.1 e 2 - Stralcio Carta Geologica Generale e di Dettaglio).

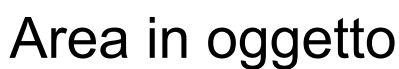
Tali depositi limoso - sabbiosi grigio giallastro sono gli affioramenti rilevati in tale area e riportati anche in stralcio cartografico - geologico allegato. Si tratta di litologie limose -

sabbiose di colore grigio - giallastro che si presentano associate a livelli alternati più consistenti costituiti da marne argillose, o calcarenitici, o calciruditici in facies litorale aventi, spesso, passaggi eteropici con livelli a consistenza variabile costituiti da argille sabbiose, o sabbie limose o conglomerati a matrice e cemento calcareo.

Si tratta di depositi alluvionali recenti impostatisi su depositi sedimentari calcarenitici compatti che a loro volta si impostano su ammassi rocciosi più tenaci e compatti a componente predominante calcarea.

Nell'area di intervento affiora formazione sedimentaria marina terrazzata, costituita da sabbie a grado di cementazione variabile, di colore bianco – avano, sabbie limose giallo ocra, limi sabbiosi verdastri e argille grigio azzurre con spessori variabili e rapporti eteropici laterali compatibili alle condizioni di sedimentazione e diagenesi alle quali sono state soggette (***Argille del Bradano denominate in "Argille Subappenniniche"***), sovrapposti a termini calcarenitici – sabbiosi (***Calcarenite di Gravina***) che si impostano su Calcare cretaceo (***Calcare di Altamura***).

Esse appartengono ai depositi marini pleistocenici in facies di sabbie, sabbie limo-argillose di colore dal giallo-ocra al marrone talora con sfumature grigiastre, con sporadici livelli e/o lenti di conglomerati ad elementi generalmente minuti (Fig.1 Stralcio Carta Geologica Regionale e fig. 2 Stralcio Carta Geologica di Dettaglio).



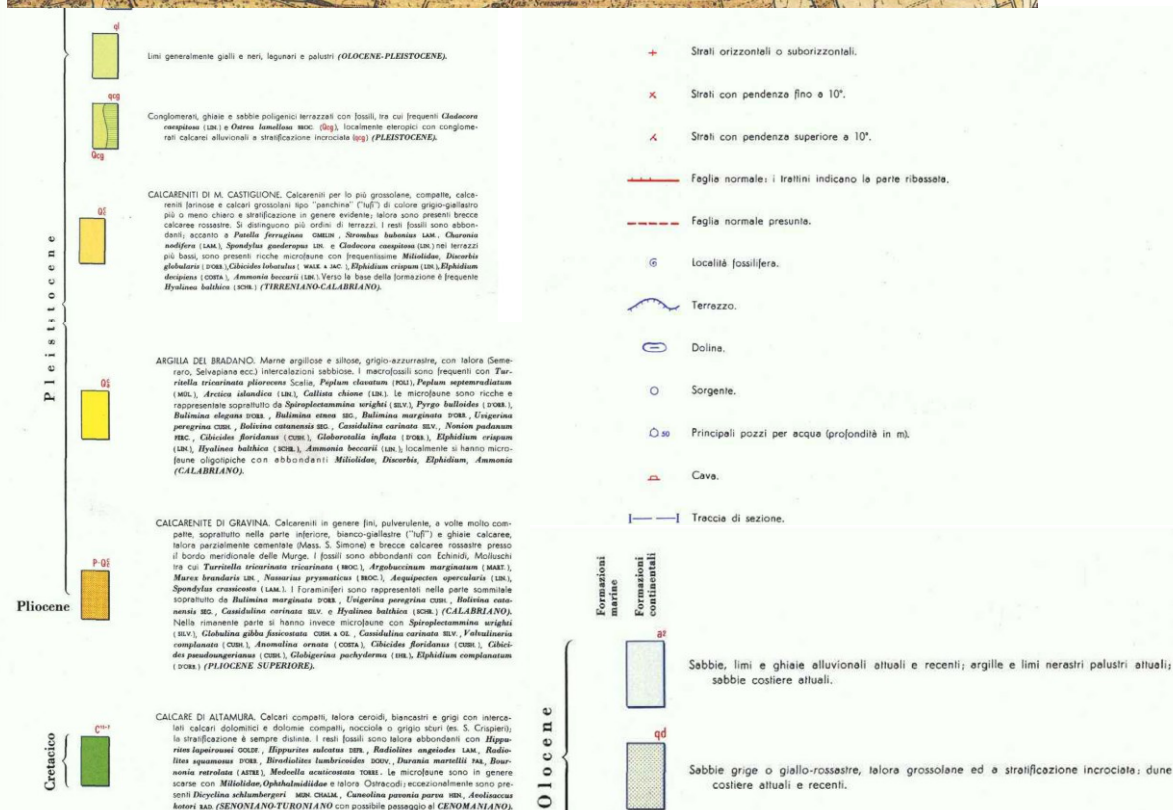
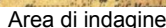
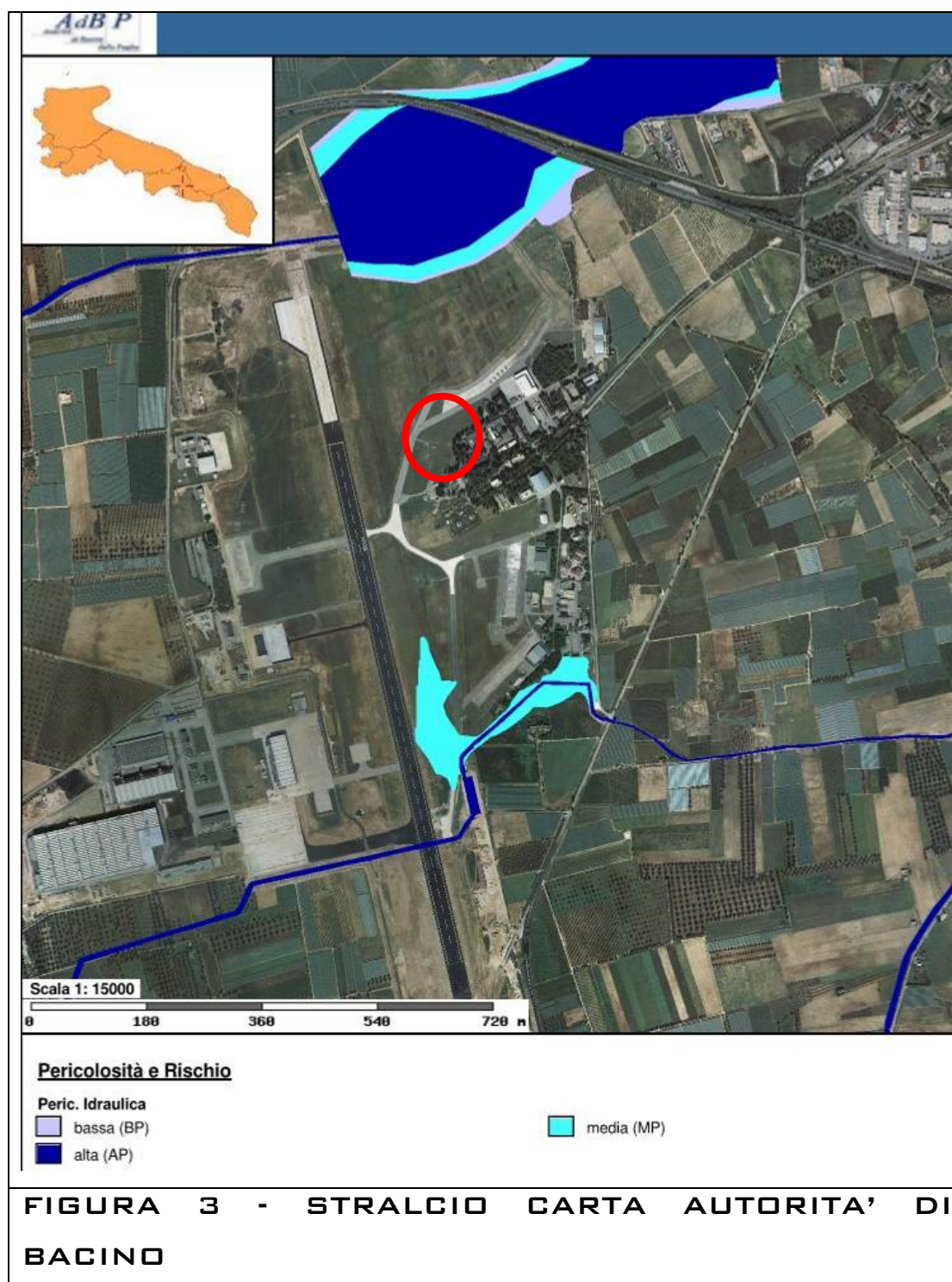


FIGURA 2 - STRALCIO CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

QUADRO IDROGEOLOGICO

Di seguito è riportato Stralcio Cartografico dell'Autorità di Bacino della Puglia nella quale si nota la completa assenza di aree a pericolosità idraulica e/o classe di rischio idraulico



In genere la presenza di manufatti antropici, la diffusa pavimentazione stradale permette l'impostazione di condizioni di deflusso significativo di acque superficiali in occasione di precipitazioni copiose, regimate dal manto stradale, svolgendo azione captativa e di deflusso superficiale delle acque piovane, ma, nella fattispecie, lo stato delle coperture superficiali, asfalto ammalorato, marciapiedi in dissesto e sistemazione esterna degradata permette l'infiltrazione delle acque meteoriche, riducendo, di fatto, il ruscellamento e deflusso superficiale.

In ragione del differente grado di permeabilità dei termini affioranti:

- termini calcarenitici_____ permeabili grazie alle caratteristiche porose acquisite durante la diagenesi;
- termini limoso – sabbiosi_____ media permeabilità;
- termini limoso – argillosi_____ impermeabili.

In virtù dell'estensione areale dei termini permeabili diffusa ed a carattere eteropico laterale è possibile che venga immagazzinato un effimero un corpo idrico al suo interno, nei termini a componente sabbiosa.

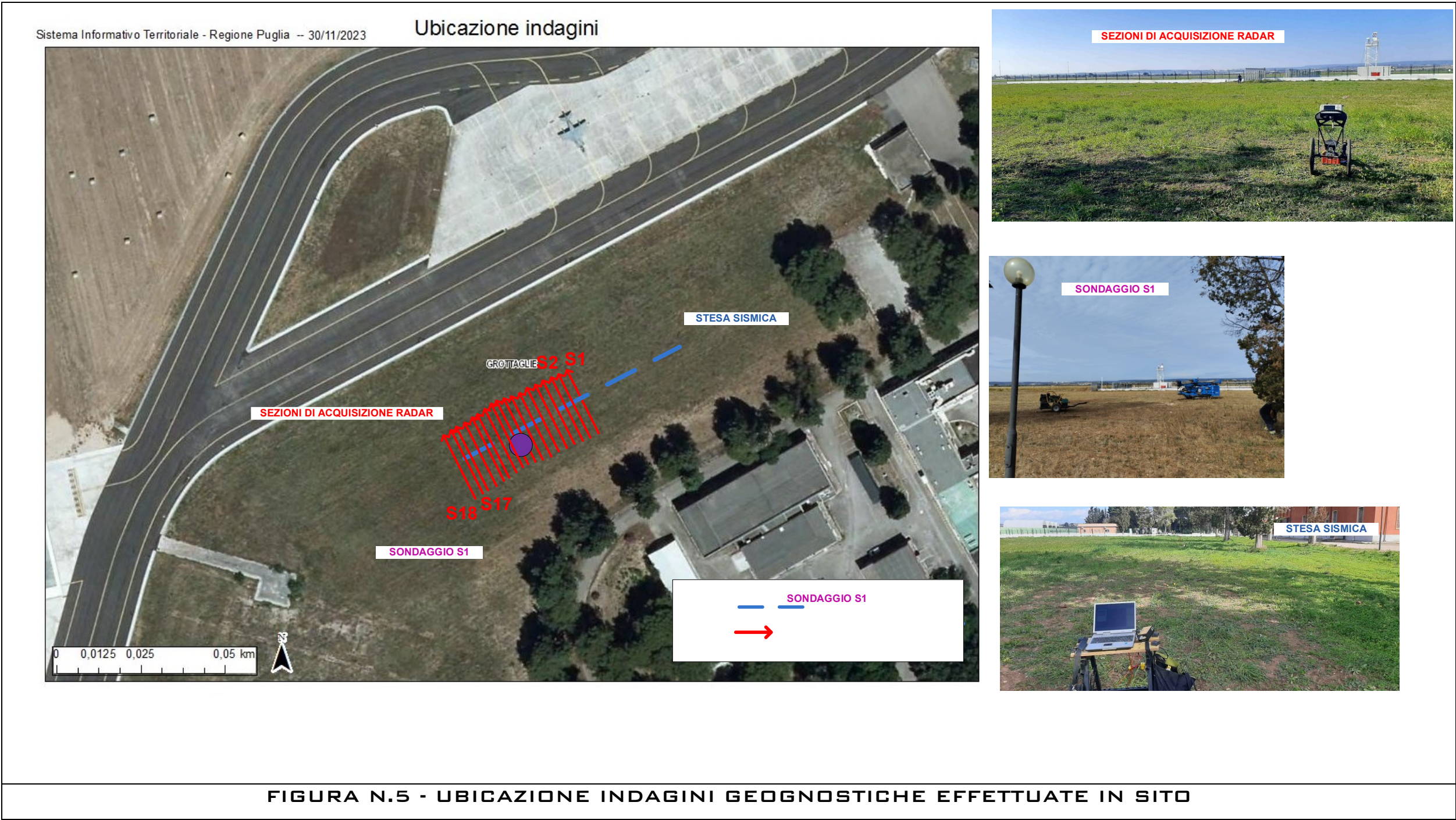
Tale flusso idrodinamico superficiale, se non adeguatamente regimato, può avere influenze significative in relazione all'assetto idrogeologico dei termini permeabili meno coesi collocati nell'area.

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica eseguita, a supporto dell'attuale fase progettuale, consiste in indagine geognostica diretta, mediante sondaggio a carotaggio continuo ed indiretta mediante georadar effettuata per ottenere una parametrizzazione geomeccanica del sito in maniera areale e indagine Sismica a Rifrazione e M.A.S.W.

La successione stratigrafica è stata ricostruita all'interno del sito utilizzando le informazioni scaturite da:

- rilievo geologico del sito;
- sondaggi geognostici a carotaggio continuo consistenti in n.1 sondaggio geognostico (S1) con prelievo di n.1 campioni per realizzazione di prova di laboratorio;
- indagine geognostica indiretta – georadar consistenti in n.18 sezioni di acquisizione;
- indagine sismica a rifrazione e M.A.S.W.. costituito da n.1 stesa sismica di 55 m totali.



Di seguito si riportano risultati delle indagini geognostiche dirette realizzate.

SONDAGGIO S1

Riscontrato le seguenti litologie in successione stratigrafica:

- livello litologico composto da materiale rimaneggiato e/o riportato e termini terrigeni costituiti da terre rosse di alterazione compatte, avente uno spessore di 2,0 m;
- successivamente vi è uno strato a composizione sabbiosa arenacea calcarea con livelli a grado di cementazione variabile, ad aspetto grossolano nel complesso con inclusioni di elementi conglomeratici anche centimetrici; si presenta a colorazione variabile dal bianco all'avorio per i termini sabbiosi meno cementati, al giallastro per i livelli calcarenitici vacuolari compatti; tali livelli centimetrici di calcarenite vacuolare molto compatta hanno richiesto maggiore tempo di perforazione durante le fasi di infissione del carotaggio; si apprezzano per uno spessore di 7,80 m, fino a 9,8 m di profondità dal p.c.. Realizzata n. 1 prova SPT a 2,5 m dal p.c. che hanno dato valori di 9/14/27. Prelevato campione a 5,0 m dal p.c.;
- ammasso roccioso calcareo definibile consistente – molto consistente apprezzata fino alla profondità di 15,0 m medi dal p.c per uno spessore di 5,2 m., con probabile grado di RQD (Rock Quality Designation), ovvero grado di frantumazione, prossimo al 90% permettendo di parametrizzarlo come ammasso roccioso molto consistente.



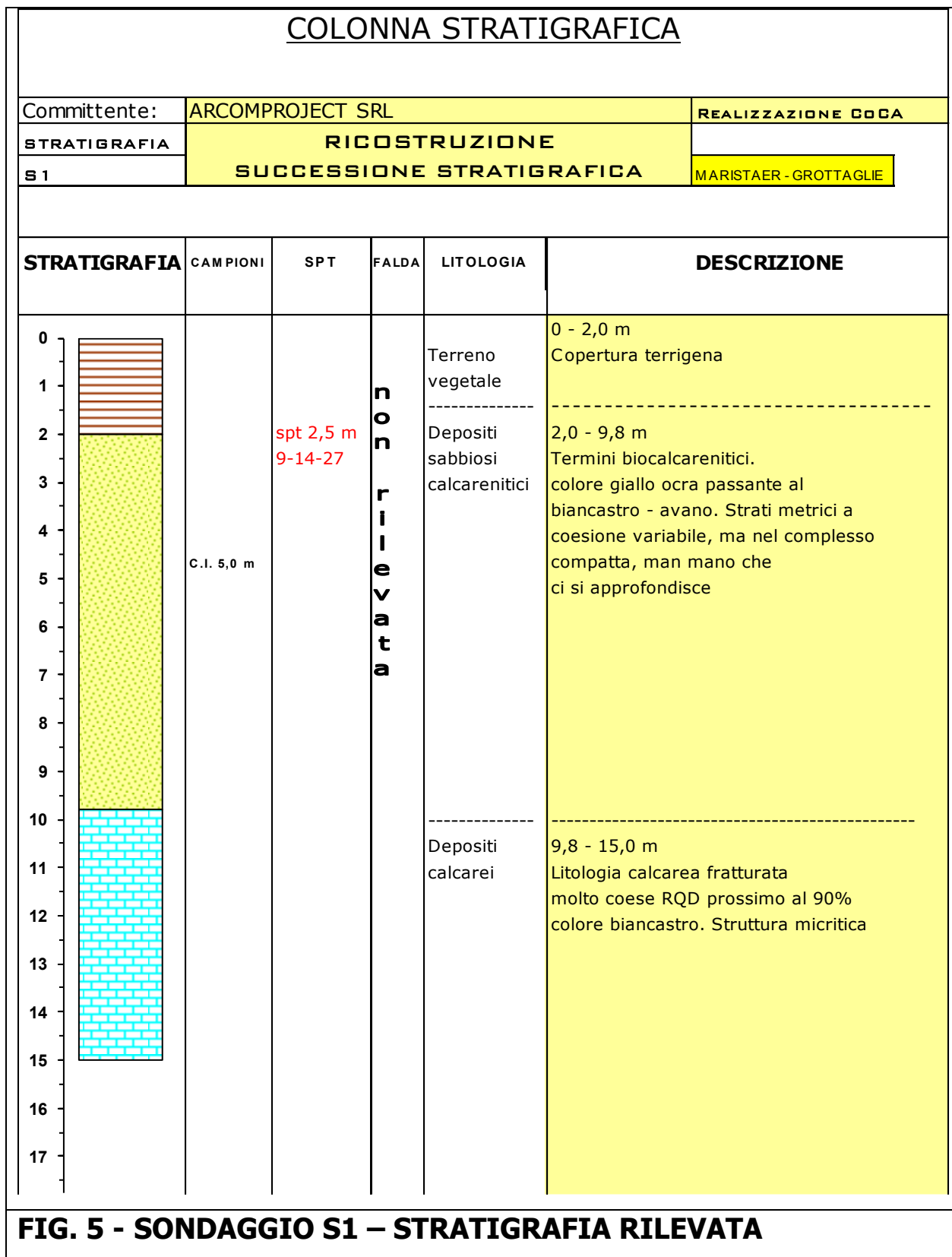
STRATIGRAFIA DA 0 -5 M - SONDAGGIO S1



STRATIGRAFIA DA 5 - 12 M - SONDAGGIO S1



STRATIGRAFIA DA 12 - 15 M - SONDAGGIO 1



INDAGINE MASW

La campagna di indagine è stata estesa a tutta l'area interessata dall'opera in progetto, effettuando indagini geognostiche indirette areali (MASW) a supporto della progettazione. Tale indagine ha permesso di verificare che le condizioni stratigrafiche riscontrate nell'area interessata dal progetto.

Gli accertamenti eseguiti hanno lo scopo di acquisire dati areali utili alla caratterizzazione delle litologie, all'individuazione e dimensionamento di eventuali aree di debolezza riscontrabili sul piano di impostazione delle strutture portanti stimandone, laddove l'acquisizione lo permetta, le dimensioni e la tipologia.

La tecnologia utilizzata per tali indagini consiste in uno stendimento MASW

Il metodo **MASW** (multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, utile a definire l'azione sismica di progetto, che individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali V_s nei primi trenta (30) metri di profondità a partire dal piano campagna, basandosi sulla misura delle onde superficiali in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, **le uniche onde utilizzate nell'indagine MASW**, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. L'impiego di tali onde lo si giustifica con le motivazioni che di seguito si esplicano:

Le onde di Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente (scoppio).

Allontanandosi dalla sorgente (scoppio) le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e S, propagandosi, conseguentemente, a profondità più grandi.

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo **P**, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo **Rayleigh**. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente

in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama *dispersione*. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (**Vs**), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di **Rayleigh** è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità **Vs** bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di *dispersione*, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde **S** (**Vs**) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati sperimentali;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), che descrive la variazione di Vs con la profondità.

Nell'area in oggetto è stata realizzata n. 1 stesa sismica (SS1) costituita da stendimenti con 12 canali con distanza intergeofonica di 5 m per un totale di stese simiche di 55 m; il posizionamento si può apprezzare in figura n. 4 (ubicazione indagini).

Nelle Fig 6 vengono riportate le curve di dispersione per il sito in studio assieme al modello di stratificazione utilizzato per il calcolo della Vs equivalente per il profilo realizzato.

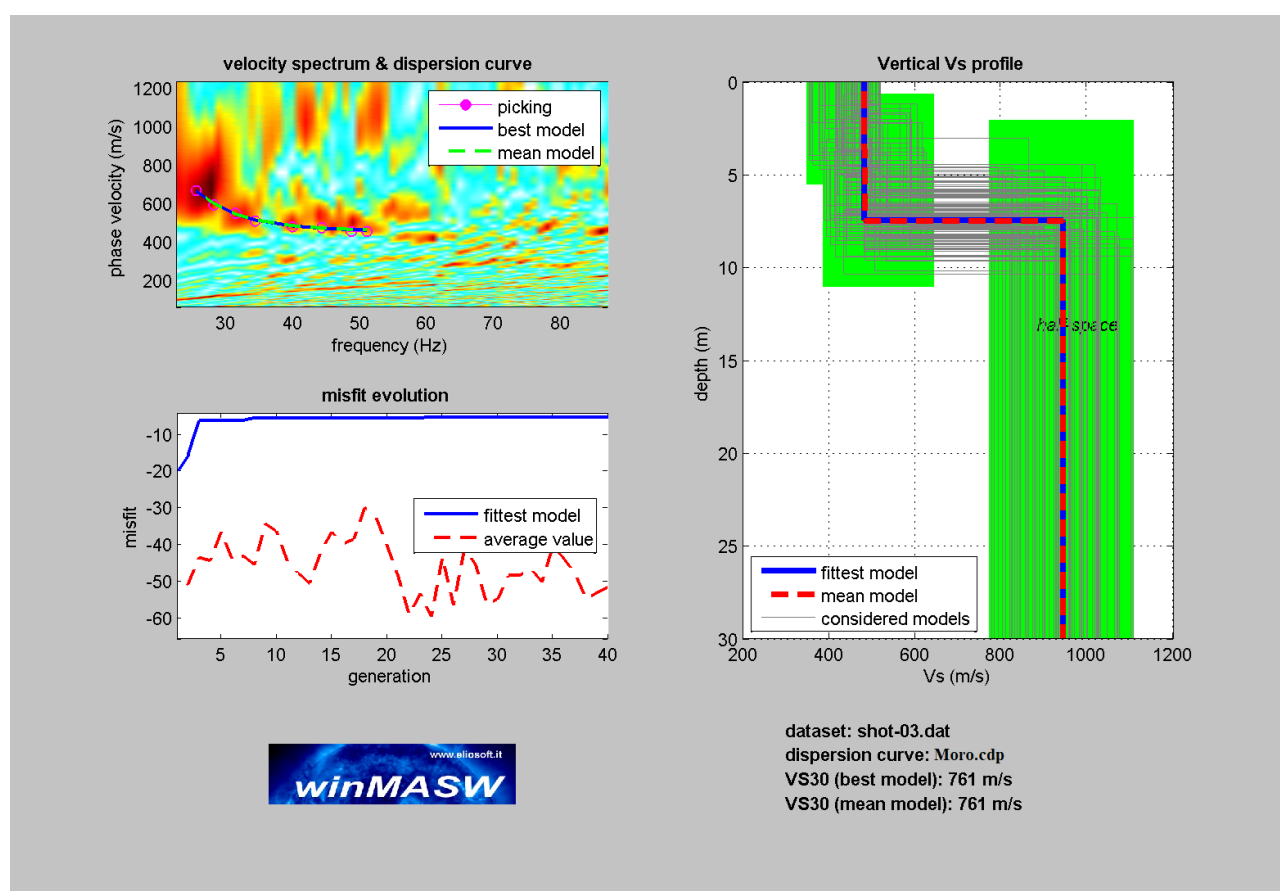


FIG. 6: CURVA DI DISPERSIONE CON PROFILO VERTICALE DELLA VELOCITÀ VS AL VARIARE DELLA PROFONDITÀ RELATIVA AL PROFILO SS 1

Nella figura precedente viene riportata la curva di dispersione per il sito in studio assieme al modello di stratificazione utilizzato per il calcolo della Vs equivalente.

Dovendo come già precisato in precedenza classificare il sottosuolo di fondazione ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (D.M. del 17/01/2018, Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione

Puglia nel marzo 2004; DGR Puglia 2 marzo 2004 e dalle modifiche allo stesso portate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n.3431 del 03.05.2005), si dichiara che **il valore di Vs equivalente, misurato sperimentalmente, è pari a 761 m/s**.

Poiché tali valori risultano compresi tra 360 e 800 m/s, si imporrebbe l'attribuzione dello spessore litologico indagato, alla CATEGORIA "B" (Sabbie molto addensanti o terreni rigidi) e pertanto definibile come litologie omogenee e rigide, come desumibile da tabella allegata.

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

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

TABELLA – CATEGORIE DI SUOLO

Inoltre il territorio di Grottaglie, ai sensi dell'O. P. C. M. 3274/03, è classificato come zona sismica 4, per cui il valore di accelerazione orizzontale massima al suolo da adottare, espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g, è il seguente: $a_g \geq 0,05$.

PROFILO SISMICO

Profilo sismico SS1

Le indagini sono state eseguite con un sismografo Doremi con 12 canali e geofoni verticali con frequenza propria di 4.5Hz; la energizzazione è stata eseguita con un martello da 5kg. Scopo dell'indagine è mettere in evidenza possibili variazioni del campo di velocità dell'onda P eventualmente correlabili ai parametri caratterizzanti una formazione litologica. Per tentare di stimare la distribuzione di V_p è stata utilizzata una tecnica di acquisizione tomografica che fa uso di una opportuna disposizione in superficie di n geofoni ed m sorgenti.

La geometria scelta per l'acquisizione è costituita da un allineamento di 12 geofoni distanti tra di loro 5m, sull'allineamento sono posizionati $n=3$ punti di energizzazione (Fig. 7). La tecnica di acquisizione consente di determinare la velocità media di propagazione in ognuna delle N ($N \leq nxm$) celle elementari che ricoprono la superficie indagata.

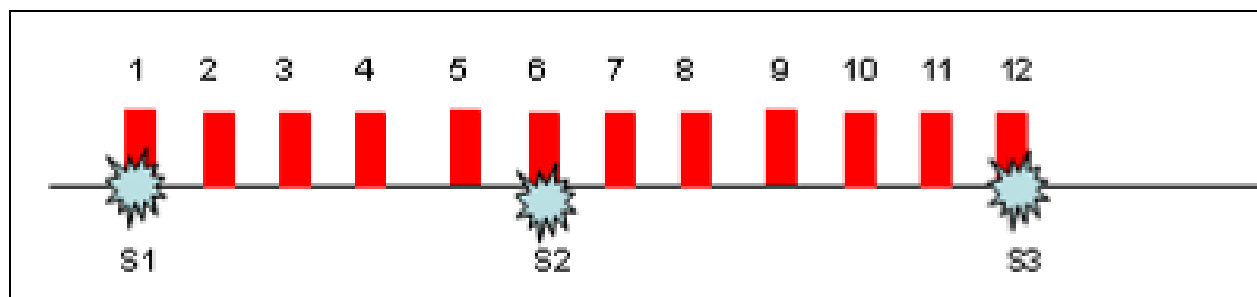


FIG. 7: GEOMETRIA DI ACQUISIZIONE DEL RILIEVO SISMICO TOMOGRAFICO A RIFRAZIONE: GEOFONI: 1, 2,....., 12; PUNTI DI ENERGIZZAZIONE S1, S2, S3.

La lettura dei tempi di primo arrivo (picking) (Fig. 8b), per ogni traccia, su ciascun sismogramma (Fig.8a), consente di ottenere le dromocrone riportate in Fig.8c.

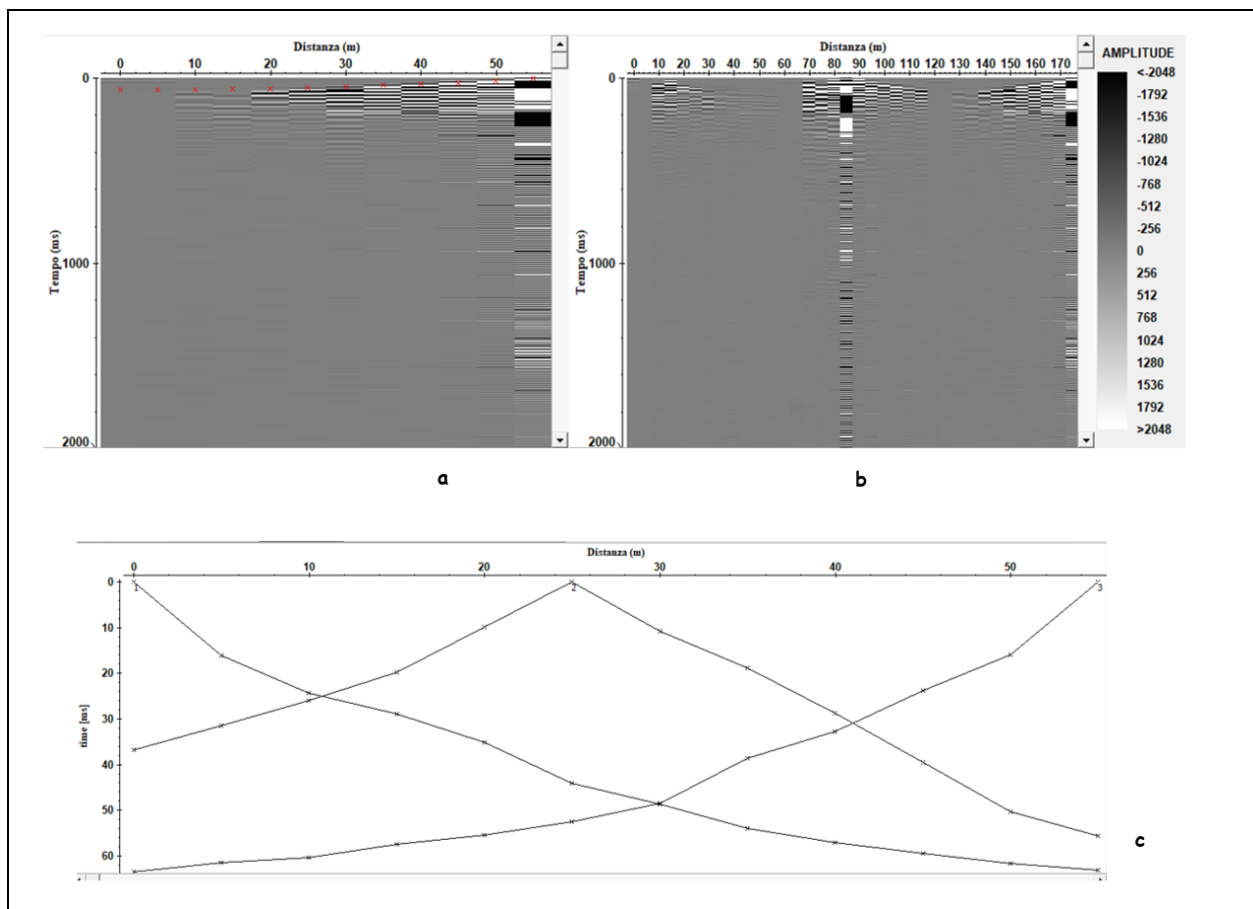


FIG. 8: A) SISMOGRAMMI DELLE 3 ENERGIZZAZIONI; B) ESEMPIO DI PICKING DEI PRIMI ARRIVI; C) DROMOCRONE RELATIVE AL PROFILO SISMICO

La elaborazione delle stesse mediante algoritmi sofisticati permette di ottenere il modello di distribuzione delle velocità V_p e V_s (Fig. 9).

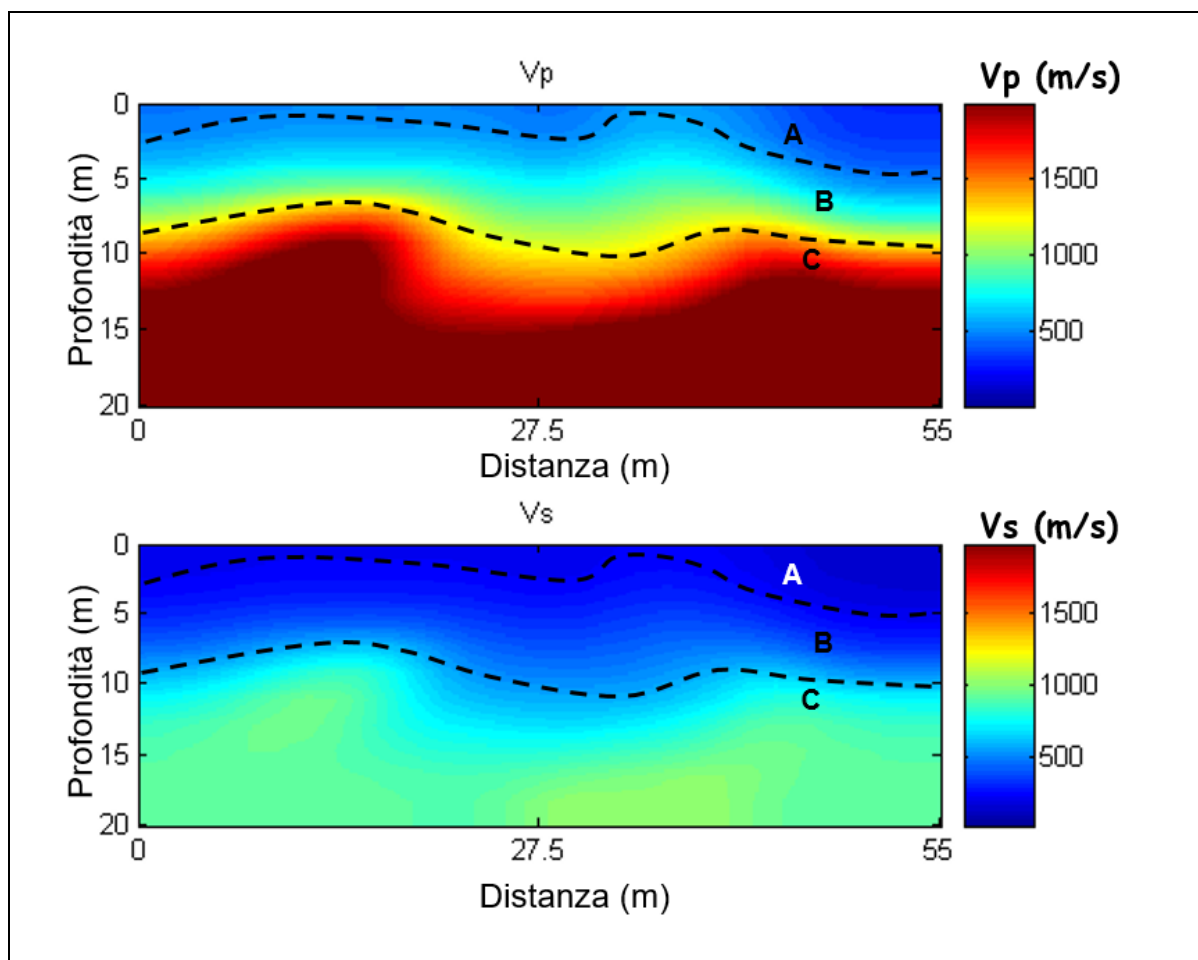


FIG. 9: MODELLO DI DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITÀ VP E VS A VARIE PROFONDITÀ.

Dalla Fig. 9 si evince che i valori di Vp sono generalmente compresi tra 400m/s e 2200m/s mentre valori di Vs sono generalmente compresi tra 200m/s e 1000m/s.

In particolare è possibile distinguere

A: $V_p=400\text{m/s}$ ($V_s=200\text{m/s}$); strato superficiale da 0.2m a 4.0m circa di profondità;

B: $800 < V_p < 1100\text{m/s}$ ($400 < V_s < 500\text{m/s}$); probabile presenza di materiale poco compatto che raggiunge una profondità compresa tra 7.5m e 9.5m circa;

C: $2000 < V_p < 2200\text{m/s}$ ($900 < V_s < 1000\text{m/s}$); probabile presenza di materiale più compatto.

Attraverso l'utilizzo delle relazioni empiriche sopra descritte è possibile ottenere i modelli di distribuzione dei parametri densità di massa e coesione (Fig. 10).

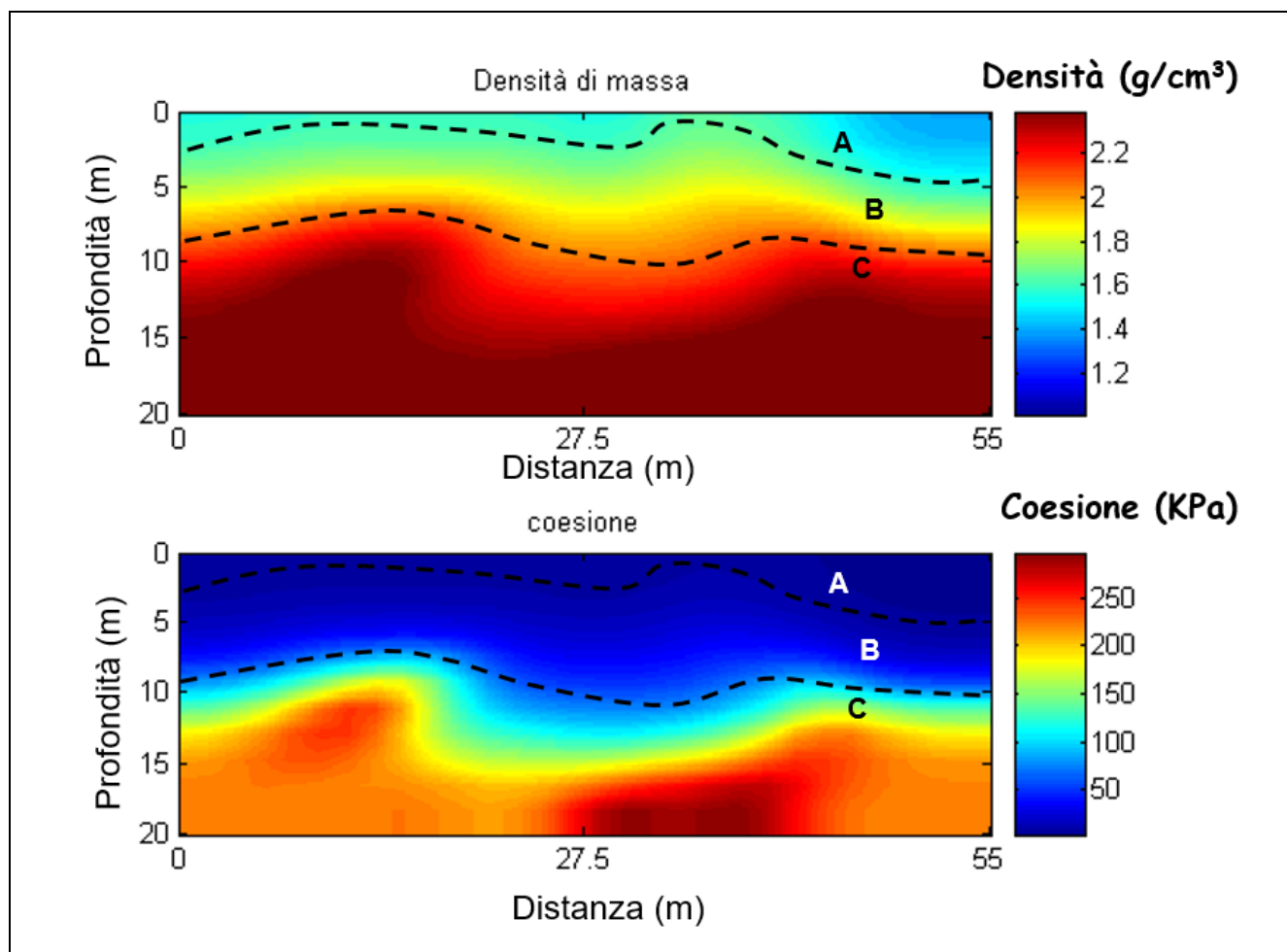


FIG. 10: MODELLO DI DISTRIBUZIONE DELLA DENSITÀ DI MASSA E COESIONE ALLE VARIE PROFONDITÀ.

Analizzando i parametri si ottiene la tabella riassuntiva 1

Tab. 1: Riassunto dei risultati

strato	Densità (g/cm3)	Coesione (KPa)
A	1.6	20
B	1.9	50
C	2.2	220

E' anche possibile, attraverso l'utilizzo delle velocità di propagazione delle onde P ed S, stimare i valori di densità di massa (ρ) delle formazioni rocciose indagate. La relazione empirica utilizzata per la stima di ρ è:

$$\rho = 0.23V_p^{0.25}$$

E' possibile il calcolo del coefficiente di Poisson (σ), del modulo di Young (E) e del modulo di taglio (G).

$$\sigma = \frac{0.5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}$$

$$E = 2\rho V_p^2 (1 + \sigma)$$

$$G = \rho V_s^2$$

Tab. 2: modulo di taglio

strato	σ	E (MPa)	G (MPa)	Lamè (MPa)	Bulk (MPa)
A	0.35	1289	477	1112	1431
B	0.33	1300	482	1126	1447
C	0.30	5325	1972	4602	5917



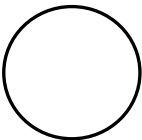
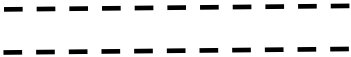
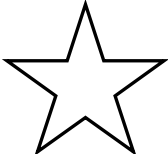
FIG. 11 - FASE DI ACQUISIZIONE STESA SISMICA

INDAGINI GEORADAR ACQUISITE

L'indagine geognostica è stata condotta nel modo seguente.

Sono state eseguite indagini acquisizioni parallele ed equidistanziate così come riportato schematicamente in planimetria.

Simboli utilizzati nelle rappresentazioni bidimensionali:

Cerchi o "S" 	Indicazione dei sottoservizi
Quadrati 	Indicazione di anomalie elettromagnetiche riferibili a probabili strutture antropiche sepolte
Tratteggio 	Variazione elettromagnetica probabile Superficie di variazione elettromagnetica.
Tratteggio doppio 	Variazione elettromagnetica probabile sottoservizio a sviluppo parallelo alla direzione di acquisizione
Stelle 	Indicazione di anomalie elettromagnetiche riferibili a probabili ordigni bellici sepolti.

Tale tecnologia non permette la misurazione univoca (VALORE ASSOLUTO) degli spessori delle strutture sepolte, ma permette una caratterizzazione dimensionale comparativa (VALORE RELATIVO).

In altre parole, la velocità di propagazione delle onde elettromagnetica è in funzione delle caratteristiche dielettriche del mezzo attraversato. Tali caratteristiche dielettriche non hanno valori tabellari, ma si differenziano in funzione delle proprietà meccaniche, porosità, composizione mineralogica, disposizione degli elementi costituenti, natura degli elementi costituenti; e da altre caratteristiche del mezzo attraversato. Tali componenti non sempre sono determinabili con esattezza.

L'esperienza e la conoscenza acquisita nello studio delle modalità di propagazione delle onde elettromagnetiche e le prove empiriche effettuate su porzioni di litologie a composizione nota, permette di conoscere i valori dielettrici delle differenti litologie permettendo di attribuire valori dielettrici corretti alle litologie.

Attribuendo una costante dielettrica al mezzo attraversato, si può ricavare la velocità di propagazione delle onde e conseguentemente la scala di profondità indagata dalle stesse; conoscendo i tempi impiegati dalle onde, dal momento dell'emissione nel terreno al momento della ricezione delle onde riflesse e rifratte dal mezzo attraversato.

Ciò permette di stimare un valore assoluto con una certa approssimazione, ma che non va assunto con certezza assoluta.

L'unica certezza è nella valutazione della grandezza per via comparativa (es. struttura dimensionalmente più spessa di altra), ma non attribuibile valore assoluto certo.

LE ACQUISIZIONI CONDOTTE NON HANNO APPREZZATO ANOMALIE ELETTRROMAGNETICHE RIFERIBILI A ORDIGNI BELLICI INESPLOSI; hanno permesso di rilevare aree a forte anomalia elettromagnetica riferibile ad elementi antropici sepolti riportati in sezione indicati con "S" sottoservizi e "C" canale probabile nei radargrammi di seguito riportati.

Sono state compiute, compatibilmente alle condizioni del sito, n.18 sezioni di acquisizione totali e sono state utilizzate per lo sviluppo di layers e modello pseudo 3D

Le sezioni sono rappresentate con i valori in metri della distanza e della profondità indagata permettendo pertanto la localizzazione immediata delle anomalie elettromagnetiche interpretate.

Di seguito saranno riportate le sezioni riferibili ai supporti grafici prodotti con indicazione delle evidenze intercettate ed interprete. Ogni sezione è stata posizionata nella pianta allegata.

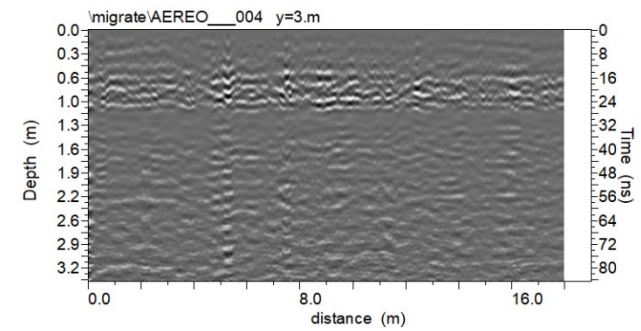
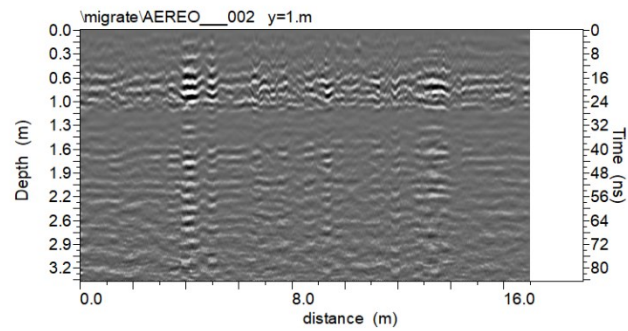
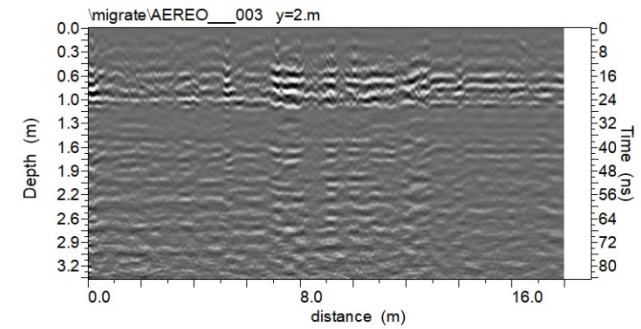
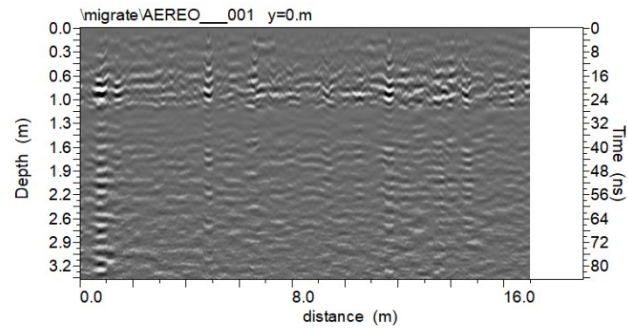
Le sezioni sono rappresentate con i valori in metri della distanza e della profondità indagata permettendo pertanto la localizzazione immediata delle anomalie elettromagnetiche interpretate esse sono state acquisite come schematizzato nella figura successiva e definito sul sito con indicazione dei punti di inizio dell'acquisizione.

Ogni inizio di sezione di acquisizione è stato riportato sul sito, compreso allocazione delle anomalie interpretati e delle aree con anomalie elettromagnetiche riferibili a probabili strutture antropiche sepolte.

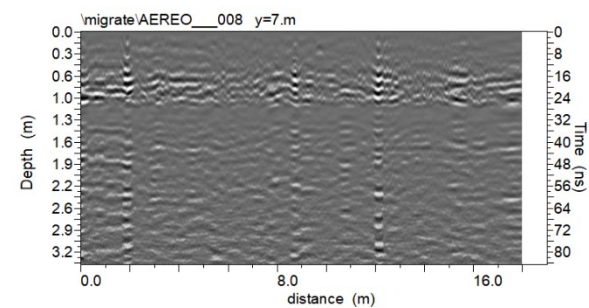
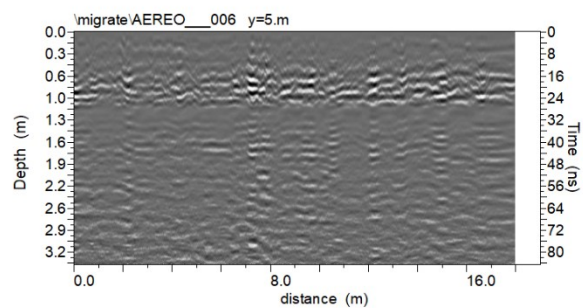
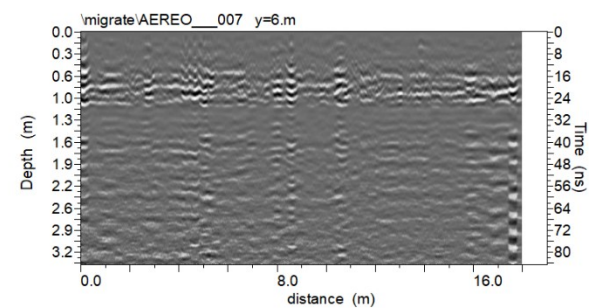
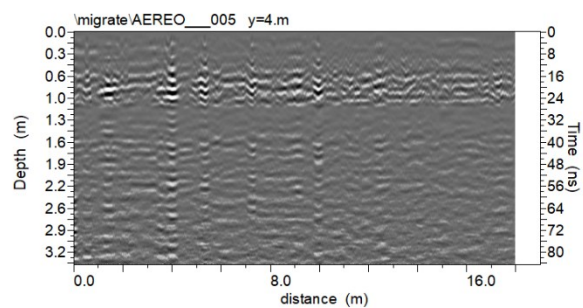
Sono di seguito riportate le rappresentazioni bidimensionali delle sezioni 1 – 18 riprodotte con l'eliminazione del "ringing" diffuso apprezzato nelle precedenti rappresentazioni. Le acquisizioni realizzate non hanno riscontrato anomalie elettromagnetiche interpretabili e riferibili ad ordigni bellici inesplosi.



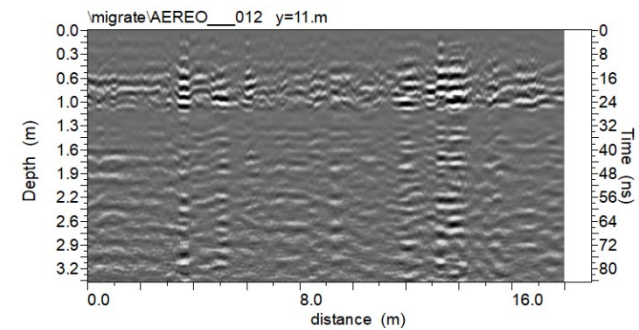
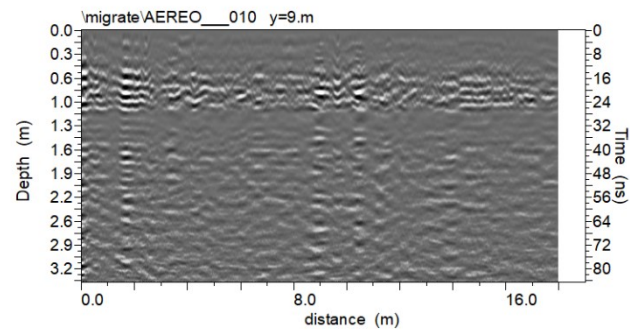
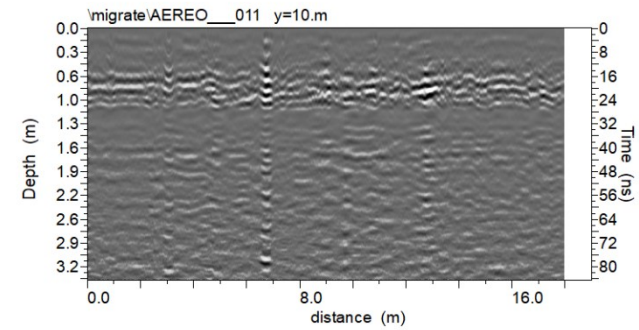
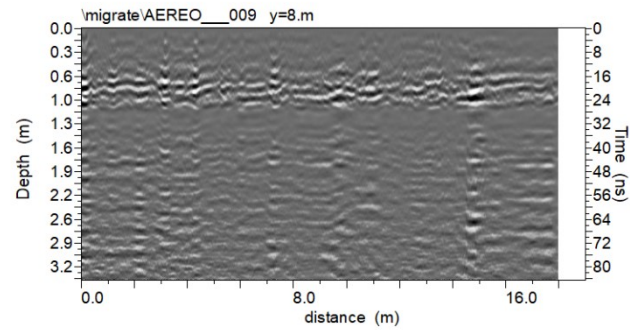
FIG. 12 - FASE DI ACQUISIZIONE SEZIONE 1



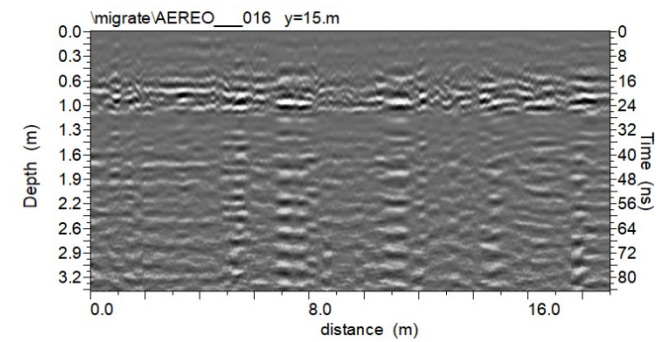
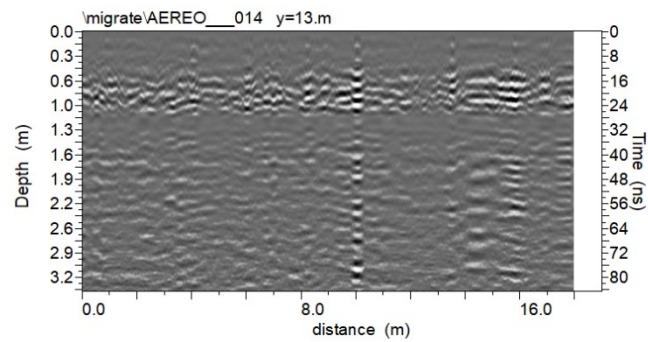
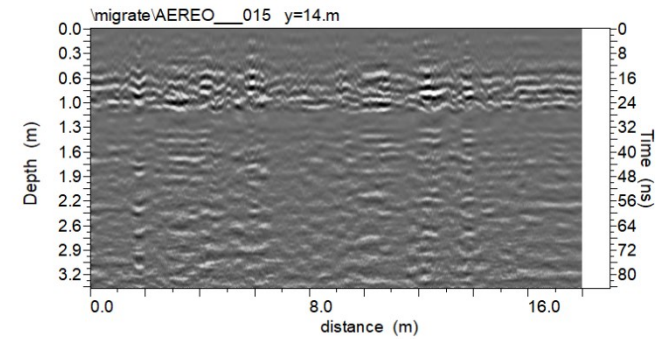
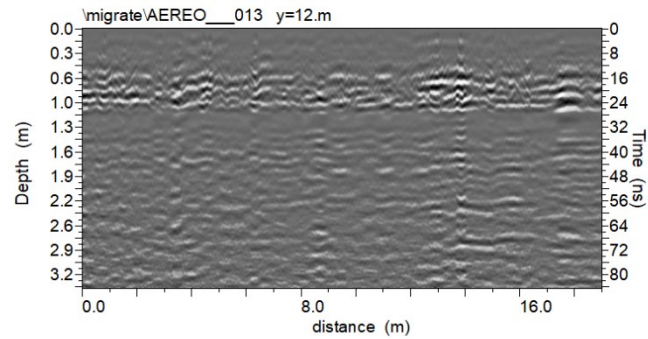
SEZIONE 1 -4



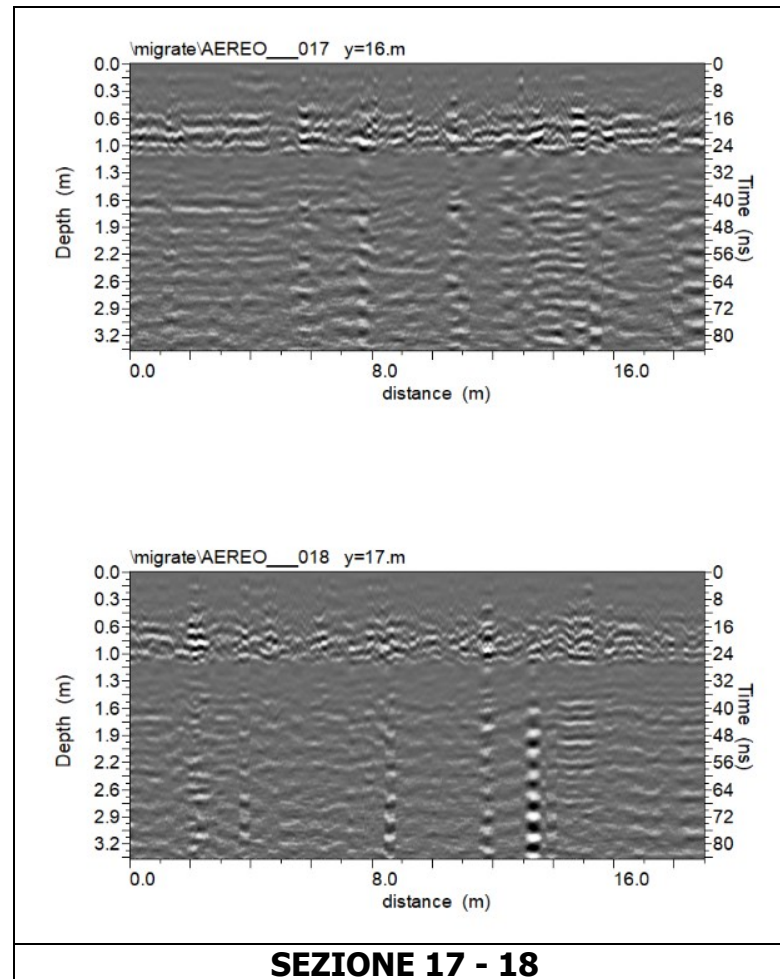
SEZIONE 5 - 8



SEZIONE 9 - 12



SEZIONE 13 - 16

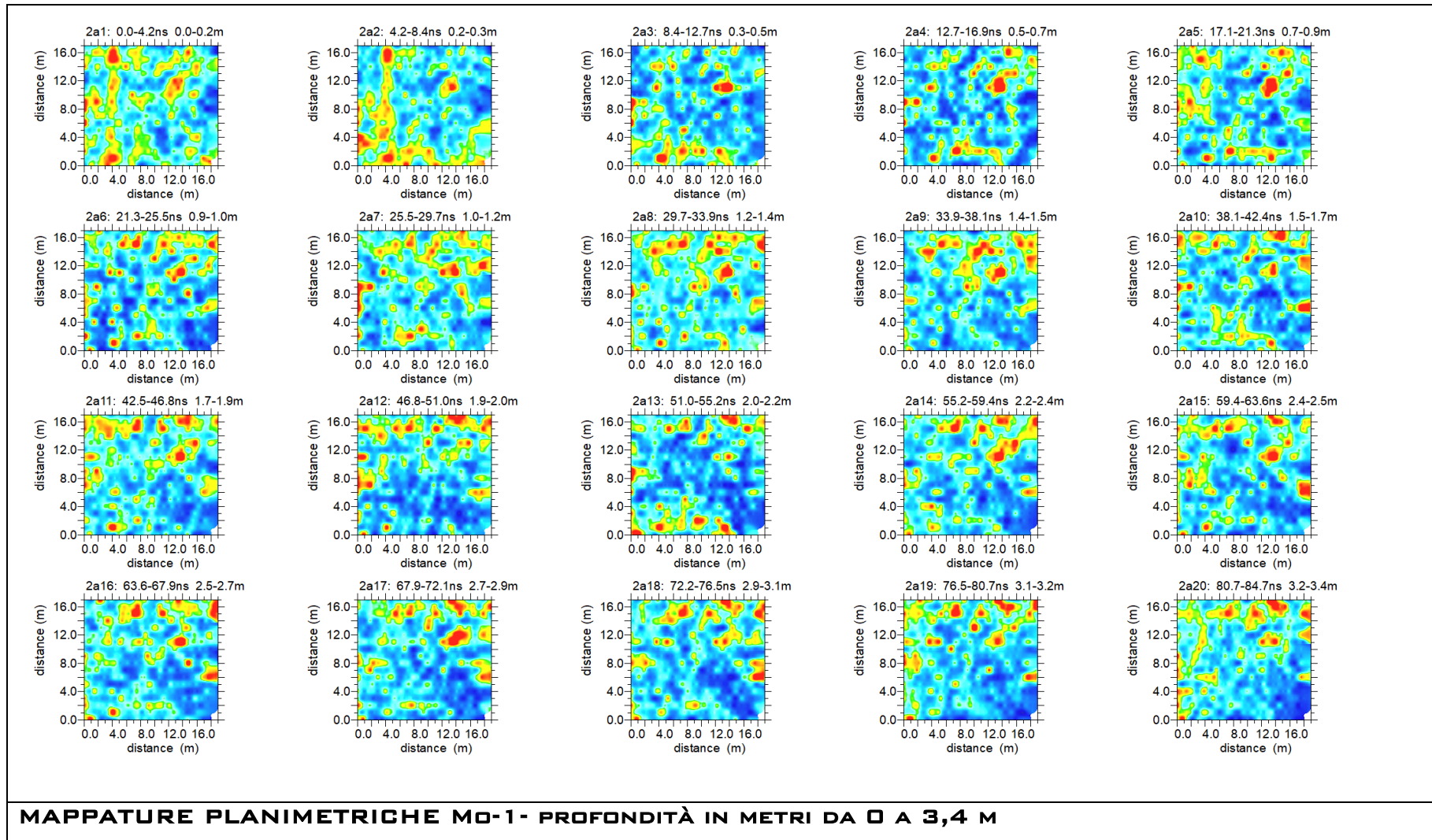


La produzione di rappresentazione bidimensionale delle acquisizioni opportunamente ripulite dal disturbo di fondo, applicando appositi filtri, eliminano il "ringing", permettono di interpretare il segnale a profondità maggiore. In particolare si evidenziano anomalie elettromagnetiche riferibili a probabili elementi antropici sepolti, a luogo, i oltre i 3,0 m dal p.c..

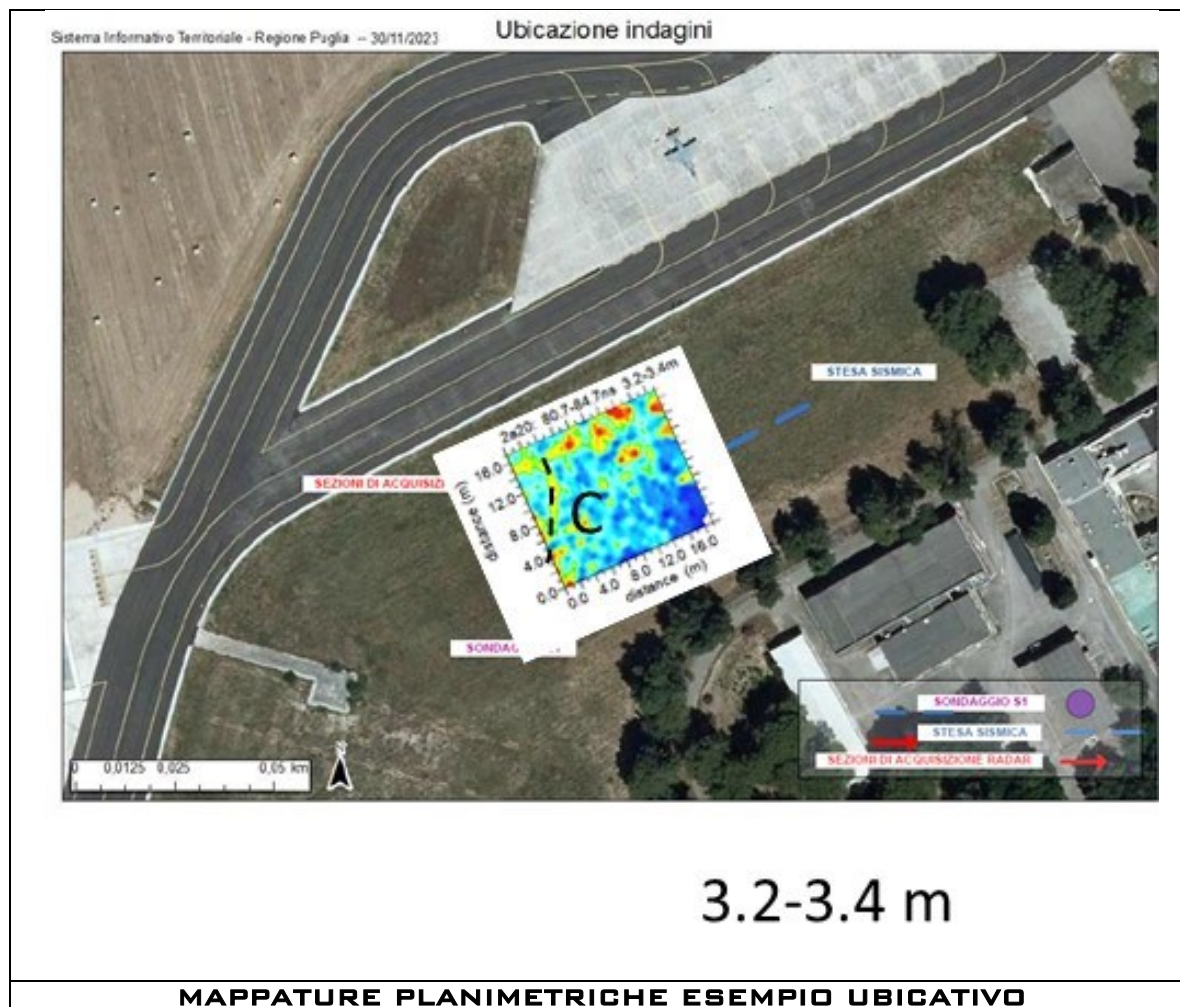
Si conferma la probabile assenza, nell'area indagata con adeguato dettaglio, di residui bellici.

Sono di seguito riportate le risultanze dall'elaborazione in "layers", producendo le mappature planimetriche ricavate dalle acquisizioni effettuate parallelamente e consecutive equidistanziate e riportando le risultanze per "fette" di profondità.

I risultati vengono riprodotti in modello 3D riferito al totale dello spessore indagato e riferito a profondità di dettaglio.







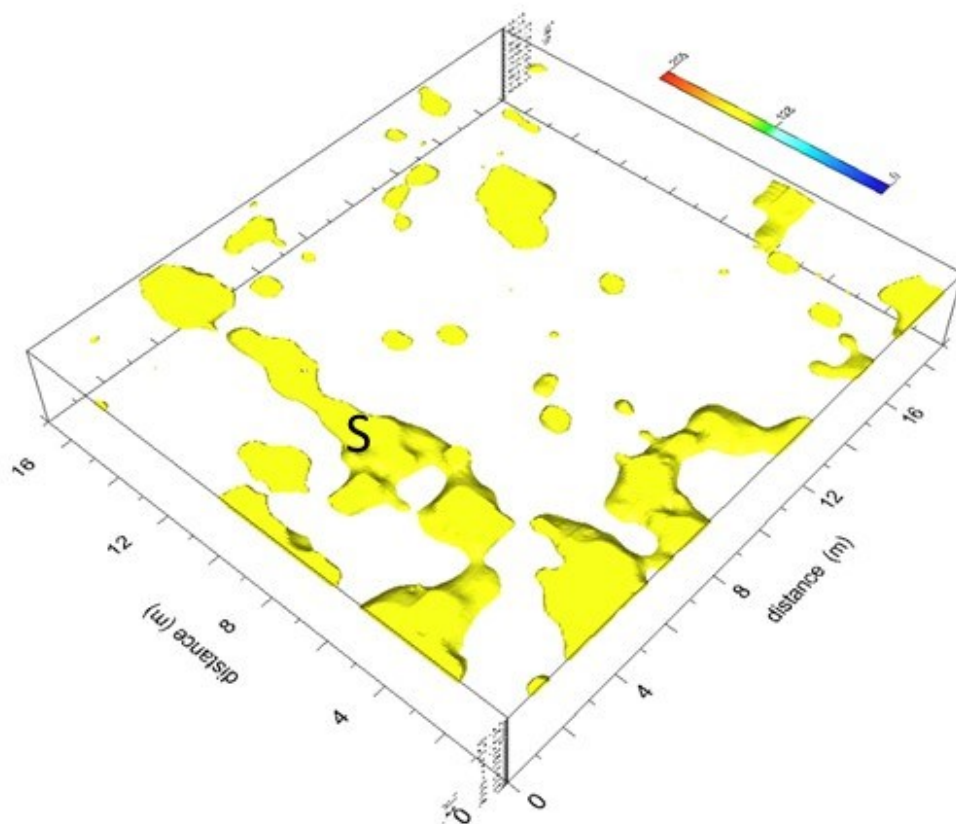
Le riproduzioni ben individuano delle aree a risposta elettromagnetica difforme individuabili e definibili. Trattasi di lineazioni e anomalie che si sviluppano lateralmente ed in profondità apprezzabili, retaggio di elementi strutturali antropici in un contesto antropizzato e riportato.

Interessante la localizzazione e le lineazioni interpretabili nel Mo -1 dove sono apprezzabili strutture dal p.c fino ai 3,4 m di profondità stimati.

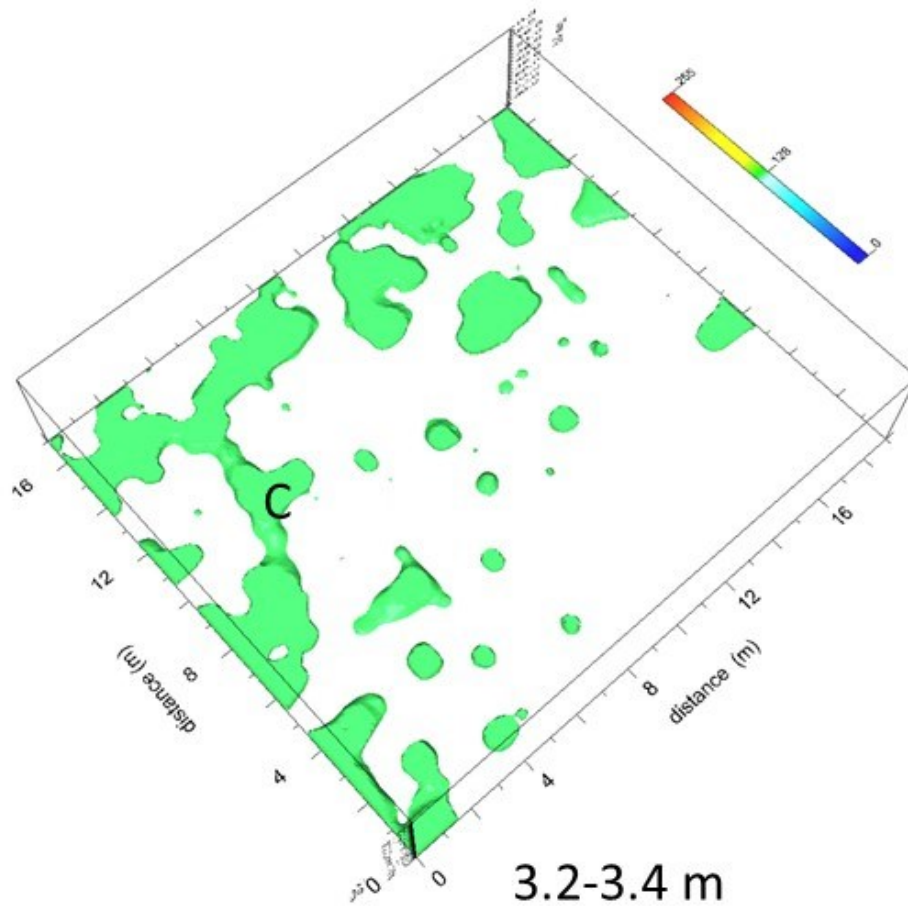
Anche tale rappresentazione non rileva anomalie elettromagnetiche riferibili a ordigni bellici sepolti.

TIME SLICES – MODELLO 3D

Allineamenti sono interpretabili e visibili, a profondità compresa tra 0,2 e 0,3m.



ISOSUPERFICI DI AMPIEZZA - S PROBABILE SOTTOSERVIZIO SUPERFICIALE 0,2 – 0,3 M STIMATI



ISOSUPERFICI DI AMPIEZZA - c PROBABILE SOTTOSERVIZIO SUPERFICIALE 3,2 – 3,4 M STIMATI

La produzione di rappresentazione bidimensionale delle acquisizioni opportunamente ripulite dal disturbo di fondo, con innovativa tecnica, applicando appositi filtri, eliminano il "ringing", permettono di interpretare il segnale a profondità maggiore. In particolare si apprezzano deboli anomalie elettromagnetiche riferibili a probabili elementi antropici sepolti oltre i 3,2 m dal p.c. in porzione dell'area.

Pertanto non si escludono elementi antropici posti oltre i primi 2 m dal p.c. rilevati durante il sondaggio a carotaggio continuo eseguito.

Oltre i 2 m dal p.c., a luogo, sono diffuse anomalie, lineazioni, elementi di probabile origine antropica (manufatti?).

PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

Riassumendo sinteticamente, le indagini geognostiche dirette ed indirette effettuate hanno permesso di ricavare la successione stratigrafica costituita da n. 3 orizzonti litologici:

- termini riportati frammisti a terreno vegetale costituiti da terre rosse di alterazione compatte, avente uno spessore di 2,0 m;

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLO **STRATO N.1** - **COPERTURA TERRIGENA – ETEROMETRICO variabile tra 2,0 (rilevato con sondaggio a carotaggio continuo) e 3,4 m (da indagine geognostica indiretta).**

angolo di attrito $\varphi = 19 - 14^\circ$;

Indice dei vuoti "e" = 0,4 – 0,8.

Coesione C = valori compresi tra 0 – 0,4 kg/cm²;

Coefficiente di spinta a riposo "K₀" = valori tra 0,6 e 1

Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,5 - 1,9$ g/cm³;

Modulo di Edometrico M = 30 - 80 kg/cm²

Modulo di Poisson = 0,35.

- depositi sabbiosi a consistenza variabile da consistente a molto consistente, con circolazione idrica effimera.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELLO **STRATO N.2** **compreso tra 2,0 (rilevato con sondaggio a carotaggio continuo) e 3,4 m (da indagine geognostica indiretta) e 9,8 m medi dal p.c.. depositi sabbiosi consistenti nel complesso.**

angolo di attrito $\varphi = 23 - 33^\circ$;

Coesione C = valori compresi tra 0 – 0,5 kg/cm²;

Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,5 - 1,8$ g/cm³;

Peso per unità di volume $\gamma_s = 1,8$ g/cm³;

Modulo di Poisson = 0,30 – 0,35.

Relazionando il comportamento geomeccanico dello spessore litologico in questione rilevato mediante misurazione dei Nspt realizzate in area limitrofa riferibile, per il quale è stato assunto il valore di 14 in ragione dei valori di SPT realizzati e riscontrati (9/14/27). Assumendo 14 colpi come valore di riferimento SPT all'interno dei termini riscontrati (numero colpi necessari all'avanzamento) si posso empiricamente calcolare i parametri geotecnici dei litostrati individuati utilizzando formule di ormai acclarata efficacia e riconosciute dal mondo accademico e riportate in numerosi tomi. Per la definizione dei parametri utilizzeremo quanto riportato in:

- *"Ingegneria Geotecnica e Geologia Applicata di Faustino Cetraro EPC Libri"*
- *"Elementi di Geotecnica" P. Colombo – F. Colleselli; Ed. Zanichelli;*
- *"Calcolo delle Fondazioni" A. Ardolino –Dario Flaccovio Editore.*

Una metodologia utilizzata in sabbie, sabbie limose per la definizione dell'**Angolo di Attrito ϕ** poste ad una profondità compresa tra 3,5 m e 9,0 m è il Metodo Diretto ROAD BRIDGE SPECIFICATION che relaziona i parametri Nspt – ϕ mediante la seguente relazione:

$$\phi = 15 + \sqrt{15 \cdot N_{spt}} \quad *$$

* *"Ingegneria Geotecnica e Geologia Applicata di Faustino Cetraro EPC Libri"*

dove Nspt rappresenta il numero di colpi medio nello strato considerato che ottiene per le sabbie limose moderatamente consistenti, valore dell'angolo d'attrito di

$$\phi = 29^\circ$$

Per la definizione del **Modulo di Deformazione o Modulo di Young E** si è utilizzato il **Metodo D'APOLLONIA ET ALII** applicabile per litologie sabbiose sovra-consolidate.

La formula è la seguente:

$$E = 375 + 10,63 \cdot N_{spt} = \text{kg/cm}^2$$

* *"Ingegneria Geotecnica e Geologia Applicata di Faustino Cetraro EPC Libri"*

per litologie sabbiose sovra-consolidate, valore del Modulo di Deformazione è

$$E = 523,82 \text{ kg/cm}^2$$

Per la definizione del **Modulo di Edometrico M** si è utilizzato il Metodo di MENZENBACH E MALCEV che si basa sull'utilizzazione della seguente formula per le sabbie medie
 La formula è la seguente:

$$M = 38 + 4,46 * N_{spt} = \text{kg/cm}^2$$

* "Ingegneria Geotecnica e Geologia Applicata di Faustino Cetraro EPC Libri"

per sabbie limose moderatamente consistenti, valore del Modulo di Deformazione è

$$M = 100,44 \text{ kg/cm}^2$$

DA BIBLIOGRAFIA e DA FORMULE EMPIRICHE	DA STESE SISMICHE	DA LABORATORIO
angolo di attrito $\varphi = 29^\circ$;		angolo di attrito $\varphi = 23,4^\circ$;
Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,7 - 1,9 \text{ g/cm}^3$	Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,7 \text{ g/cm}^3$	Peso per unità di volume $\gamma_n = 18,6 \text{ Kn/m}^3$
Modulo Edometrico "M" 100,44 Kg/cm ²		
Modulo di Elasticità "E" compreso tra 1.000 e 6.000 Kg/cm ²	Modulo di Elasticità "E" 1300 MPa ovvero 13.256 Kg/cm ²	
Coesione C = 0 - 5,0 Kg/m ²	Coesione C = 50 kPa ovvero 5098 Kg/m ²	Coesione C = 6,6 kPa ovvero 673 Kg/m ²
Coefficiente di Poisson: 0,29 - 0,33.	Coefficiente di Poisson: 0,33.	

- Ammasso roccioso calcareo molto compatto e tenace.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELLO STRATO N.3 da 9,8 a 15,0 m medi dal p.c.. ***ammasso roccioso calcareo***

Mentre parametri geotecnici dell'ammasso calcareo definito **Calcare di Altamura** sottoposto a circa 9,8 m dal p.c.:

angolo di attrito $\varphi = 38^\circ - 54^\circ$;

Peso per unità di volume $\gamma_n = 2,0 - 2,5 \text{ g/cm}^3$

Resistenza a compressione $\sigma = 42 - 236 \text{ Kg/cm}^2$

Modulo di Elasticità "E" compreso tra 8.000 e 20.000 Kg/cm^2

Coesione $C_u = 10.000 - 40.000 \text{ Kg/m}^2$

Coefficiente di Poisson: 0,28 - 0,30.

CONCLUSIONI

Relativamente all'aspetto stratigrafico e geotecnico si è accertata l'esistenza di spessore di riporto e terre rosse di alterazione variabile da 2,0 m a 3,2 m medi, sovrapposto a termini sabbiosi a consistenza variabile. Durante le fasi di carotaggio non è stata apprezzata circolazione idrodinamica, ma non si esclude circolazione idrodinamica effimera in condizioni di precipitazioni insistenti. Successivamente, a 9,8 m dal p.c., si intercetta l'ammasso roccioso calcareo.

Visto il quadro litostratigrafico locale sono stati individuati n. 3 orizzonti stratigrafici e parametrizzati i 3 orizzonti significativi.

- livello litologico composto da materiale rimaneggiato e/o riportato e termini terrigeni costituiti da terre rosse di alterazione compatte, avente uno spessore di 2,0 m; le acquisizioni geognostiche indirette permettono di interpretare, a luogo, profondità maggiore di riporto rispetto agli spessori rilevati durante il sondaggio a carotaggio continuo eseguito. Oltre i 2 m dal p.c., a luogo, sono diffuse anomalie, lineazioni, elementi di probabile origine antropica (manufatti?).
- successivamente vi è uno strato a composizione sabbiosa arenacea calcarea con livelli a grado di cementazione variabile, ad aspetto grossolano nel complesso con inclusioni di elementi conglomeratici anche centimetrici; si presenta a colorazione variabile dal bianco all'avorio per i termini sabbiosi meno cementati, al giallastro per i livelli calcarenitici vacuolari compatti; tali livelli centimetrici di calcarenite vacuolare molto compatta hanno richiesto maggiore tempo di perforazione durante le fasi di infissione del carotaggio; si apprezzano per uno spessore di 7,80 m, fino a 9,8 m di profondità dal p.c.. Realizzata n. 1 prova SPT a 2,5 m dal p.c. che hanno dato valori di 9/14/27. Prelevato campione a 5,0 m dal p.c.;
- ammasso roccioso calcareo definibile consistente – molto consistente apprezzata fino alla profondità di 15,0 m medi dal p.c. per uno spessore di 5,2 m., con probabile grado di RQD (Rock Quality Designation), ovvero grado di frantumazione,

prossimo al 90% permettendo di parametrizzarlo come ammasso roccioso molto consistente.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLO STRATO N.1 -

COPERTURA TERRIGENA E RIPORTO – ETEROMETRICO variabile tra 2,0 m (rilevato con sondaggio a carotaggio continuo) e 3,4 m (da indagine geognostica indiretta).

angolo di attrito $\varphi = 19 - 14^\circ$;

Indice dei vuoti "e" = 0,4 – 0,8.

Coesione C = valori compresi tra 0 – 0,4 kg/cm²;

Coefficiente di spinta a riposo "K₀" = valori tra 0,6 e 1

Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,5 - 1,9$ g/cm³;

Modulo di Edometrico M = 30 - 80 kg/cm²

Modulo di Poisson = 0,35.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLO STRATO N.2

compreso tra 2,0 (rilevato con sondaggio a carotaggio continuo) e 3,4 m (da indagine geognostica indiretta) e 9,8 m medi dal p.c.. - depositi sabbiosi consistenti nel complesso.

angolo di attrito $\varphi = 22 - 33^\circ$;

Coesione C = valori compresi tra 0 – 0,5 kg/cm²;;

Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,5 - 1,8$ g/cm³;

Peso per unità di volume $\gamma_s = 1,8$ g/cm³;

Modulo di Poisson = 0,30 – 0,35.

Valori da prova di laboratorio allegata:

- Coesione C (tensioni efficaci da Taglio Diretto) **6,6 KPa**

- angolo di attrito φ (tensioni efficaci da Taglio Diretto) **23,4°**

- Peso per unità di volume γ_n **1,86 g/cm³**

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLO STRATO N.3-

AMMASSO ROCCIOSO CALCAREO FRATTURATO da 9,8 m

angolo di attrito $\varphi = 38^\circ - 54^\circ$;

Peso per unità di volume $\gamma_n = 2,0 - 2,5$ g/cm³

Resistenza a compressione $\sigma = 42 - 236$ Kg/cm²

Modulo di Elasticità "E" compreso tra 8.000 e 20.000 Kg/cm²

Coesione Cu = 10.000 – 40.000 Kg/m²

Coefficiente di Poisson: 0,28 – 0,30.

Circolazione idrodinamica è da considerarsi effimera e di breve durata, legata a periodi particolarmente piovosi che permettono in verificarsi di condizioni di imbibizione dei termini sabbiosi.

A seconda delle esigenze della Committenza verranno fornite documentazioni integrative a quelle attuali, compreso anche eventuali ulteriori accertamenti sul terreno e/o assistenza tecnica durante la messa in opera.

Martina Franca dicembre 2023

IL TECNICO

Geologo Gianfranco Moro



Questo rapporto professionale è stato stampato su entrambi i lati. Ciò comporta una riduzione significativa del consumo di carta a fronte di una limitata scomodità nella consultazione.

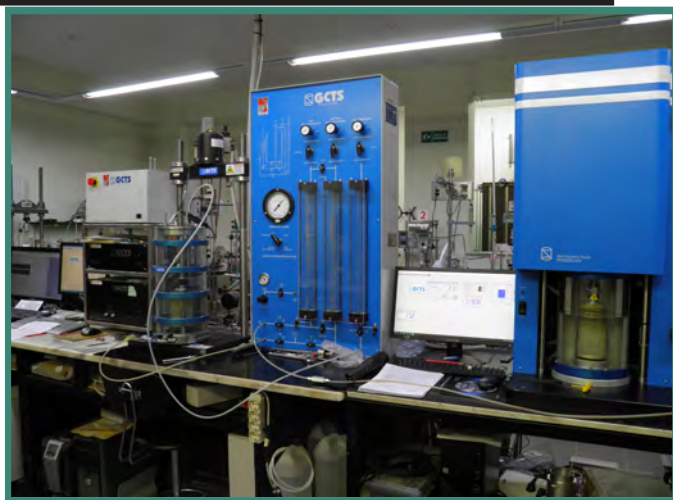
ALLEGATI report redatti da tecnico abilitato

- certificati analisi di laboratorio

Committente: **Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)**

Riferimento: **Realizzazione di Nuova Torre COCA
in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)**

Verbale n.: **327/03.11.2023** - Certificati n.: **06030-06035** - Emissione: **22/11/2023**



COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 5,00-5,45

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	29,2	%
Peso di volume	18,6	kN/m ³
Peso di volume secco	14,4	kN/m ³
Peso di volume saturo	18,9	kN/m ³
Peso specifico	2,73	
Indice dei vuoti	0,860	
Porosità	46,2	%
Grado di saturazione	92,7	%

LIMITI DI CONSISTENZA

Limite di liquidità	49,5	%
Limite di plasticità	28,2	%
Indice di plasticità	21,3	%
Indice di consistenza	0,95	
Passante al set. n° 40	SI	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia		%
Sabbia	4,6	%
Limo	51,4	%
Argilla	44,0	%

CLASSIFICAZIONE

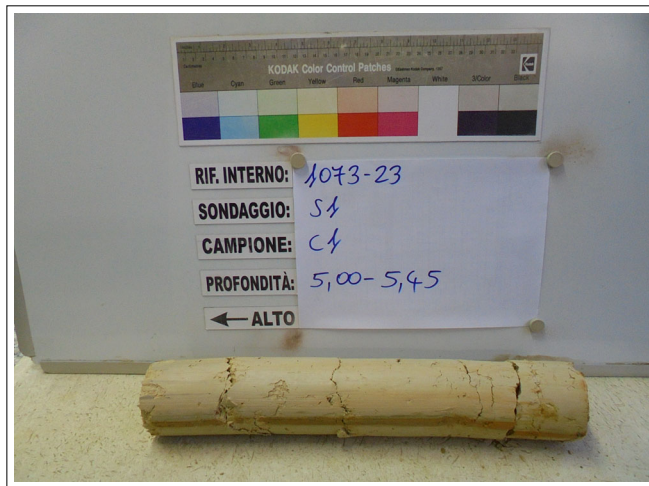
CNR-UNI 10006/00

A7-6 I.G. = 14

TAGLIO DIRETTO

Coesione:	6,6	kPa
Angolo di attrito interno:	23,4	°

FOTOGRAFIA



Posizione delle prove
GR CF TD

cm

Rp
kPa

VT
kPa

cm

DESCRIZIONE DEL CAMPIONE

Limo con argilla e tracce di sabbia (f), di colore avana, moderatamente consistente e a struttura omogenea. Reagente all'HCl

Qualità del campione: Q5

1073-23

DEFINIZIONI ADOTTATE PER LA DESCRIZIONE DEI CAMPIONI

CONSERVAZIONE ED APERTURA DEI CAMPIONI

Dopo il controllo dei dati identificativi, i campioni ricevuti sono stati ricoverati in camera climatica in cui temperatura e umidità relativa vengono mantenute costanti rispettivamente a 20°C e oltre 85 %.

Per ogni campione aperto sono stati rilevati i dati identificativi (sondaggio e numero d'ordine progressivo). Il modulo di prova è stato quindi compilato con data di consegna, data di apertura e con ogni altra informazione disponibile riguardo le modalità di campionamento. Per tutti i campioni in fustella esaminati è stata adottata l'estrusione orizzontale: con un estrusore pneumatico, provvisto di variatore di pressione e di teste intercambiabili in funzione del diametro interno del carotiere, il campione è stato estratto in una singola corsa e depositato su un banco posto allo stesso livello del bordo della fustella; dopo una cauta scorticazione del terreno per liberarlo dal velo costituito dal fango di perforazione è stata ottenuta una ripresa fotografica.

DESCRIZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La descrizione del campione, riportata sul "*Modulo Riassuntivo*", raccoglie tutte le indicazioni desunte dall'osservazione delle caratteristiche del campione immediatamente dopo la sua estrusione e scorticazione. Sono state in primo luogo descritte le caratteristiche generali del campione, evidenziando ad esempio la eventuale presenza di discontinuità, fratture o rammollimenti di alcune parti del campione stesso. Il campione è stato quindi descritto evidenziando le parti aventi caratteristiche omogenee, nel seguito chiamate "**settori**". Ogni singolo settore è stato analizzato a partire dalla testa del campione, secondo il seguente ordine: delimitazione del settore, natura del materiale, colore, struttura (se riconoscibile), consistenza (se misurabile) e nell'eventualità, presenza di materiale organico vegetale, reattività con acido cloridrico, strutture subordinate, discontinuità, torba e/o fossili. Per i campioni rimaneggiati la descrizione è stata di norma adeguata alle caratteristiche del campione e limitata alle informazioni relative a natura del terreno, colore, reattività con acido cloridrico ed eventuali presenze di strutture subordinate e/o torba o fossili.

I **limiti spaziali** del settore sono stati espressi in metri, attribuendo alla testa del campione la profondità reale di campionamento.

La **natura del terreno** è stata descritta con riferimento alle dimensioni dei grani ed alle percentuali dei diversi tipi di materiali presenti, così come determinati visivamente dall'Operatore e successivamente tramite verifica con le analisi granulometriche secondo lo schema e le definizioni delle Raccomandazioni AGI (AGI, 1977). Al materiale è stato attribuito il nome della percentuale più rilevante seguita da specificazioni per indicare le frazioni minoritarie. **Per la ghiaia è stato descritto l'assortimento, il grado di arrotondamento, la forma e la dimensione maggiore (Lmax) espressa in millimetri; mentre per la sabbia è stato descritto l'assortimento e, per la frazione avente grani ben osservabili ad occhio nudo, è stato anche riportato il grado di arrotondamento.**

Per descrivere l'**assortimento** sono stati utilizzati i termini fine (f), media (m), grossolana (g), medio fine (m/f), medio grossolana (m/g) ed eterogenea.

Per il **grado di arrotondamento** sono stati usati i termini arrotondata, subarrotondata, subangolare, angolare con riferimento alle fig. 1 (Rittenhouse, 1943) per la sabbia e alla fig. 1 per la ghiaia e i ciottoli (Pettijohn, 1949).

Per la **forma** sono stati usati i termini discoidale, sferoidale, lamellare, allungata con riferimento allo schema di fig. 1 (Gnaccolini, 1978), in cui la dimensione dell'elemento di dimensione maggiore (Lmax) è espressa in centimetri.

Il **colore fondamentale** o i colori fondamentali (se più di uno, ma distribuiti senza una struttura particolare)

sono stati descritti con l'ausilio della Tavola dei colori Munsell (Munsell, 1975) fornendo il nome e la sigla.

La **struttura** del settore, cioè l'organizzazione macroscopica delle particelle costituenti il materiale, è stata individuata, quando evidente, con riferimento ai seguenti tipi:

Struttura omogenea: consiste in materiale con organizzazione indifferenziata delle particelle.

Struttura a livelli: consiste nella presenza di livelli (spessore di materiale maggiore di 6 mm) che si alternano nel settore. I livelli possono essere descritti come da schema di fig. 1.

Struttura laminata: consiste nella presenza di laminazioni e livelli (rispettivamente con spessore di materiale inferiore o superiore a 6 mm) che si alternano nel settore. Queste possono essere descritte come da schema di fig. 1 con il termine "*in alternanza*".

Struttura caotica: è individuata da segni evidenti di rimescolamento legato a fenomeni naturali.

Struttura scagliosa: è individuata dall'attitudine del materiale a sfaldarsi secondo "scaglie".

L'assenza di indicazioni segnala una struttura omogenea del materiale.

La **consistenza** è stata descritta per i soli terreni fini sulla base dei risultati del Penetrometro Tascabile condotti sulle teste del campione o sui fianchi previamente scorticati.

Il **materiale organico** è stato descritto mediante i termini resti vegetali e torba cioè materiale vegetale in variabile stato di decomposizione. Di quest'ultimo sono stati indicati: tessitura: fibrosa o amorfa a seconda che sia stato riconosciuto o meno il tessuto vegetale originario; consistenza: compatta o spugnosa a seconda che possa essere stata o meno manipolata; colore: ricavato dal confronto con le tavole "*Munsell Soil Color Chart*".

Per qualificare un terreno contenente percentuali variabili di torba è stato utilizzato il termine "*torboso*". Si è, infine, fatto uso del termine "*frustolo*" per indicare l'eventuale struttura irregolare della torba.

I **fossili** sono stati descritti con riferimento al colore ed alla loro integrità o fratturazione.

La **reazione all'acido cloridrico** è stata descritta con i termini "*debolmente reagente con HCl*", "*reagente con HCl*", "*fortemente reagente con HCl*". Le classi corrispondono rispettivamente ad una debole reazione, ad una reazione evidente e ad una reazione molto intensa. L'assenza di indicazioni segnala la mancata reazione del materiale con HCl.

Le **strutture subordinate** sono state classificate come livelli, laminazioni, lenti, noduli, granuli, identificabili all'interno del settore per diversa granulometria, reazione con HCl o colore. I termini "*livelli*" e "*laminazioni*" sono stati utilizzati per indicare rispettivamente spessori di materiale superiori e inferiori a 6 mm relativi all'intera sezione del campione. La geometria della loro disposizione è stata descritta con riferimento allo schema di fig. 1. Il termine "*lenti*" è stato utilizzato per descrivere materiali con geometria lentiforme; il termine "*noduli*" per materiali subsferoidali di diametro superiore a 2 mm; il termine "*granuli*" per materiali subsferoidali di diametro inferiore a 2 mm. La descrizione dei materiali subordinati, quando significativa, è stata eseguita con le stesse modalità previste per il settore.

Le **discontinuità** sono state segnalate con il termine "*frattura*", con indicazione dell'eventuale assenza di scabrezza.

Di ogni materiale subordinato è stato indicato l'intervallo di profondità all'interno del quale è stato osservato. Nel caso fosse presente in tutto lo strato considerato, è stato utilizzato il termine "*sparso*". Del materiale subordinato è stata indicata anche la frequenza con gli aggettivi "*raro*", "*qualche*" e "*frequente*". Di ogni campione è stata ottenuta documentazione fotografica per meglio evidenziare i tipi di materiali esaminati e le eventuali anomalie strutturali. Le fotografie sono completate con i dati identificativi, una scala cromatica e un riferimento dimensionale.



.97	ooooo	SABBIA ARROTONDATA	.63	ooooo	SABBIA ANGOLARE
.95	ooooo		.61	ooooo	
.93	ooooo		.59	ooooo	
.91	ooooo		.57	ooooo	
.89	ooooo		.55	ooooo	
.87	ooooo	SABBIA SUBARROTONDATA	.53	ooooo	
.85	ooooo		.51	ooooo	
.83	ooooo		.49	ooooo	
.81	ooooo	SABBIA SUBANGOLARE	.47	ooooo	
.79	ooooo		.45	ooooo	
.77	ooooo				
.75	ooooo	SABBIA ANGOLARE			
.73	ooooo				
.71	ooooo				
.69	ooooo				
.67	ooooo				
.65	ooooo				

Fig. 1/1 - Classificazione delle sabbie in relazione al grado di arrotondamento (Rittenhouse, 1943)

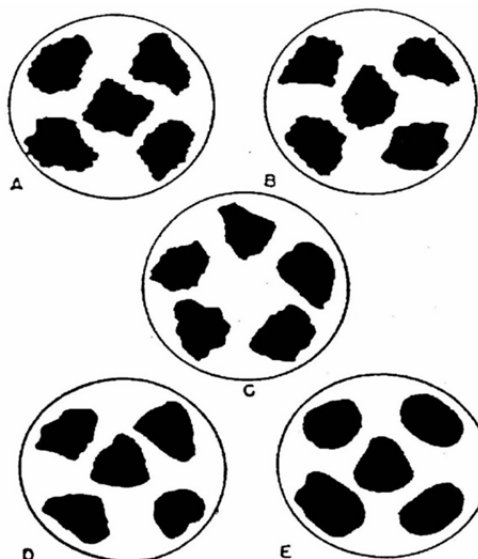


Fig. 1/2 - Classificazione della ghiaia e dei ciottoli in relazione al grado di arrotondamento:

A = Angolare B = Subangolare,
C = Subarrotondata D E = Arrotondata

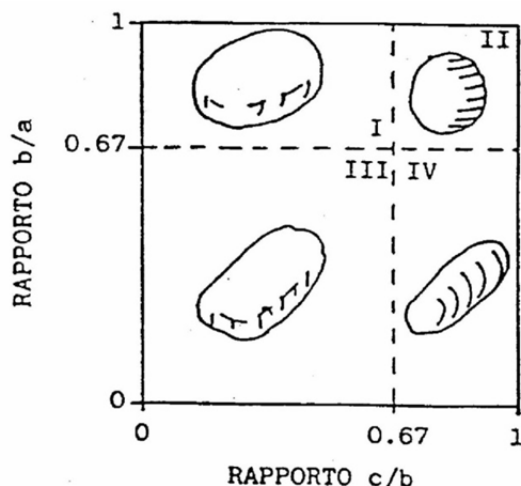


Fig. 1/3 - Classificazione della ghiaia e dei ciottoli in funzione della forma (Gnaccolini, 1978): a, b, c d sono le dimensioni caratteristiche dei grani.

I = discoidali II = sferoidali
III = lamellari IV = allungati

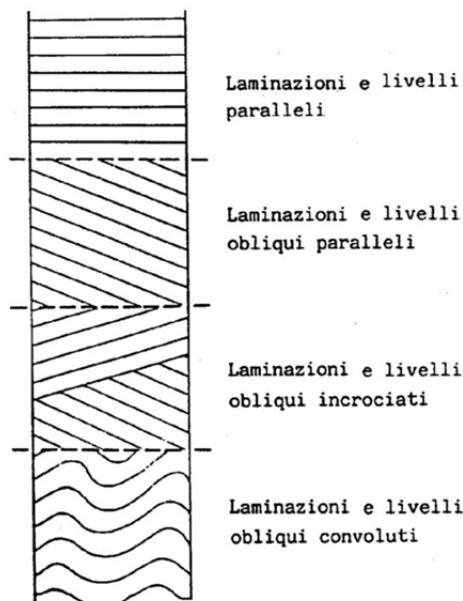


Fig. 1/4

– Schema per la descrizione dei livelli e delle laminazioni.

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA': m** 5,00-5,45

CLASSIFICA BASATA SULLA GRANULOMETRIA

Classifica A.G.I.

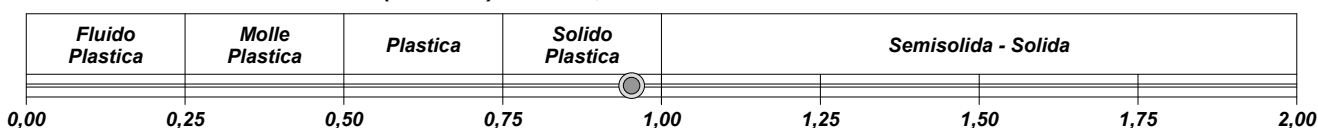
Limo con argilla e tracce di sabbia

CLASSIFICHE BASATE SUI LIMITI DI CONSISTENZA

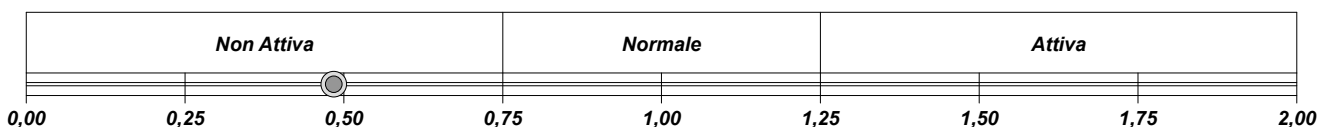
Abaco di plasticità di Casagrande

MI o OI - Limi inorganici o argille e limi organici a media compressibilità

I.C. = Indice di consistenza = $(LL - W_n) / IP = 0,95$



A = Attività (Skempton) = IP / CF (clay fraction) = 0,48



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06030 **Pagina 1/1**

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23

Inizio analisi: 06/11/23

Apertura campione: 06/11/23

Fine analisi: 07/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 5,00-5,45

CONTENUTO D'ACQUA ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma ASTM D2216-19

W_n = contenuto d'acqua allo stato naturale (media delle tre misure) = 29,2 %

☒ **Omogeneo**

Struttura del materiale:

☐ **Stratificato**

☐ **Caotico**

Temperatura di essiccazione: 110 °C

Dimensione massima delle particelle: 3,00 mm

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06031 **Pagina 1/1**

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23

Inizio analisi: 06/11/23

Apertura campione: 06/11/23

Fine analisi: 06/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 5,00-5,45

PESO DI VOLUME ALLO STATO NATURALE

Modalità di prova: Norma BS 1377:1975 Test 15

Determinazione eseguita mediante fustella tarata

Peso di volume allo stato naturale (media delle due misure) = 18,6 kN/m³

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06032 **Pagina 1/1**

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23

Inizio analisi: 16/11/23

Apertura campione: 06/11/23

Fine analisi: 17/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 5,00-5,45

PESO SPECIFICO DEI GRANULI

Modalità di prova: Norma ASTM D854

γ_s = **Peso specifico dei granuli (media delle due misure) = 2,73**

γ_{sc} = **Peso specifico dei granuli corretto a 20° = 2,73**

Metodo: ☒ **A** ☐ **B**

Capacità del picnometro: 100 ml

Temperatura di prova: 21,8 °C

Dimensione massima delle particelle: 3,00 mm

Disaerazione eseguita per bollitura e sotto vuoto

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06033 **Pagina** 1/1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23 **Inizio analisi:** 16/11/23
Apertura campione: 06/11/23 **Fine analisi:** 17/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 5,00-5,45

LIMITI DI CONSISTENZA LIQUIDO E PLASTICO

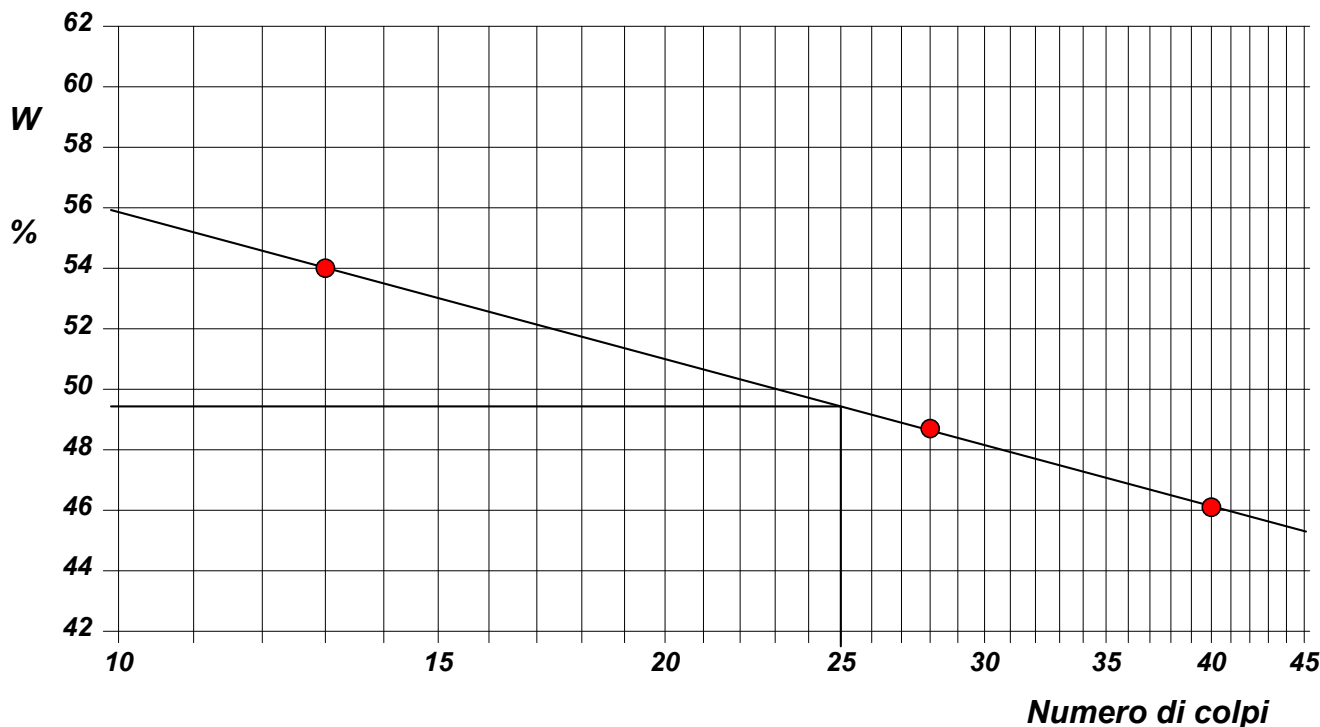
Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17e1

Limite di liquidità	49,5 %
Limite di plasticità	28,2 %
Indice di plasticità	21,3 %

La prova è stata eseguita sulla frazione
granulometrica passante al setaccio
n° 40 (0.42 mm)

LIMITE DI LIQUIDITA'						LIMITE DI PLASTICITA'		
Numero di colpi	13	28	40			Umidità (%)	28,1	28,3
Umidità (%)	54,0	48,7	46,1			Umidità media	28,2	

Determinazione del Limite di liquidità



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06033 Allegato 1
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23 Inizio analisi: 16/11/23
Apertura campione: 06/11/23 Fine analisi: 17/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

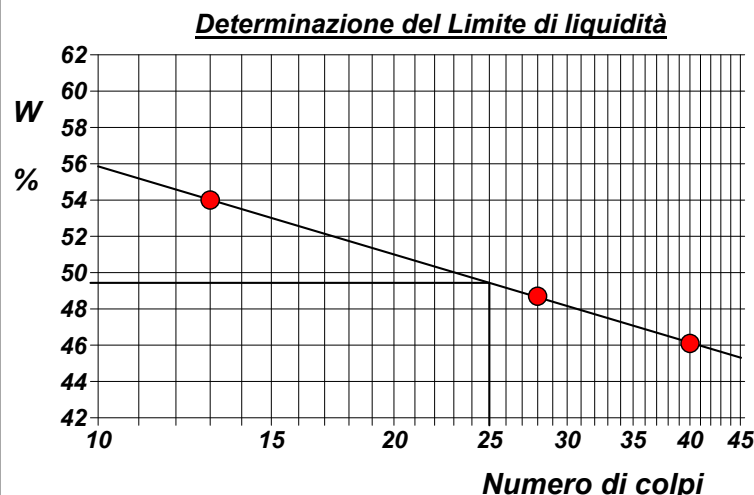
RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1 CAMPIONE: C1 PROFONDITA': m 5,00-5,45

ABACO DI CASAGRANDE

Modalità di prova: Norma ASTM D4318-17e1

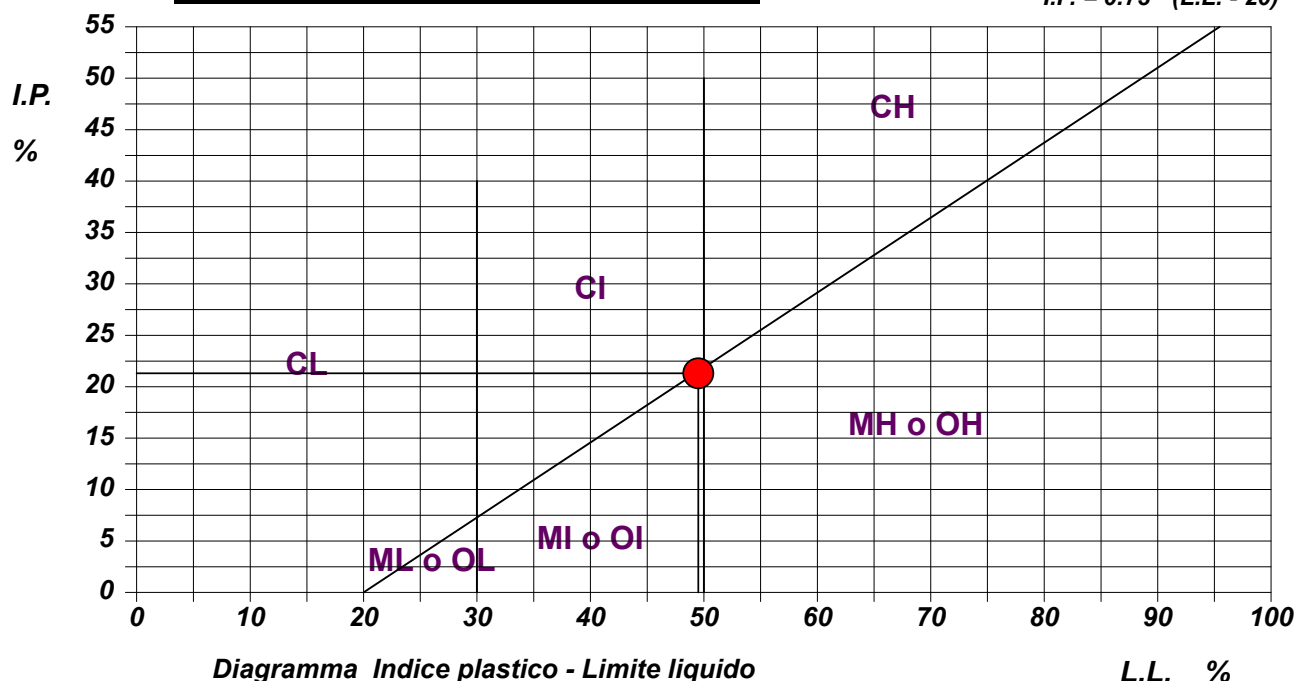
Limite di liquidità 49,5 %
Limite di plasticità 28,2 %
Indice di plasticità 21,3 %
Indice di consistenza 0,95
Passante al set. n° 40 SI



C - Argille inorganiche L - Bassa compressibilità
M - Limi inorganici I - Media compressibilità
O - Argille e limi organici H - Alta compressibilità

ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE

I.P. = 0.73 · (L.L. - 20)



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06034 **Pagina 1/1**
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23 **Inizio analisi: 06/11/23**
Apertura campione: 06/11/23 **Fine analisi: 13/11/23**

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

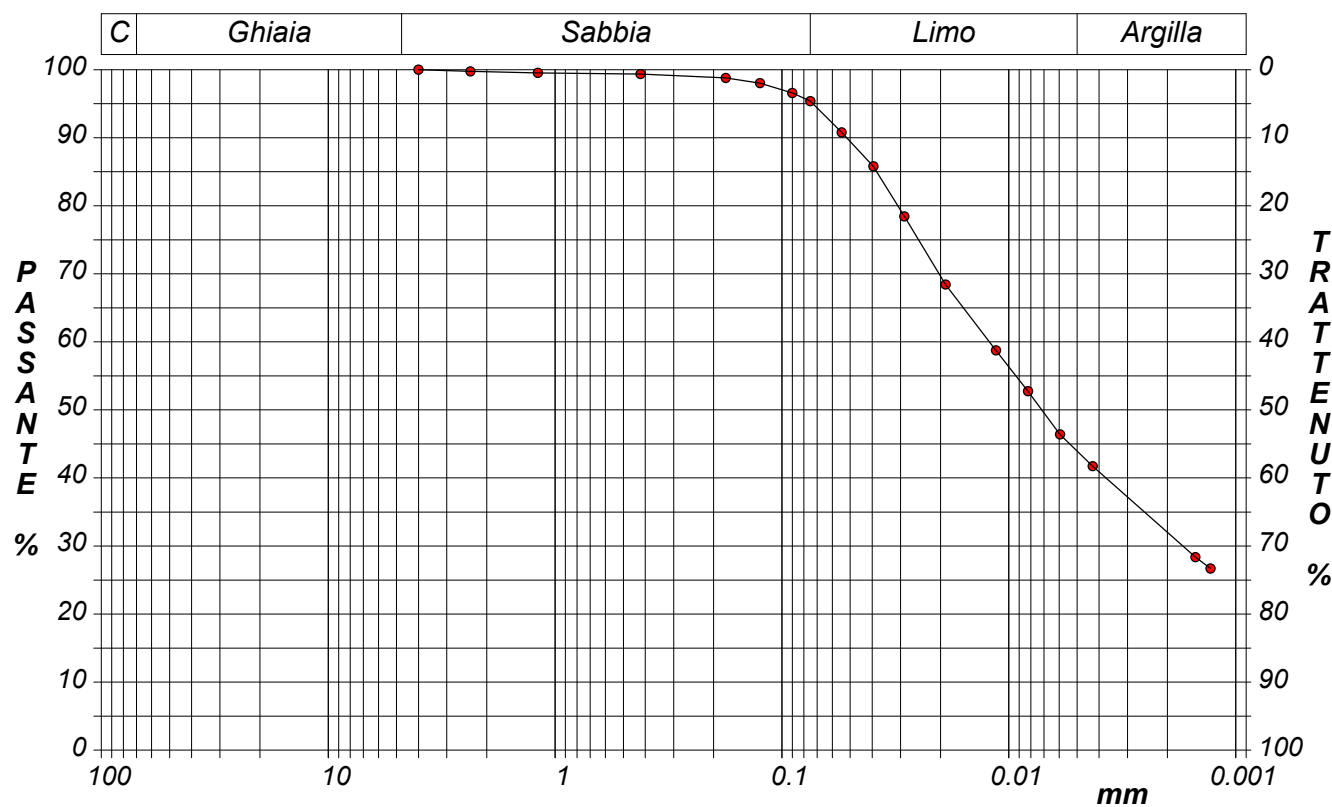
RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE: C1** **PROFONDITA': m 5,00-5,45**

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 - ASTM 422-63

Ghiaia	0,0 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	99,7 %	D10	---	mm
Sabbia	4,6 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	99,4 %	D30	0,00171	mm
Limo	51,4 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	95,4 %	D50	0,00715	mm
Argilla	44,0 %			D60	0,01217	mm
Coefficiente di uniformità		---	Coefficiente di curvatura	---	D90	0,05185
						mm



Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
4,0000	100,00	0,1250	98,02	0,0289	78,45	0,0043	41,73		
2,3600	99,74	0,0900	96,58	0,0190	68,43	0,0015	28,37		
1,1900	99,53	0,0750	95,38	0,0114	58,75	0,0013	26,71		
0,4200	99,36	0,0546	90,80	0,0082	52,74				
0,1770	98,79	0,0395	85,79	0,0059	46,40				

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06034 **Allegato 1**
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23 **Inizio analisi:** 06/11/23
Apertura campione: 06/11/23 **Fine analisi:** 13/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1 **CAMPIONE:** C1 **PROFONDITA':** m 5,00-5,45

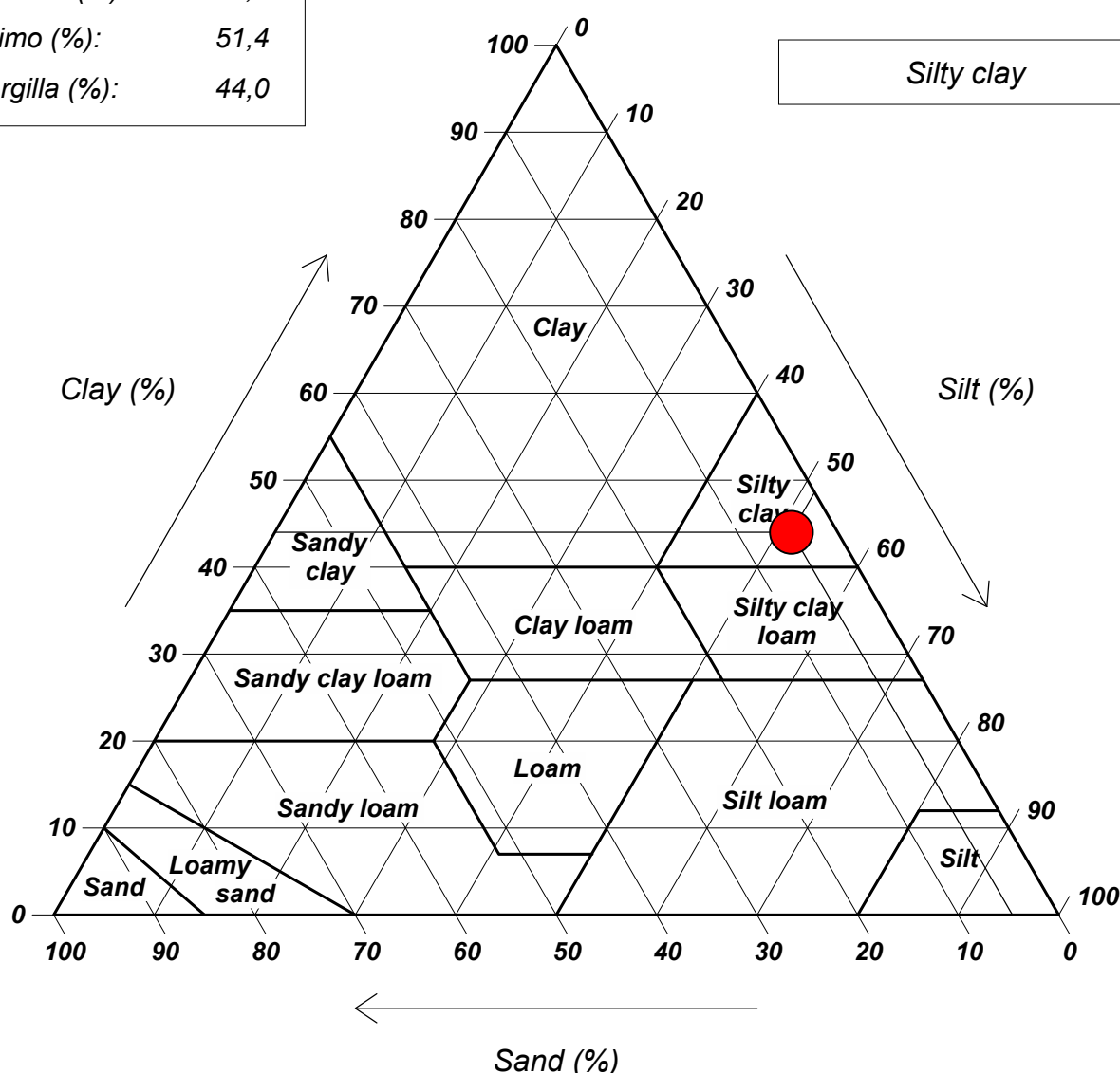
ANALISI GRANULOMETRICA - GRAFICO TRIANGOLARE

Modalità di prova: Norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 - ASTM 422-63

Sabbia (%): 4,6
Limo (%): 51,4
Argilla (%): 44,0

Diagramma U.S.D.A.

Silty clay



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06035 **Pagina 1/4**

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23

Inizio analisi: 08/11/23

Apertura campione: 06/11/23

Fine analisi: 15/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 5,00-5,45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Provino n°:	1	2	3
Condizione del provino:	Indisturbato	Indisturbato	Indisturbato
Tempo di consolidazione (ore):	24	24	24
Pressione verticale (kPa):	100,0	200,0	300,0
Umidità iniziale e umidità finale (%):	29,4 28,6	29,0 27,0	29,2 26,2
Peso di volume (kN/m³):	18,6	18,6	18,6
Tipo di prova: Consolidata - lenta	Velocità di deformazione: 0,004 mm / min		

DIAGRAMMA
Tensione
Deformazione orizzontale

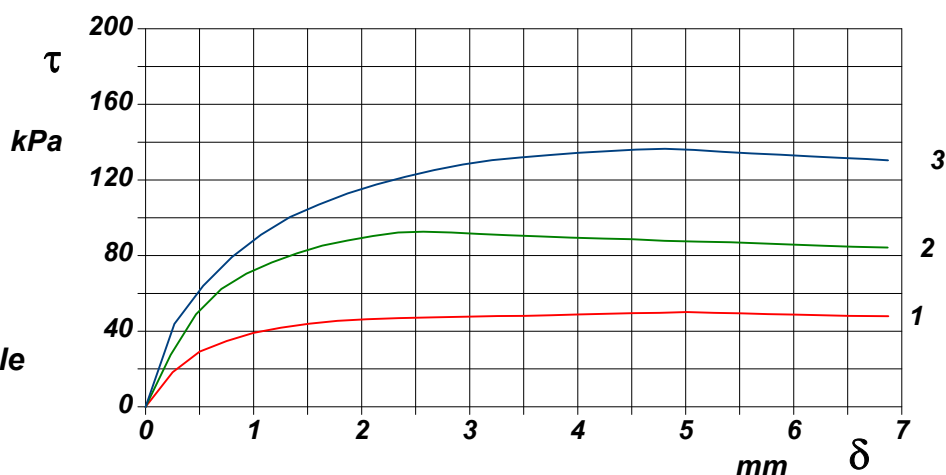
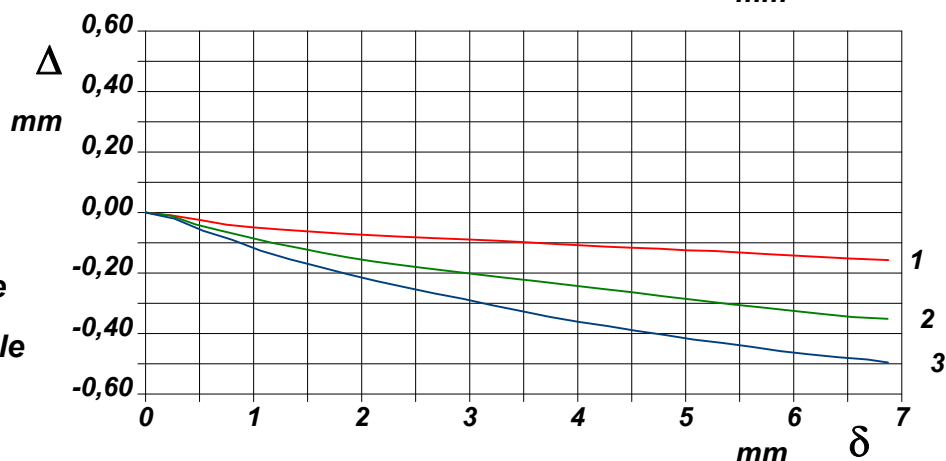


DIAGRAMMA
Deformazione verticale
Deformazione orizzontale



CERTIFICATO DI PROVA N°: 06035	Pagina 2/4	DATA DI EMISSIONE: 22/11/23	Inizio analisi: 08/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23		Apertura campione: 06/11/23	Fine analisi: 15/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)				
RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)				
SONDAGGIO: S1		CAMPIONE: C1		PROFONDITA': m 5,00-5,45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

[illegible]

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06035 **Pagina 3/4**

VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23

DATA DI EMISSIONE: 22/11/23

Inizio analisi: 08/11/23

Apertura campione: 06/11/23

Fine analisi: 15/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)

RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)

SONDAGGIO: S1

CAMPIONE: C1

PROFONDITA': m 5,00-5,45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 1	
Pressione (kPa)	100
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,912
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	26,0
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,019

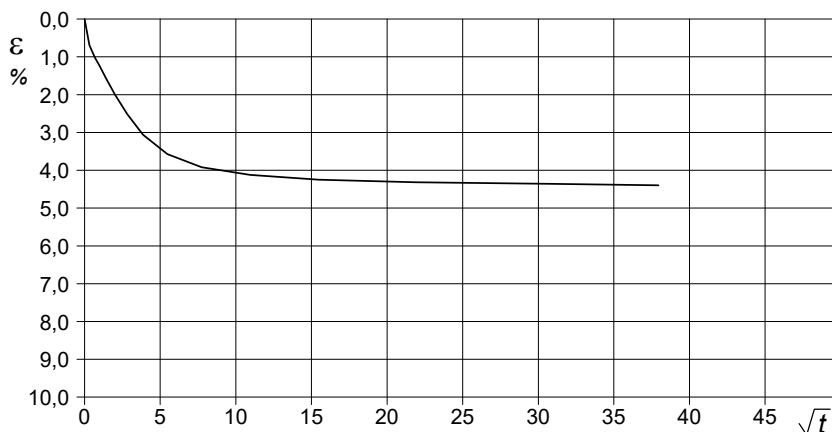


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 2	
Pressione (kPa)	200
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,868
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	20,1
Df (mm)	3
Vs (mm/min)	0,015

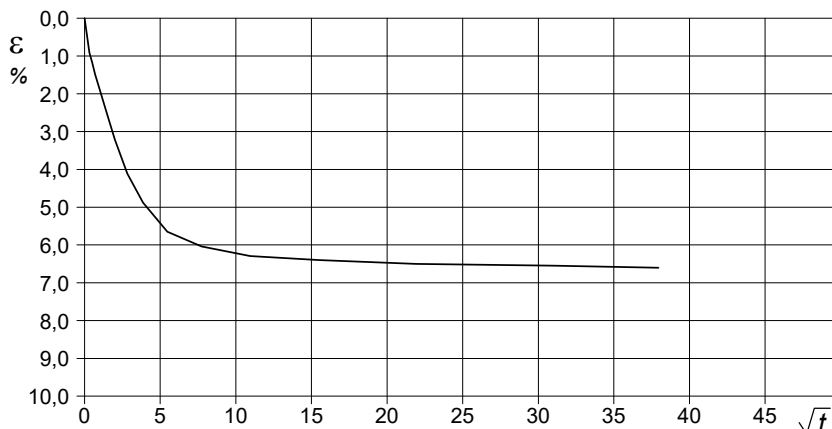
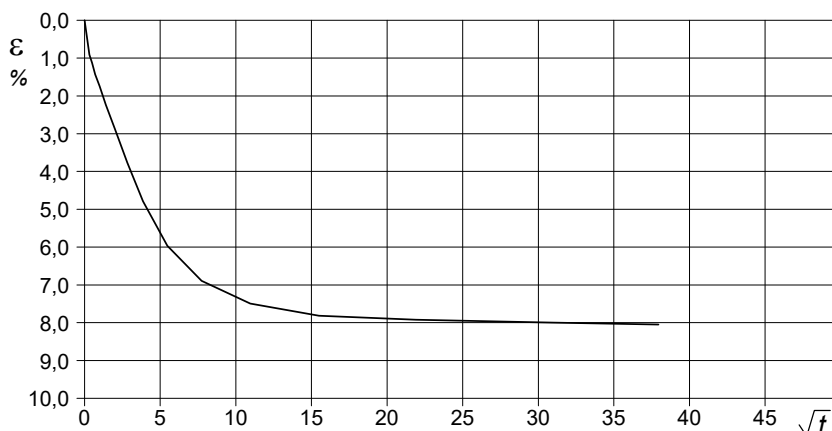


Diagramma TEMPO - CEDIMENTO

PROVINO 3	
Pressione (kPa)	300
Altezza iniziale (cm)	2,000
Altezza finale (cm)	1,839
Sezione (cm²):	36,00
T ₁₀₀ (min)	41,7
Df (mm)	5
Vs (mm/min)	0,012



Vs = Velocità stimata di prova Df = Deformazione a rottura stimata

tf = 10 x T₁₀₀

Vs = Df / tf

1073-23

CERTIFICATO DI PROVA N°: 06035	Pagina 4/4	DATA DI EMISSIONE: 22/11/23	Inizio analisi: 08/11/23
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 327 del 03/11/23		Apertura campione: 06/11/23	Fine analisi: 15/11/23

COMMITTENTE: Geologo Moro Gianfranco - Via Guglielmi, 26/c - Martina Franca (TA)				
RIFERIMENTO: Realizzazione di Nuova Torre COCA in AREA 2 della Base MARISTAER di Grottaglie (TA)				
SONDAGGIO: S1		CAMPIONE: C1		PROFONDITA': m 5,00-5,45

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - FASE DI CONSOLIDAZIONE

Modalità di prova: Norma ASTM D3080-04

[illegible]