



Rocco Petrosino

Ingegnere

COMUNE DI GROTTAGLIE
PROVINCIA DI TARANTO

COMUNE DI GROTTAGLIE

SETTORE LAVORI PUBBLICI

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Lavori di messa in sicurezza della Depositeria Comunale
di via Martiri d'Ungheria

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
(a cura del geol. Gianfranco Moro)

TAV. N°:

R08

DATA: NOVEMBRE 2019

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

IL PROGETTISTA

Geom. Davide CAPUTO

ing. Rocco PETROSINO

COMUNE DI GROTTAGLIE

COMMITTENTE: COMUNE DI GROTTAGLIE – Ufficio Direzione Area Tecnica -

LUOGO: "Depositeria Comunale" – Lavori di messa in sicurezza – V. Martiri D'Ungheria

CIG Z6B267EE69 e CUP: J45118000460004

DATA: FEBBRAIO 2019

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

INDICE

1	DESCRIZIONE OPERE E DEGLI INTERVENTI.....	1
2	NORME DI RIFERIMENTO.....	6
3	ANALISI FISICA DEL SITO.....	8
4	INDAGINE GEOGNOSTICA.....	14
5	CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DELLE TERRE	18
6	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI.....	21
7	INDAGINE M.A.S.W.....	22
8	CONSIDERAZIONI RISULTANZE INDAGINI RADAR	25
9	QUADRO IDROGEOLOGICO	32
10	CONSIDERAZIONI ED ASPETTI ESECUTIVI	34

DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

Su incarico della Committenza **Comune di Grottaglie** è stata eseguita un'indagine geologica e geotecnica con caratterizzazione sismica, al fine di accertare la natura e la consistenza dei terreni sui quali insiste la Depositeria Comunale di Via Martiri D'Ungheria. Tale incarico è stato affidato tramite Determina avente **CIG Z6B267EE69 e CUP: J45118000460004**.

L'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- indagine geologica – geotecnica con rilevamento degli aspetti morfologici dell'area circostante;
- indagine geognostica non distruttiva MASW e sismica a rifrazione.

L'indagine MASW (multichannel Analysis of Surface Waves) 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.

- indagine geognostica non distruttiva indiretta di supporto utilizzando tecnologia georadar (G.P.R.), nonché elaborazione dati e stesura del rapporto conclusivo realizzato compatibilmente alle condizioni del sito, in prossimità degli elementi portanti della Depositeria Comunale.

Tale relazione riporta la descrizione della successione stratigrafica rilevata nonché la caratterizzazione litologica supportata da indagine specifica.

Gli accertamenti eseguiti hanno lo scopo di acquisire dati utili alla caratterizzazione degli strati in relazione alla stesura di relazione geologica - geotecnica e all'individuazione di zone di debolezza e cavità all'interno della successione stratigrafica, nonché alla individuazione di strutture che possano interferire e/o agevolare le opere in progetto.

La tecnologia utilizzata per tali indagini 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:	<input checked="" type="checkbox"/> Rilevamento. <input checked="" type="checkbox"/> Interpretazione.
Certificato di:	2° livello ¹ di operatore CND (Controlli Non Distruttivi).
Certificate:	Level 2 Certificate of NDT Operator.
N° di Certificato:	14VE00597PO4
Number of Certificate:	
Operatore:	MORO Gianfranco (Geologo).
Operator:	

Metodo:	Georadar.	
<i>In the method:</i>	<i>Ground Penetration Radar.</i>	
Campi di applicazione:	Prove semidistruttive e non distruttive, su strutture in calcestruzzo, calcestruzzo armato e precompresso, muratura.	
<i>For the application fields:</i>	<i>Semi-destructive tests on concrete, reinforced concrete, prestressed concrete, masonry structures.</i>	
Emesso il:	27 maggio 2014.	
<i>Issued on:</i>	<i>2014 may 27.</i>	
Valido fino a:	27 maggio 2019.	
<i>Valid until:</i>	<i>2019 may 27.</i>	
Ente certificatore:	RINA Services S.p.A.	certificata ACCREDIA.
<i>Certification body:</i>		
Norma di riferimento:	Regolamento RINA, revisione vigente, stilato in base alla normativa UNI EN ISO 9712:2012.	
<i>Reference Standard:</i>		

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 elettromagnetici. Una antenna emittente manda nel sottosuolo impulsi di energia elettromagnetica di brevissima durata. Le onde riflesse sono captate tramite una 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 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:		270 MHz .
Intervallo di profondità:		0 – 6 m.
Modello:		50270S.
Correzione di misura:		regolazione centesimale.



Codificatore di distanza.

Antenna da 270 MHz.



Software RADAN.

SIR 3000 Controller.

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

- antenna a 270 Mhz per l'indagine ottimale dei 5 - 6 metri dal p.c. .

Vengono illustrati i risultati ottenuti dal rilevamento con georadar, ad integrazione della presente relazione geologica – geotecnica, che consistono in:

- 1- relazione particolareggiata sulle strutture individuate e sulle variazioni stratigrafiche e morfologiche;
- 2- elaborati grafici con riproduzione in pianta della mappatura e restituzione strumentale di sezioni dell'area in oggetto rilevate.

Le misure fornite hanno una tolleranza del 20%.

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 basso 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

L'area oggetto è inserita in un'area densamente antropizzata caratterizzata da una tenue degradazione originata da fenomeni orogenetici che hanno dato vita a strutture plicative del tipo horst e graben originatesi in condizioni distensive (vedi stralcio Carta Geologica). In dettaglio l'area si trova ai margini di versante di gravina ampiamente antropizzata.

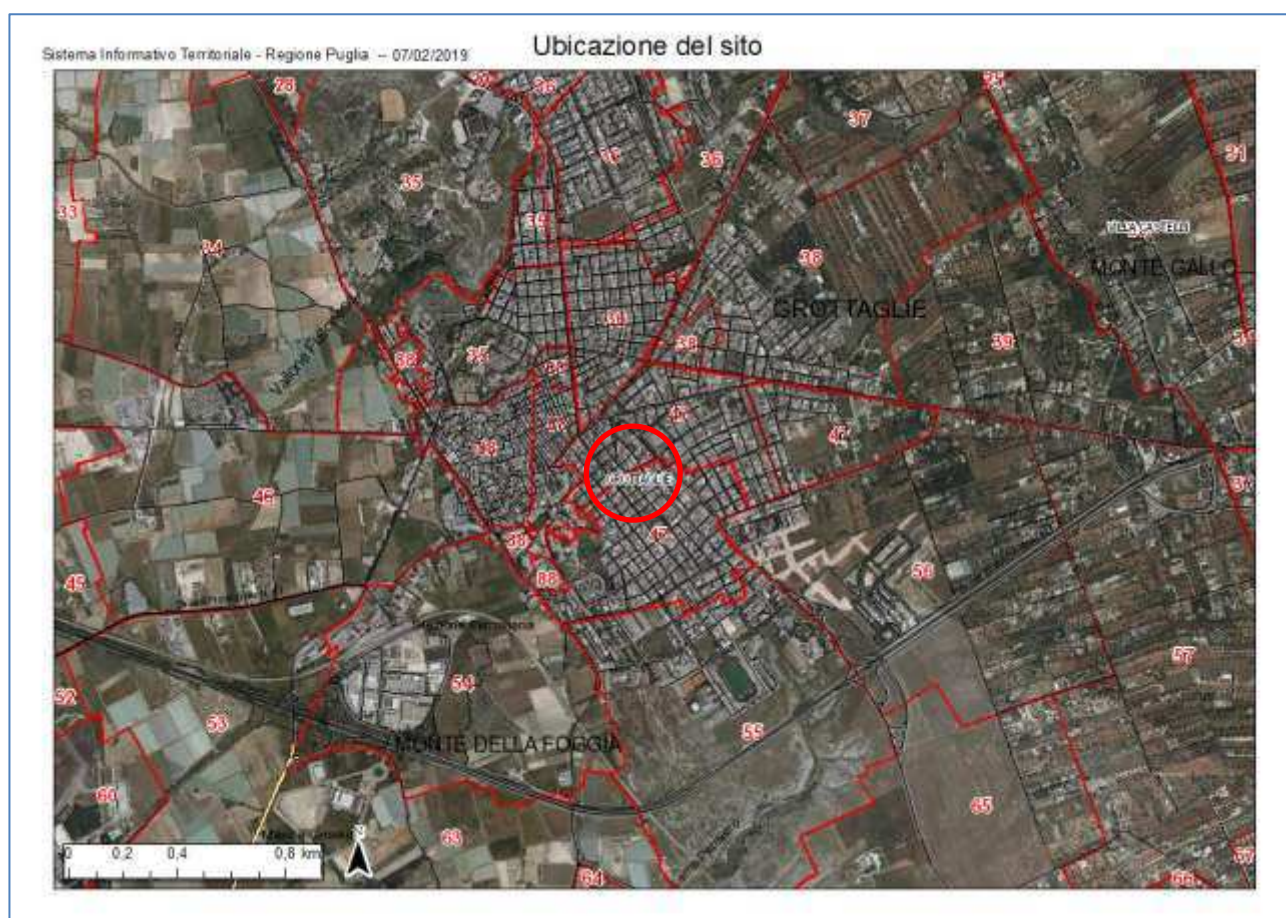


FIGURA N.1 - UBICAZIONE SITO

L'area oggetto è inserita in un contesto morfologico costituito da paleoterrazzi modellati (vedi stralcio Carta Geologica Fig.2 - 3).

Da rilevamento effettuato si evince che si tratta di un'area completamente urbanizzata, caratterizzata da una degradazione di versante di incisione valliva. Le aree limitrofe sono

costituite da aree densamente antropizzate, composte da aree urbanizzate, comportando conseguentemente la copertura degli affioramenti.

Apprezzabili sono le litologie affioranti solo lungo tagli di strada, in prossimità di scavi.

La zona è costituita da depositi alluvionali più o meno recenti sedimentati e modellati dall'erosione superficiale delle acque e da fenomeni esogeni in generale. Sono di facies per lo più sabbiose – limose, con intercalazioni bio-organogene e livelli sabbioso limosi a cementazione variabile.

Trattasi in genere di strati metrici, di sabbie ,sabbie limose variamente consistenti posti su limi argillosi passanti ad argille compatte nelle quali si imposta lenti o sottili livelli a componente limoso – sabbiosa i quali garantisco un drenaggio delle acque di infiltrazione.

Tali alluvioni si sono sedimentati 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 accettabile 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.

GEOLOGIA E LITOLOGIA

Dal rilevamento geologico si evince che si tratta di un'area urbanizzata completamente antropizzata nella quale sono stati costruiti numerosi edifici.

Nell'area di intervento affiora formazione sedimentaria marina terrazzata, costituita da sabbie a grado di cementazione variabile, di colore bianco – avano, 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 (***Depositi Marini Terrazzati – 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 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.2 Stralcio Carta Geologica Regionale e fig. 3 Stralcio Carta Geologica di Dettaglio).

Ad ogni modo, da rilevamento nelle aree limitrofe al sito, e in base a conoscenze bibliografiche dell'area sono presenti le seguenti litologie:

Depositi Marini Terrazzati formazione sedimentaria marina terrazzata, costituita da sabbie a grado di cementazione variabile, di colore bianco – avano; calcareniti vacuolari compatte di colore variabile dal bianco al giallastro intercalati da banchi arenacei calcarenitici a cementazione variabile, sovrastanti a limi sabbiosi grigi e limi argillosi grigio-verdastri con spessori variabili e rapporti eteropici laterali compatibili alle condizioni di sedimentazione e diagenesi alle quali sono state soggette

Depositi calcarenitici, calcareniti a macrofossili (Lamellibranchi e Gasteropodi), a struttura micritica, di colore giallo ocraceo ben cementate. Hanno una grana variabile da arenitica a ruditica fine, un colore che va dal giallo al rossastro; sono costituite da bioclasti, fra i quali si riconoscono elementi fossiliferi autoctoni e a luogo alloctoni, costituiti prevalentemente da Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinodermi ed altri macrofossili. Il 10-15 % di queste rocce è costituito da granuli di silicati, quali quarzo e feldspati. Trattasi di Calcarenite, definibile come biocalcarenite silicatica a grana da grossolana a media, a tessitura granulo-sostenuta a cementazione variabile.

In bibliografia tale complesso roccioso calcarenitico variamente cementato viene definito

Calcarenite di Gravina .

Depositi calcarei con evidenti livelli stratificati di spessore variabile. Il calcare biancastro detritico – fossilifero in questione si presenta con livelli, variabili in spessore ed ubicazione, brecciosi a luogo ad aspetto cavernoso, a causa di fenomeni dissolutivi post – diagenetici e/o fenomeni concomitanti alla diagenesi.

Localmente si presentano densamente fratturati, oppure privi di fratturazione, ma nel complesso hanno aspetto tenace e compatto.

Trattasi del ***Calcare di Altamura***, tipica litologia affiorante nel territorio dell'interland barese (come testimoniato da Carta Geologica allegata).

Il Calcare di Altamura presenta un aspetto massiccio e stratificato, costituito da calcari detritici organogeni a grana variabile da fine a media.

Dal punto di vista geomeccanico si tratta di litologia tenace, avente comportamento geomeccanico variabile solo in relazione alla presenza di eventuali fratture e/o cavità all'interno della successione stratigrafica.

Sono state effettuate indagini specifiche con lo scopo di acquisire dati utili alla caratterizzazione litologica, in relazione alla stesura di relazione geologica, e all'individuazione di eventuali zone di debolezza all'interno della successione stratigrafica, nonché alla individuazione di strutture che possano interferire e/o agevolare gli interventi in parola. Nello specifico le indagini geognostiche non distruttive, effettuate mediante l'ausilio di georadar, permettono una caratterizzazione indiretta e areale, in virtù dell'analisi delle differenti risposte elettromagnetiche prodotte da litologie massicce, litologie fratturate – carsificate, copertura superficiale e materiale riportato in genere.

La tecnologia georadar permette di ottenere informazioni riguardanti la caratterizzazione litologica del sito, fino ad una profondità non superiore ai 6 m di profondità; mentre la tecnologia MASW e Sismica a Rifrazione permettono di ottenere una parametrizzazione dei primi metri di profondità, ottenendo anche una parametrizzazione geotecnica della litologia.

L'area di diretto interesse è caratterizzata dalla totale assenza di dissesti e/o fenomeni di instabilità gravitativa, attivi o quiescenti



AREA IN OGGETTO

LEGENDA

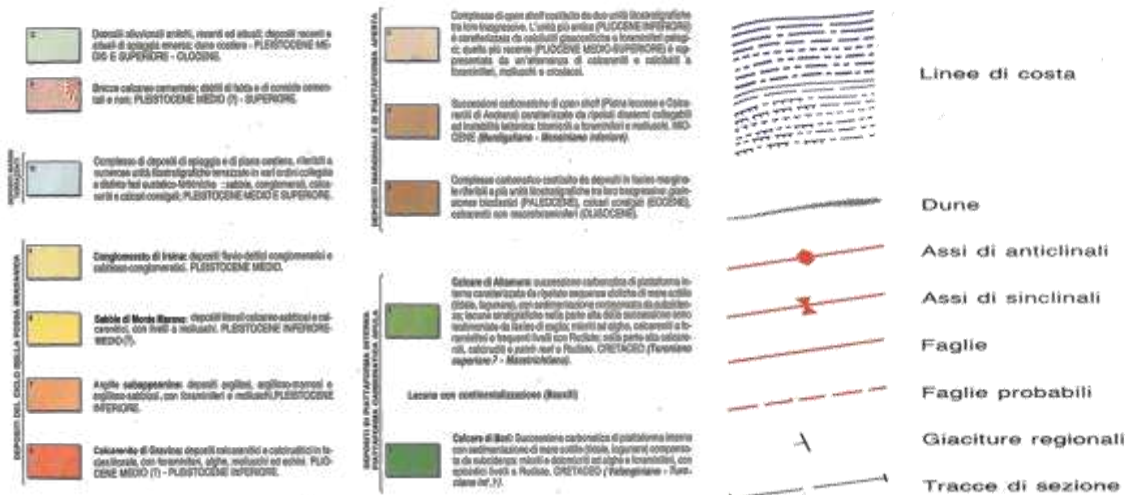


FIGURA N.2 - STRALCIO CARTA GEOLOGICA

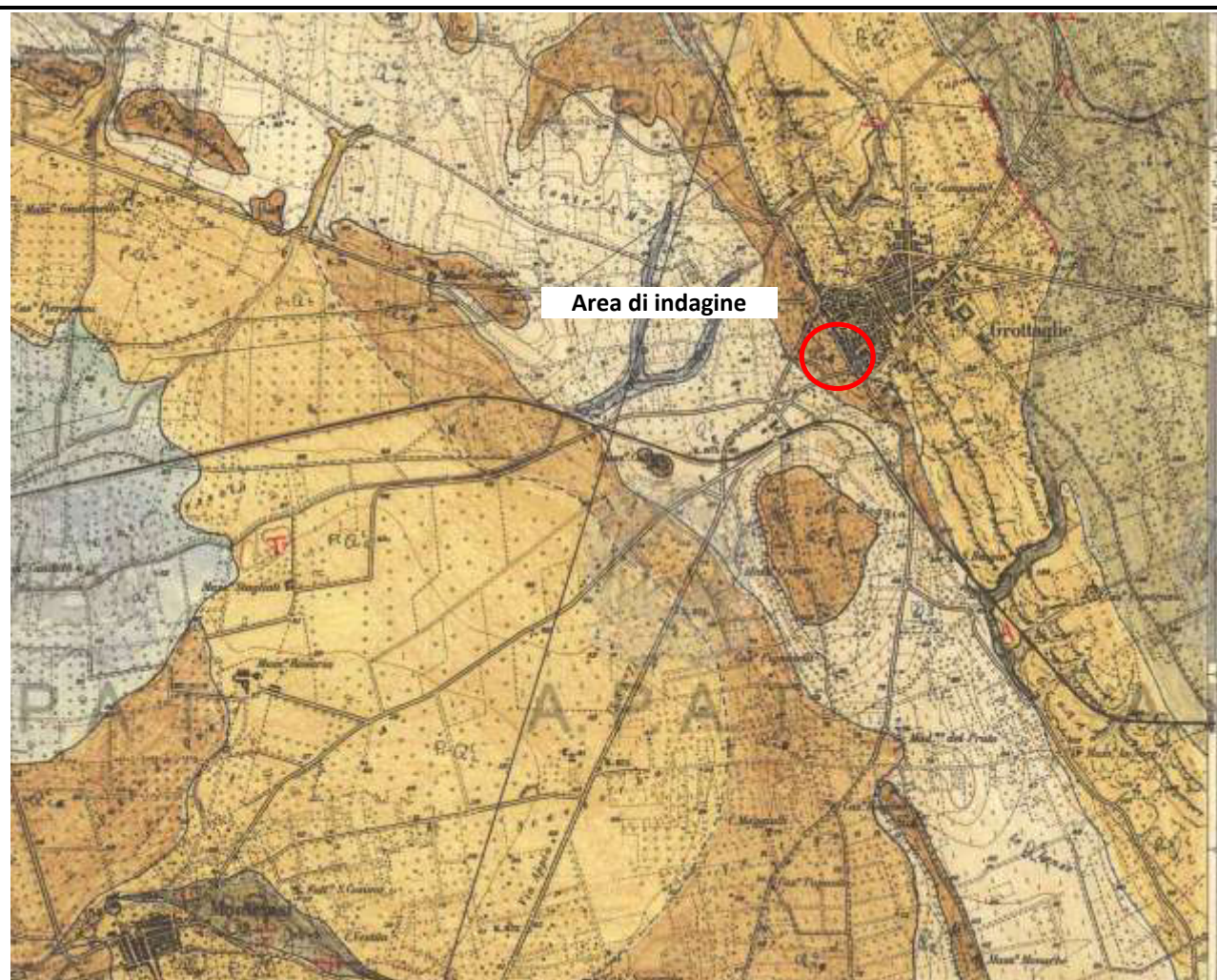


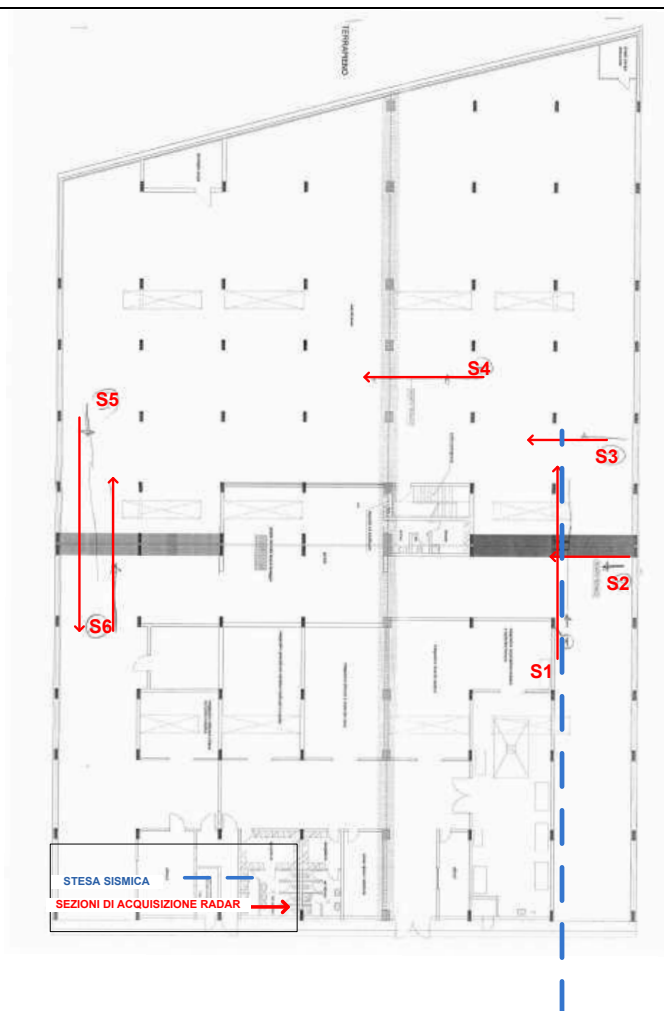
FIGURA N.3 - STRALCIO CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica eseguita, a supporto dell'attuale fase progettuale, consiste in indagine geognostica 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;
- indagine geognostica indiretta – georadar;
- indagine sismica a rifrazione e M.A.S.W..



**FIGURA N.4 - UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
EFFETTUATE IN SITO**



**FIGURA N.5A - FASE INDAGINI GEOGNOSTICHE RADAR
ACQUISITE ALL'INTERNO DELLA STRUTTURA**

STRATIGRAFIA INTERPRETATA

Le indagini realizzate hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica delle litologie in posto ben rappresentate nelle schede allegate. Si procede a dare una descrizione stratigrafica dei termini in successione.

- Intercettato un livello litologico composto da materiale rimaneggiato e/o riportato costituito da terreno vegetale frammisto a sabbie di colore marrone avente uno spessore di 1,0 m medi;
- da 1,0 a 6,0 m termini a composizione prevalentemente sabbiosa passante da pelitica a ruditica. Tali termini si comportano in maniera addensata a luogo cementata configurandosi come sabbie limose addensate si avvisa un generale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche. Si passa a termini a minore contenuto sabbioso; vi è uno strato a composizione prevalentemente limosa, a componente sabbiosa progressivamente inferiore. Tali termini si comportano in maniera uniformemente compatta il passaggio dai termini sabbiosi ai termini limosi avviene rapidamente, e si presentano nel complesso consistenti.

COLONNA STRATIGRAFICA					
Committente:	COMUNE DI GROTTAGLIE			GROTTAGLIE	
STRATIGRAFIA	RICOSTRUZIONE				
	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA			Depositeria Comunale	
STRATIGRAFIA	CAMPIONI	SPT	FALDA	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
0				Riporto	0 - 1,0 m (SPESSORI MEDI) Costituito da sabbie frammiste a terreno vegetale.
1			n.r.		
2					1,0 - 6,0 m (SPESSORI MEDI) Sabbie da poco a mediamente addensate. Diffusi livelli centimetrici a componente limosa.
3					passanti a limi argillosi con miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche con la profondità.
4				Depositi limoso - sabbiosi	
5					
6					

SUCCESSIONE STRATIGRAFICA INTERPRETATA

CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DELLE TERRE

DEFINIZIONE CARICO LIMITE DI FONDAZIONI

Per la valutazione della capacità portante ammissibile dei terreni a consistenza variabile si deve tener conto di alcuni parametri significativi quali le caratteristiche geologiche, il tipo di consistenza e la sua qualità.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni, quella del Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968)

L'equazione trinomia del carico limite nel caso in esame assume la seguente formulazione:

$$q_{ult}'' = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma.$$

Ipotizzando una condizione di calcolo del carico limite di fondazioni superficiali, su litologia sabbiosa calcarenitica limosa definibile consistente si ottiene:

Disegno esplicativo

h = m 1,00
 $\gamma = 25$
 $c = 200,00$
 $\gamma_{\text{gamma}} = 1500$
 $\gamma_{\text{gamma}} = 1900$

Caratteristiche del terreno

Strato N. 1
 Spessore dello strato posto sopra il piano di fondazione [m] 1
 Peso specifico [kg/mc] 1500
 Peso specifico del terreno posto sotto il piano di posa [kg/mc] 1900
 Larghezza B fondazione [m] 1
 Coesione c [kg/mq] 200
 Angolo di attrito [gradi] 25

Eventuali particolarità

Lunghezza L fondazione [m] 1
 Valore di Ir (indice di rigidità)
 Inclinazione del carico [gradi] 0
 Eccentricità del carico [m] 0

Presenza di falda

Falde da considerare ☐ sì ☒ no
 Profondità pelo falda [m] 0
 Peso specifico terreno secco [kg/mc] 1800
 Tipo di terreno:
☒ Terreno a grana grossa: condizione drenata
☐ Terreno a grana fine: condizione non drenata

Meccanismo di rottura

☒ Rottura generale
☐ Rottura locale secondo Terzaghi
☐ Rottura locale secondo Vesic

Metodo utilizzato

☐ Frohlic
☐ Prandtl
☐ Caquot
☒ Terzaghi

Calcola **Stampa**

Valore del carico limite = kg/cmq 359

Informazioni aggiuntive

Coefficienti correttivi di forma:
 $e_{\text{eq}} = 1,47$
 $e_{\text{ec}} = 1,51$
 $e_{\text{gamma}} = 0,60$
 Coefficienti N_q , N_c , N_{gamma} dopo le varie correzioni:
 $N_q = 15,63$
 $N_c = 31,38$

Brinch Hensen **Esci**

CARICO LIMITE PER FONDAZIONE SUPERFICIALE

Peso specifico terreno strato n. 1 sopra il piano di posa: kg/mc 1500,00

Spessore strato di terreno n. 1: m. 1,00

Profondità del piano di fondazione rispetto al piano di campagna: m. 1,00

Larghezza B della fondazione: m. 1,00

Peso specifico del terreno posto sotto il piano di fondazione: kg/mc 1900,00

Valore della coesione del terreno posto sotto il piano di fondazione: kg/mq 200,000

Valore dell'angolo di attrito del terreno sotto il piano di fondazione: 25

Lunghezza della fondazione: m. 1,00

Si è in condizioni di rottura generale

Coefficienti N_q , N_c , N_{gamma} :

$N_q = 10,66$

$$N_c = 20,72$$

$$N_{\gamma} = 10,88$$

Coefficienti correttivi di forma:

$$E_{Tq} = 1,47$$

$$E_{T\gamma} = 1,51$$

$$E_{T\gamma_{\gamma}} = 0,60$$

Coefficienti N_q , N_c , N_{γ} dopo le varie correzioni:

$$N_q = 15,63$$

$$N_c = 31,38$$

$$N_{\gamma} = 6,53$$

Il carico limite calcolato con la formula di Terzaghi è pari a kg/cm^2 3,59

Carico di esercizio=carico limite/3 = kg/cm^2 1,20

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI

In questo paragrafo sono riportate alcuni parametri geotecnici riferibili per i due orizzonti interpretati:

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALL'ORIZZONTE N.1

– ***SABBIE LIMOSE ADDENSATE RIPORTATO FRAMMISTO A COPERTURA TERRIGENA - ETEROMETRICO***

angolo di attrito $\phi = 17 - 25^\circ$;

Indice dei vuoti "e" = 0,4 – 0,8.

angolo di attrito all'interfaccia terreno calcestruzzo = 12 - 15°

Coesione C = valori compresi tra 0 - 0,2 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 Elastico "E" = 1.000 – 2.000 Kn/m³

Modulo di Poisson = 0,38.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELL'ORIZZONTE N.2

compreso tra 1,0 e 6,0 m medi dal p.c.. depositi l sabbiosi limosi addensati consistenti.

angolo di attrito $\phi = 21 - 27^\circ$;

Coesione C = 0,2 kg/cm²;

angolo di attrito all'interfaccia terreno calcestruzzo = (riduzione del 20% </=) 20°

Coefficiente di spinta a riposo "K₀" = 0,8

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

Peso per unità di volume $\gamma_s = 1,5$ g/cm³;

Modulo Elastico "E" = 1.000 – 2.000 MPa

Modulo di Poisson = 0,35 – 0,38.

INDAGINE M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) risulta essere una tecnica di indagine ottimale, non invasiva, utile a definire la risposta sismica di un determinato sito, classificando il sottosuolo in 5 categorie differenti. Tale analisi individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali Vs misurando le stesse 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.

Ciò risulta facilmente riscontrabile attraverso l'osservazione e lo studio delle onde stesse; infatti, onde ad alta frequenza e piccola lunghezza si propagano negli strati più superficiali del sottosuolo, mentre onde a bassa frequenza e lunghezza maggiore, si estendono a profondità più rilevanti.

In altre parole, nell'indagine MASW, le onde superficiali generate in un punto del terreno di fondazione, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni) che permettono di ottenere una velocità di fase o curva di dispersione, sperimentale e apparente, in un range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz. Ciò, fornisce informazioni sulla parte di terreno generalmente compresa entro i primi 30 metri di profondità.

In accordo a quanto detto quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, così come anche specificato dalla nuova normativa sismica, viene valutato nei primi 30 metri lo spessore di terreno che interagisce in maniera significativa con la struttura e pertanto, la classificazione del suolo di fondazione, la si identifica sulla base dei valori di velocità delle onde sismiche di taglio, appunto entro i primi metri di profondità.

Detto ciò, sulla base delle risultanze dell'indagine MASW condotta nell'area oggetto di studio (stendimento sismico di 55 metri lineari, 12 geofoni da 4.5 Hz, sismografo SARA con tre scoppi effettuati), avendo come già precisato in precedenza classificato il sottosuolo di fondazione ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore, si

dichiara che **il valore di Vs equivalente, misurato sperimentalmente, è pari a 485m/s.**

Poichè tale valore è compreso tra 360 m/s e 800 m/s, si prescrive l'attribuzione del suolo di fondazione, alla **CATEGORIA "B"** (Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa fortemente addensati o a grana fine fortemente consistenti).

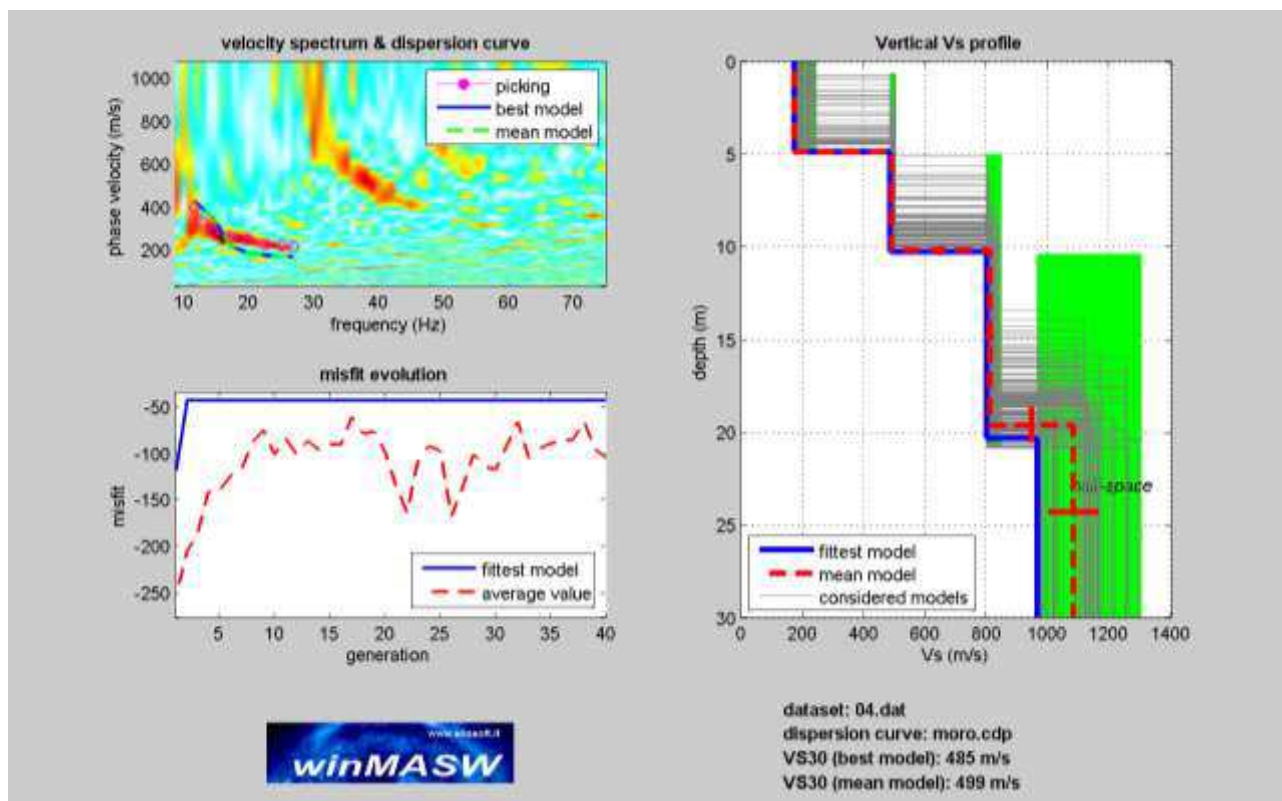


FIG.6 - PROFILO NUMERICO VS EQUIVALENTE

Pertanto definibile come termini addensati, 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	Annessi 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:

$$a_g = 0,05$$

CONSIDERAZIONI RISULTANZE INDAGINI RADAR

MORFOLOGIA

L'analisi dei rilievi geognostici non distruttivi eseguiti nell'area in esame permette di rilevare nel complesso una buona risposta elettromagnetica.

Buona risposta elettromagnetica, nel complesso, caratterizzata da anomalie dovute a variazioni elettromagnetiche riferibili a strutture antropiche interpretabili.

Le dimensioni interpretabili dalle acquisizioni riprodotte sono facilmente desumibili, in maniera approssimata, leggendo i valori riportati in metri.

In relazione alle necessità della Committenza sono state effettuate n. 6 sezioni di acquisizione (allegata mappature schematiche delle ubicazioni delle strisciate di acquisizione) compatibilmente alle condizioni del sito. Di seguito si riportano le acquisizioni effettuate nel fabbricato.

Sono state compiute, compatibilmente alle condizioni del sito, n. 6 sezioni di acquisizione. 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 brevi descrizioni delle sezioni riferibili ai supporti grafici prodotti. Ogni sezione è stata posizionata nella pianta allegata.

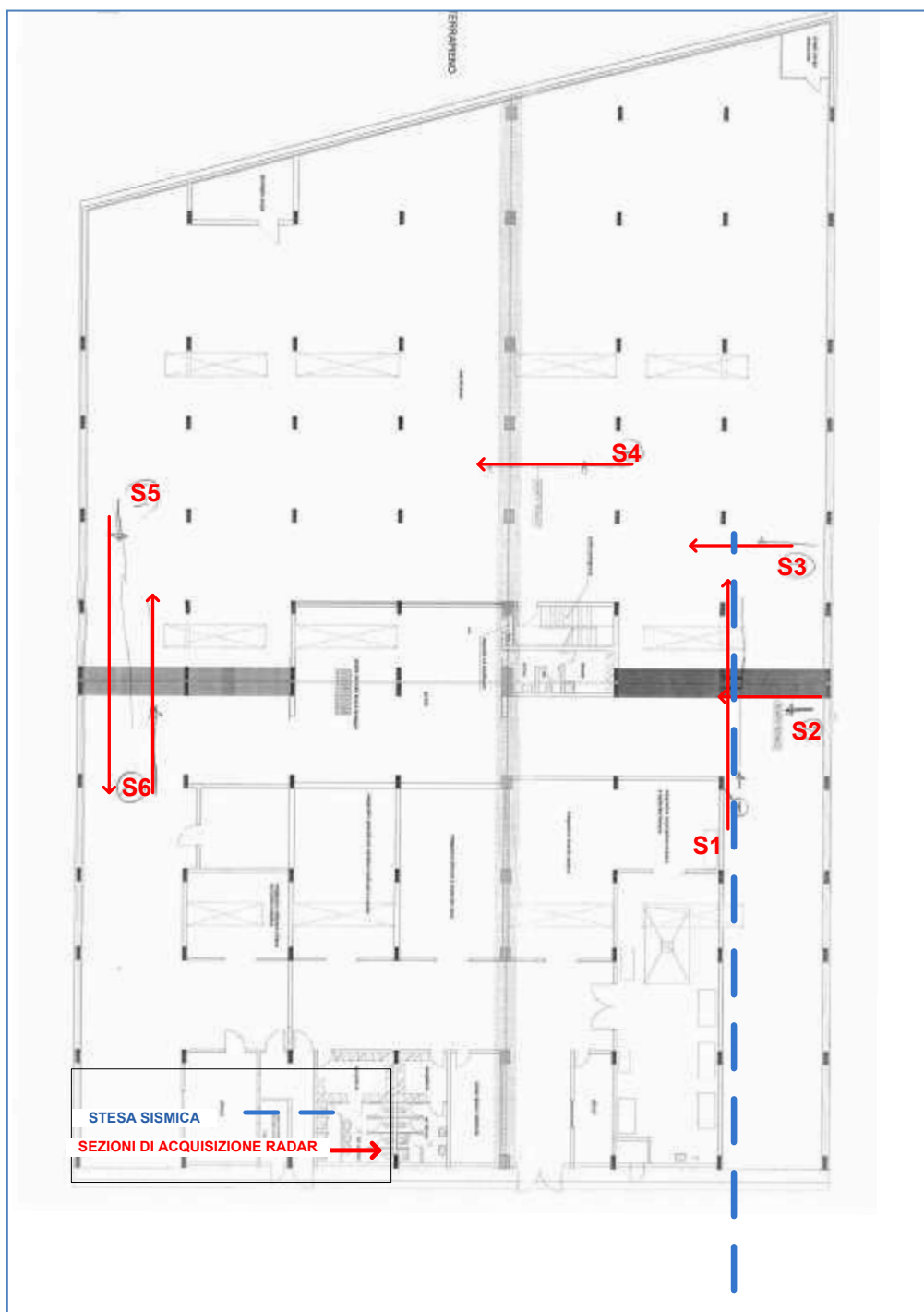
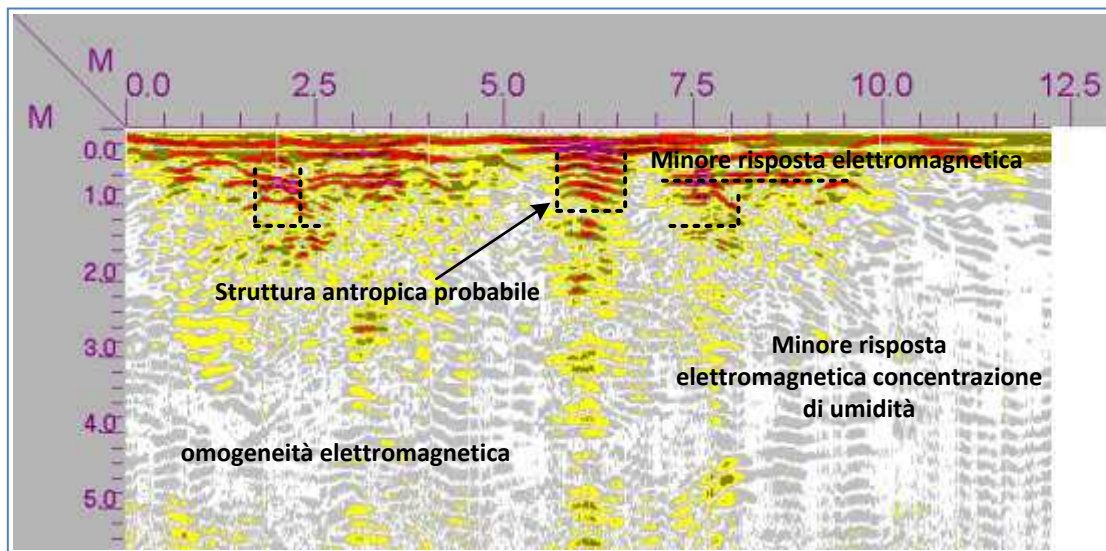
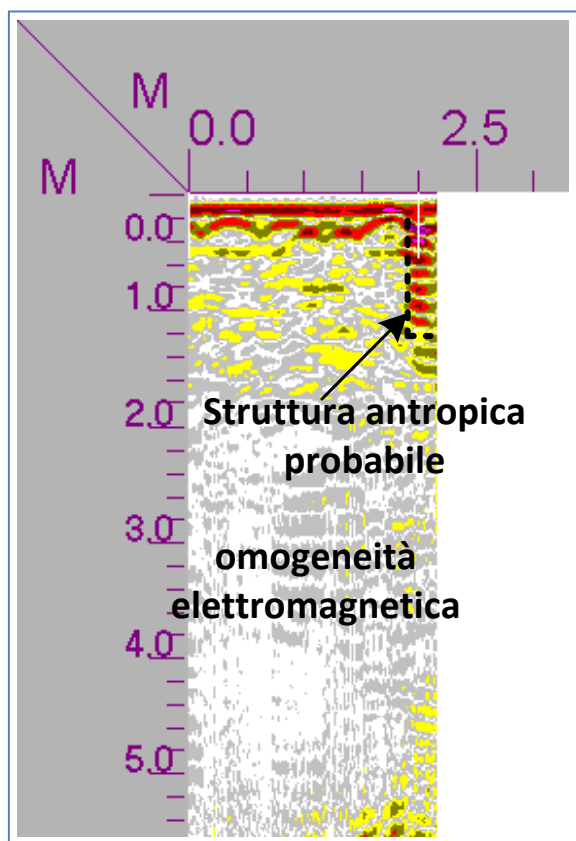


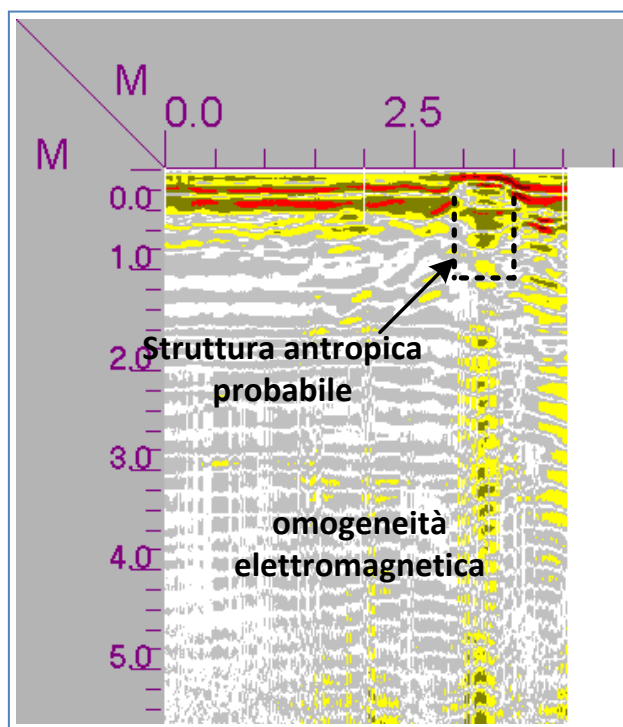
FIG. 7 - UBICAZIONE SCHEMATICA SEZIONI DI ACQUISIZIONE



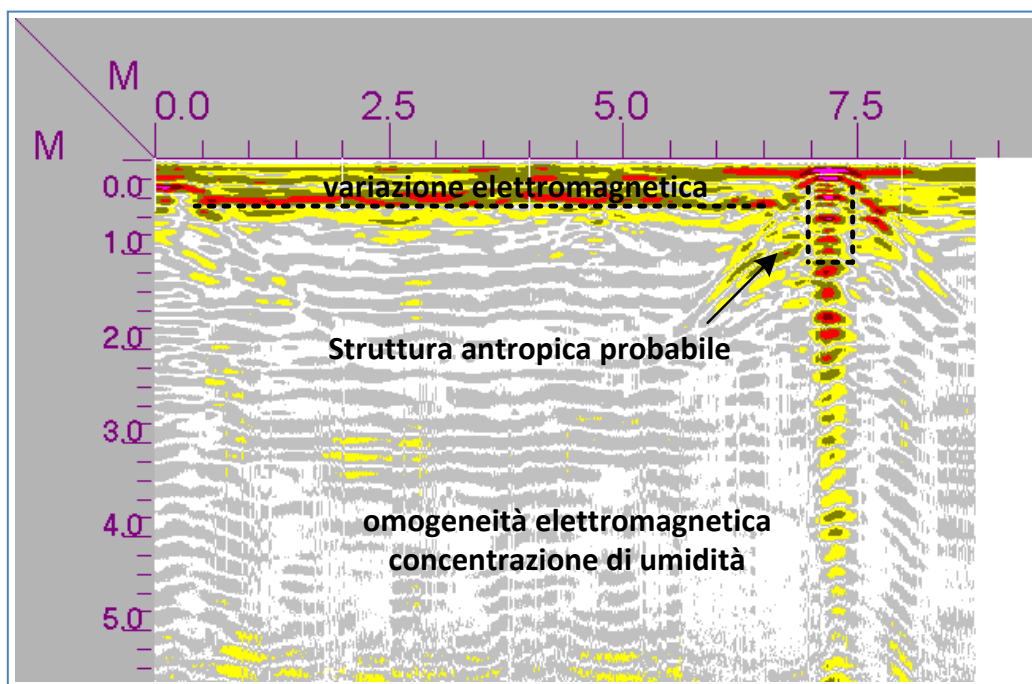
SEZIONE 1



SEZIONE 2



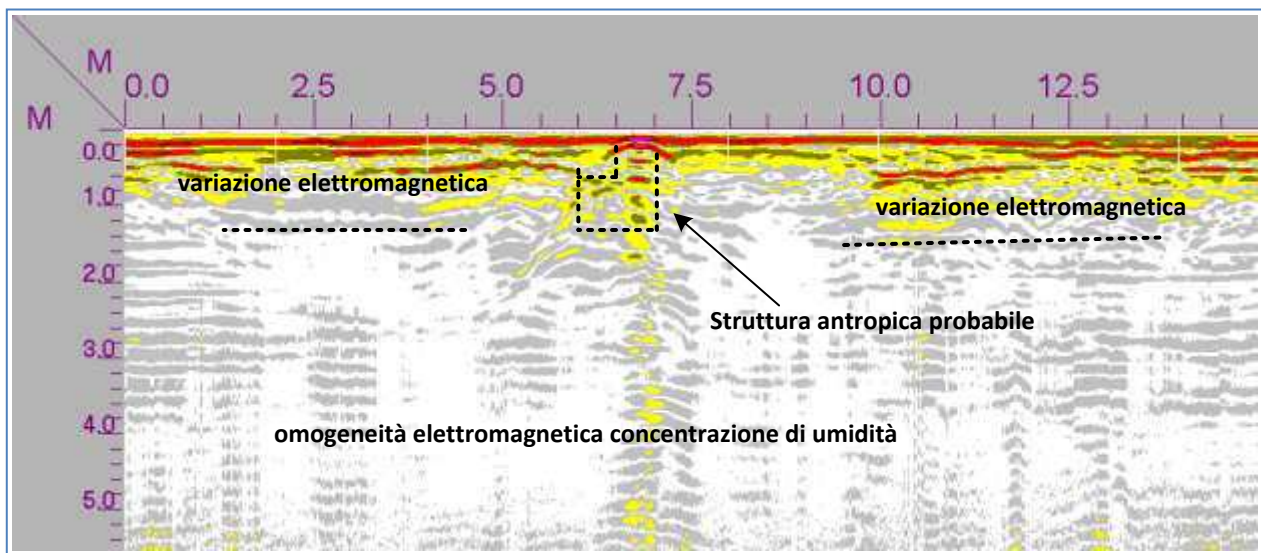
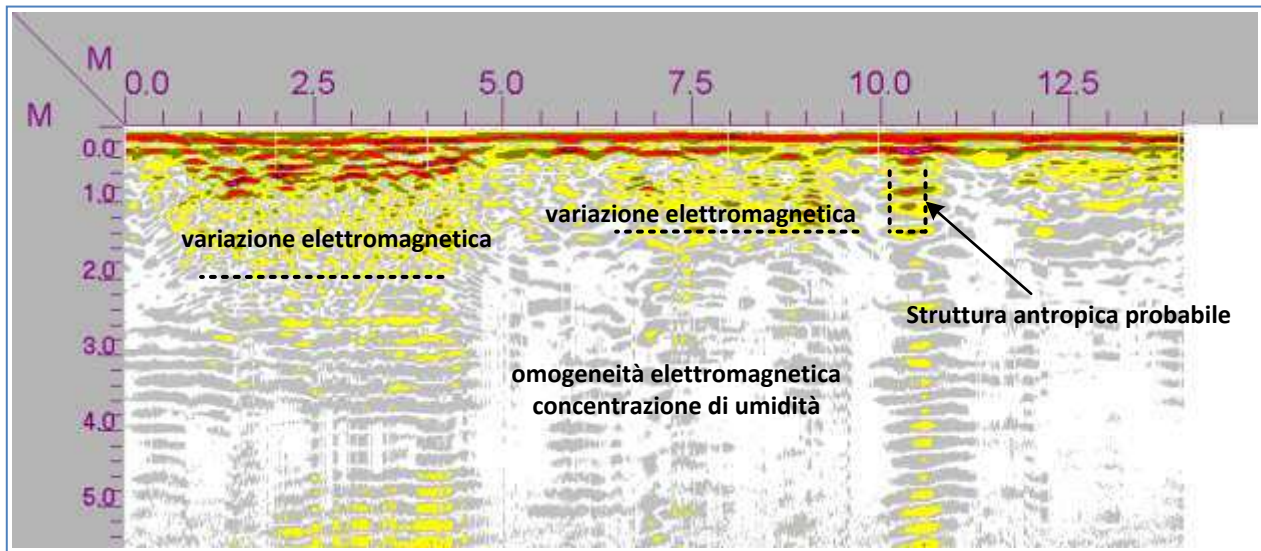
SEZIONE 3



SEZIONE 4

La sezione 4 suggerisce trave di collegamento di spessore stimato di 0,4 - 0,5 m il cui top di struttura si pone a 0,2 m dal piano di acquisizione.

Anche nella sezione 5 si apprezza stesso probabile raccordo strutturale.



Nelle sezioni bidimensionali di acquisizione sono ben individuabili anomalie elettromagnetiche riferibili a strutture antropiche aventi, nella maggiorparte delle condizioni, continuazione laterale.

L'acquisizione elettromagnetica suggerisce, aree, nelle quali sono significative le anomalie elettromagnetiche registrate.

Variazioni di comportamento elettromagnetico localizzate suggeriscono la presenza di elementi sepolti avente differente comportamento alle onde elettromagnetiche diffuse.

Si rilevano variazioni o interruzioni nella messa in posa di strutture, rilevando interruzioni o risposte elettromagnetiche difformi in acquisizione.

Variazioni delle condizioni e delle caratteristiche dielettriche del mezzo attraversato sono molto diffuse.

Sono ben individuabili superfici di separazione riferibili a probabile variazione litologica.

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.

L'indagine geognostica non distruttiva realizzata, ha permesso di riscontrare diverse anomalie elettromagnetiche che forniscono una differente risposta elettromagnetica riferibili a strutture antropiche interpretabili (riportate nelle sezioni acquisite):

- **le strutture portanti sembrerebbero raccordate tra loro lateralmente, ma non frontalmente, in pratica al di sotto del campo non si sono apprezzate strutture di raccordo.**
- **si stima gli spessori delle strutture interrato dell'ordine di 0,5 – 0,6 m poste a partire da 0,4 – 0,5 m dal piano di acquisizione.**

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.

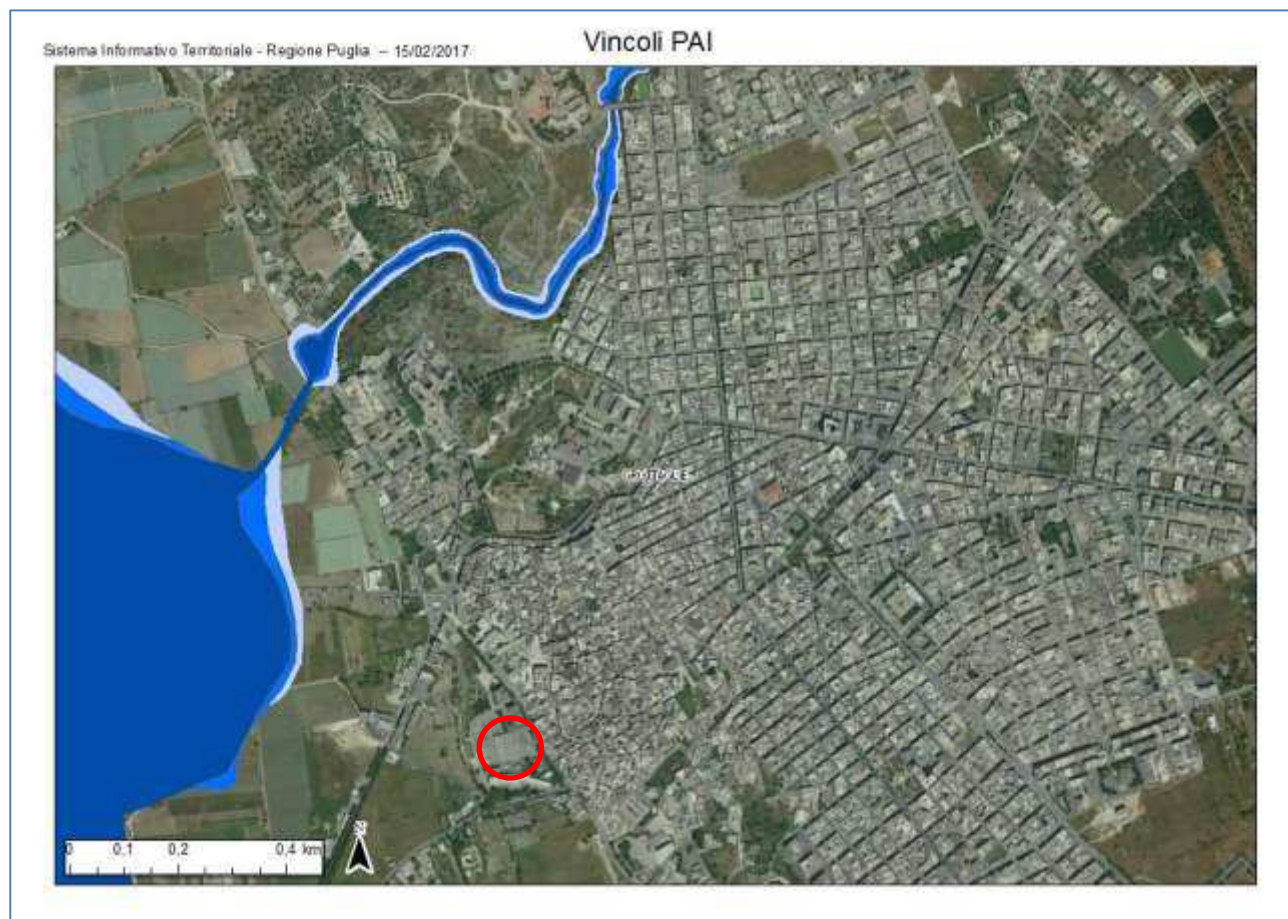


FIGURA 8- STRALCIO CARTA AUTORITA' DI BACINO

La presenza di manufatti antropici nell'area limitrofa, la diffusa pavimentazione stradale e la depressione valliva presente che si sviluppa a ovest, permette l'impostazione di condizioni di deflusso significativo di acque superficiali in occasione di precipitazioni copiose, regimate dal manto stradale e dalle condizioni di versante e alto morfologico in cui è ubicato il sito. Tali condizioni svolgono azione captativa e di deflusso superficiale delle acque piovane. Il dilavamento superficiale viene favorito laddove vi sono aree prive di vegetazione dotata di apparato radicale e in conseguenza della conformazione morfologica dell'area costituita prevalentemente da una incisione valliva.

In ragione del differente grado di permeabilità dei termini affioranti:

- termini limoso – sabbiosi_____ permeabili;
- termini limoso – argillosi_____ impermeabili.
- termini calcarenitici_____ permeabili grazie alle caratteristiche porose acquisite durante la diagenesi;
- termini calcarei_____ prevalentemente dotati di buona permeabilità, trascurabile, *di tipo primario per porosità*, ma, prevalente, *di tipo secondario per fratturazione*.

Dal punto di vista idrogeologico la litologia dei terreni affioranti, non si esclude la presenza di circolazione idrica sotterranea effimera, in modo particolare laddove sono presenti strati calcarenitici fratturati.

Va considerato inoltre che la struttura dovrà possedere gli accorgimenti necessari affinché le acque di ruscellamento superficiale, scaturibili in occasione di precipitazioni copiose ed insistenti, vengano regimate e canalizzate in modo da non interferire con le fondazioni dell'opera in oggetto, in relazione alle caratteristiche imbibitorie dei termini alluvionali presenti in successione.

Si può ragionevolmente escludere che nella zona si riscontrino falde idriche superficiali permanenti a profondità tali da interferire con l'opera, ma non si esclude circolazione idrica effimera, nei termini permeabili superficiali, riscontrabile in condizioni di particolari ed insistenti periodi di precipitazione.

Va considerato che la struttura dovrà possedere gli accorgimenti necessari affinché le acque di ruscellamento superficiale, scaturibili in occasione di precipitazioni copiose ed insistenti, vengano regimate e canalizzate in modo da non interferire con le fondazioni dell'opera.

CONSIDERAZIONI ED ASPETTI ESECUTIVI

Relativamente all'aspetto stratigrafico e geotecnico si è accertata l'esistenza di livelli sabbioso limosi rimaneggiati frammisti a copertura terrigena a spessore variabile con 1 m medio dal p.c., posti su depositi a composizione prevalentemente sabbioso – limosi, a luogo calcarenitici, a consistenza variabile da poco consistenti a molto consistenti in relazione al grado di cementazione. Si alternano livelli sabbiosi a livelli prevalentemente limosi, a luogo argillosi con diffusi frammenti fossiliferi, in genere maggiormente cementati.

E' interpretata una giacitura e una distribuzione litologica eteropica laterale variabile negli spessori con variazioni dovute al naturale processo sedimentario plicativo e alterativo, che comporta variazioni litologico-meccaniche da luogo a luogo, in particolare tali variazioni eteropiche riguarda i termini limoso sabbiosi debolmente argillosi e i termini argilloso limosi.

In relazione alla successione stratigrafica riscontrata è ragionevole considerare flussi idrodinamici nei termini limosi sabbiosi in condizioni di precipitazioni copiose e perduranti.

In relazione a quanto sopra esposto e ai risultati acquisiti dalle indagini si può concludere che l'indagine MASW effettuata in area limitrofa riferibile, ha permesso di **definire l'area di classe sismica B** per i cui dettagli si rimanda alla relazione tecnico sismica.

Caratterizzati n. 2 orizzonti litostratigrafici (parametrizzati a pag. 16 e 21 della presente) aventi differenti caratteristiche geomeccaniche ampiamente definite. In particolare è stata calcolata la capacità portante dell'orizzonte di impostazione strutture con valori di carico limite calcolato con la formula di Terzaghi è pari a 3,59 kg/cm².

Carico di esercizio=carico limite/3 = 1,20kg/cm².

Nell'area non si rilevano aspetti negativi o impedimenti tali da non poter effettuare quanto previsto.

Esaminate la natura e le caratteristiche geo-litologiche dell'area d'intervento, **si ritiene che questa possieda tutti i necessari REQUISITI DI IDONEITÀ, da un punto di vista geologico-tecnico, ad accogliere le opere in progetto.**

Per la realizzazione della struttura sono previsti movimenti di terra tali da non alterare l'equilibrio idrogeomorfologico, o apportare sensibili modifiche al quadro paesaggistico locale.

In relazione ai risultati ottenuti agli sbancamenti che verranno eseguiti per l'alloggiamento di eventuali strutture dovranno comunque adottarsi provvedimenti tali da garantire l'adeguato contenimento dei fronti di scavo (anche con opere temporanee) e la loro protezione dagli agenti atmosferici in corso d'opera.

In ogni caso per la realizzazione di quanto in oggetto si richiamano tutte le norme di buona tecnica tali da evitare, nelle diverse condizioni, effetti negativi sullo stato dei luoghi e delle opere.

A seconda delle esigenze della Committenza verranno fornite documentazioni integrative a quelle attuali, compreso anche eventuali ulteriori accertamenti sul terreno.

Martina Franca, febbraio 2019

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.

GEOLOGO GIANFRANCO MORO

COMUNE DI GROTTAGLIE

COMMITTENTE: COMUNE DI GROTTAGLIE – Ufficio Direzione Area Tecnica -

LUOGO: "Depositeria Comunale" – Lavori di messa in sicurezza – V. Martiri D'Ungheria

CIG Z6B267EE69 e CUP: J45118000460004

DATA: FEBBRAIO 2019

RELAZIONE TECNICA MODELLAZIONE SISMICA

DOTT. GEOLOGO GIANFRANCO MORO



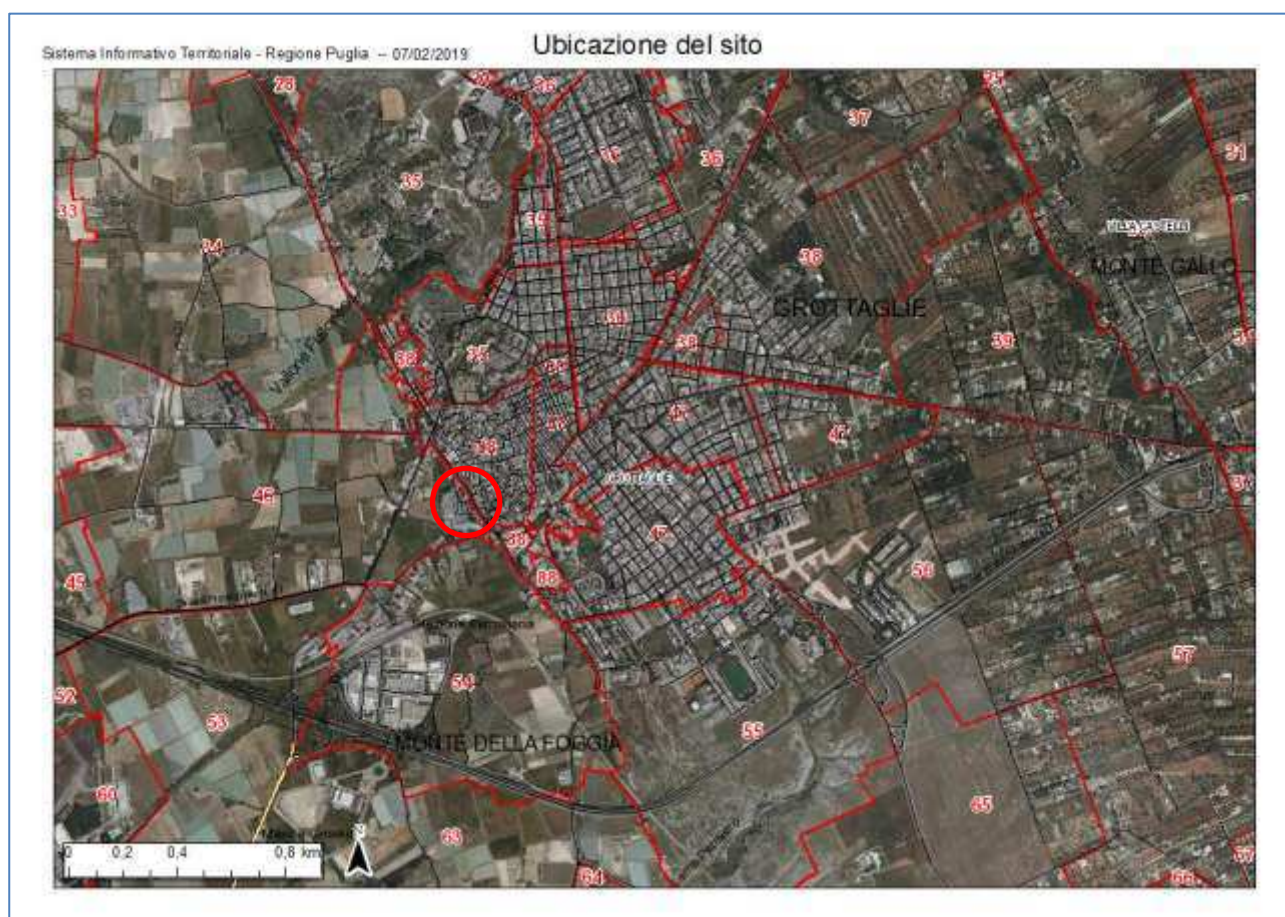
Conforme a D.M. del 17 gennaio 2018 - N.T.C.- e al D.M. 11 maggio 1988
RTC/RCO - 20517/122/80031471

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

PREMESSA

Il presente rapporto riferisce sui risultati di indagine geognostica non distruttiva effettuata per conto del **Comune di Grottaglie**, per acquisire una caratterizzazione tecnico sismica delle litologie costituenti il piano di impostazione di fondazioni della Depositeria Comunale, nell'ambito degli interventi di ristrutturazione e adeguamento .

Esso è ubicato in Via Martiri D'Ungheria, all'interno del territorio del comune di Grottaglie. Gli accertamenti eseguiti hanno lo scopo di acquisire dati utili alla caratterizzazione e modellazione sismica delle litologie in relazione alla pericolosità sismica di base del sito, come previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018 e N. T. C. entrato in vigore il 22 marzo 2018; nonché la determinazione della Vs equivalente delle litologie poste in successione stratigrafica.



UBICAZIONE SITO

RISULTATI DELLE ANALISI MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) risulta essere una tecnica di indagine ottimale, non invasiva, utile a definire la risposta sismica di un determinato sito, classificando il sottosuolo in 5 categorie differenti. Tale analisi individua il profilo delle velocità delle onde di taglio verticali Vs misurando le stesse in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.



FASE DI ACQUISIZIONE

UBICAZIONE DEL SITO

WGS84	X: 705567.16578	Y: 4489722.39724
UTM 33N		
WGS84	X: 1214111.37388	Y: 4521155.25165
UTM 32N		
Gauss	X: 2725576.48772	Y: 4489800.11812
Boaga Est		
lat/lon	X: 17.4271	Y: 40.53277
WGS84		

Fonte AdB Puglia – web Gis.

98 m slm (fonte google earth).



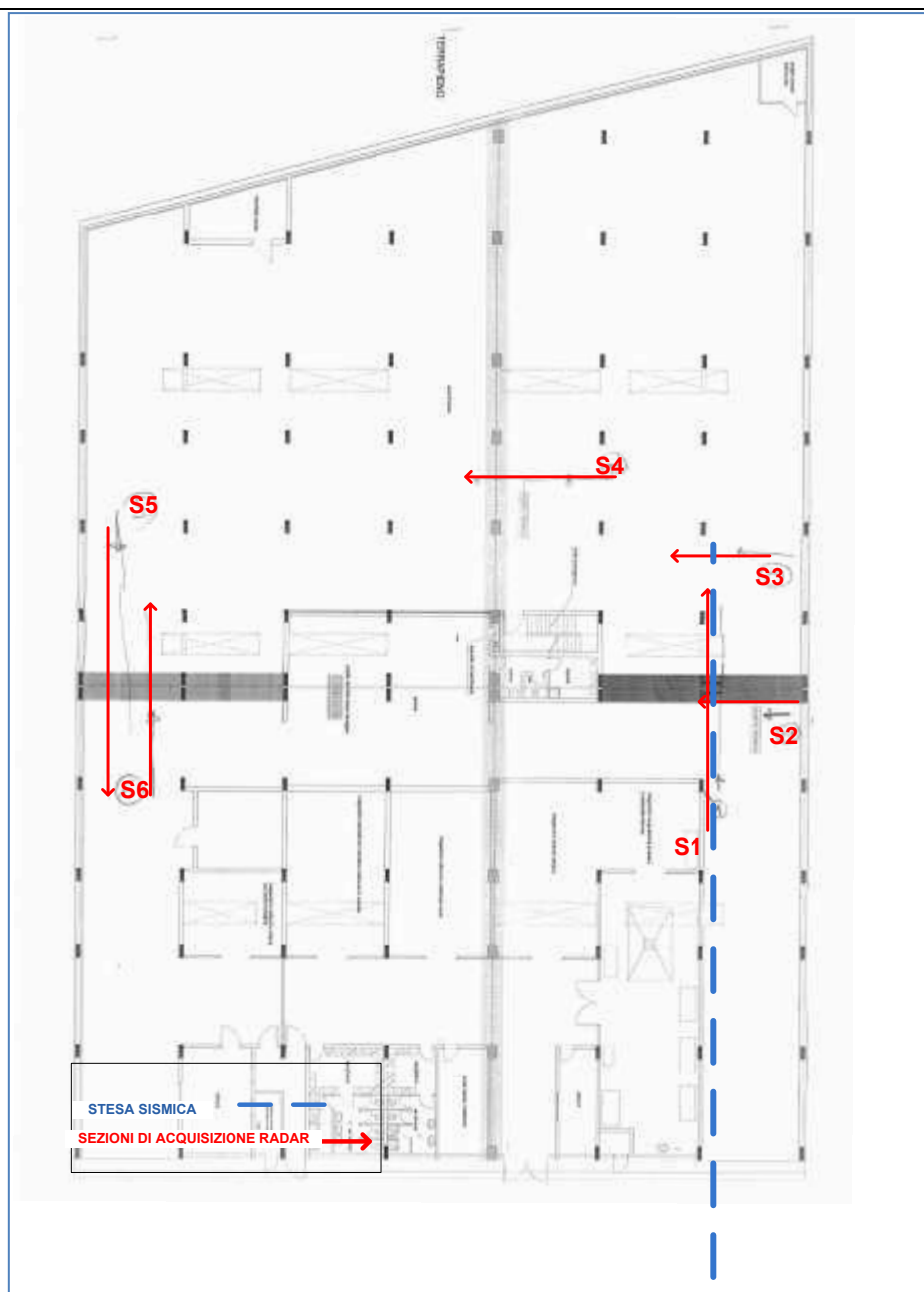


FIGURA 2 - DIREZIONE E MODALITA' DI ACQUISIZIONE SCHEMATICA DELLA STESA SISMICA

Il contributo più importante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza 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.

Ciò risulta facilmente riscontrabile attraverso l'osservazione e lo studio delle onde stesse; infatti, onde ad alta frequenza e piccola lunghezza si propagano negli strati più superficiali del sottosuolo, mentre onde a bassa frequenza e lunghezza maggiore, si estendono a profondità più rilevanti.

In altre parole, nell'indagine MASW, le onde superficiali generate in un punto del terreno di fondazione, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori (geofoni) che permettono di ottenere una velocità di fase o curva di dispersione. Ciò, fornisce informazioni sulla parte di terreno generalmente compresa entro i primi metri di profondità.

In accordo a quanto detto quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, così come anche specificato dalla nuova normativa sismica, viene valutato nei primi metri lo spessore di terreno che interagisce in maniera significativa con la struttura e pertanto, la classificazione del suolo di fondazione, la si identifica sulla base dei valori di velocità delle onde sismiche di taglio, appunto entro i primi metri di profondità.

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 (**V_s**), 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 **V_s** 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.

In Fig 1 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, si dichiara che **il valore di Vs equivalente, misurato sperimentalmente, è pari a 485 m/s (Fig.3).**

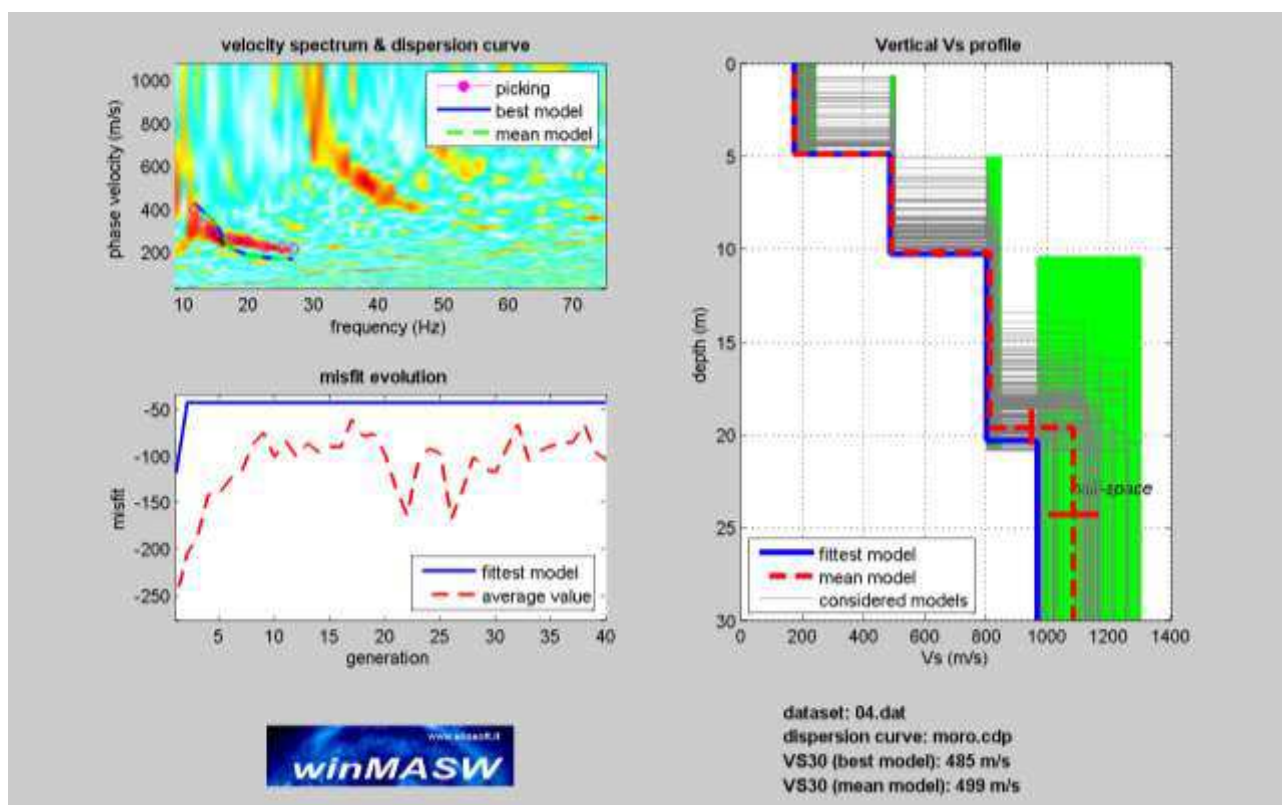


Fig. 3: Curva di dispersione con profilo verticale della velocità Vs al variare della profondità.

Poichè tale valore è compreso tra 360 m/s e 800 m/s, si prescrive l'attribuzione del suolo di fondazione, alla **CATEGORIA "B"** (Rocce tenere o depositi di terreni a grana grossa fortemente addensati o a grana fine fortemente consistenti).

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:

$$a_g \geq 0.05.$$

INDAGINE SISMICA

Il metodo di esplorazione sismica utilizza la propagazione delle onde meccaniche per caratterizzare le proprietà elastiche del sottosuolo e quindi la geometria dei mezzi attraversati. La tecnica di base consiste nel generare delle onde meccaniche, mediante sorgenti poste in punti opportunamente scelti sulla superficie topografica, e nel misurare i tempi impiegati dalle perturbazioni elastiche per raggiungere i geofoni, anch'essi opportunamente posizionati sulla superficie topografica. In particolare, l'esplorazione eseguita con il metodo della rifrazione si basa sull'analisi del tempo di arrivo dell'onda diretta e delle onde di testa; queste ultime sono onde rifratte che si determinano nel caso in cui la velocità di propagazione delle onde è crescente con la profondità, quando l'angolo di incidenza è critico.

L'obiettivo principale del metodo sismico tomografico a rifrazione è quello di determinare la velocità e le sue variazioni nel mezzo indagato, utilizzando i tempi di viaggio ottenuti da un rilievo di sismica a rifrazione. La relazione tra velocità dell'onda sismica e tempi di viaggio del raggio sismico è, per un set di M raggi:

$$\delta \mathbf{t} = \mathbf{A} \delta \mathbf{v} \quad (1)$$

dove $\delta \mathbf{t}$ è il vettore dei tempi di viaggio residui ($t_{\text{osservati}} - t_{\text{calcolati}}$), \mathbf{A} è la matrice Jacobiana $\partial t_i / \partial v_j$, e $\delta \mathbf{v}$ è il vettore velocità di perturbazione.

Un approccio alternativo è quello che introduce il concetto di lentezza dell'onda.

Se si definisce la lentezza dell'onda come $u(x) = v^{-1}(x)$, allora la (1) diventa:

$$\mathbf{t} = \mathbf{A} \mathbf{u} \quad (2)$$

dove \mathbf{t} è il vettore dei tempi di viaggio osservati, $\mathbf{A} = dl_{ij}$ = matrice delle lunghezze dei percorsi parziali e \mathbf{u} = vettore dei valori della lentezza. Gli elementi A_{ij} rappresentano la lunghezza del percorso dell' i -esimo raggio nella j -esima cella.

La individuazione dei valori della velocità di propagazione delle onde elastiche nel mezzo attraversato consentono una caratterizzazione del mezzo stesso attraverso i parametri Γ (densità lineare di frattura), C (densità di frattura) ed RQD (Rock Quality Designation).

Consideriamo un sistema consistente in R differenti set di fratture con orientazioni diverse; scegliendo ora il set j-esimo e il profilo perpendicolare alla direzione delle fratture di tale set, si definisce *densità lineare di frattura* Γ il numero di fratture presenti per unità di lunghezza lungo il profilo stesso.

Un altro parametro della roccia fratturata che può essere usato per caratterizzare il suo stato meccanico ed idraulico, è la *densità di frattura* C definita come:

$$C = \frac{\Gamma}{\langle \cos \theta_j \rangle (1 - \ln r_{\min})}$$

dove θ_j è l'orientazione del j-esimo set di fratture rispetto alla perpendicolare, verso il basso, al profilo preso in considerazione ($\theta = 0^\circ$ per fratture verticali), $\langle . \rangle$ denota il valore medio, Γ è la densità di frattura lineare, r_{\min} è la lunghezza della frattura più piccola.

Un altro parametro importante è il *fattore di qualità della roccia* RDQ (Rock Quality Designation), definito come il rapporto tra la somma delle distanze (superiori a 10 cm) fra le fratture lungo il profilo, e la lunghezza del profilo stesso; tale rapporto è espresso in termini percentuali. Questo "indice di qualità", può fornire una valutazione preliminare delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche di una formazione rocciosa (tab.1) .

Tab. 1: Classificazione della qualità della roccia secondo l'indice RDQ

RDQ %	QUALITA' DELLA ROCCIA
0-25	Molto scadente
25-50	Scadente
50-75	Discreta
75-90	Buona
90-100	Eccellente

Esistono delle relazioni empiriche che legano i parametri di frattura di una formazione rocciosa alle velocità di propagazione delle onde P ed S.

Pertanto note le velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo è possibile stabilire la qualità di una formazione rocciosa.

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).

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

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

$$G = \rho V_s^2$$

PROFILO SISMICO

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 rocciosa. 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. 4). 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.

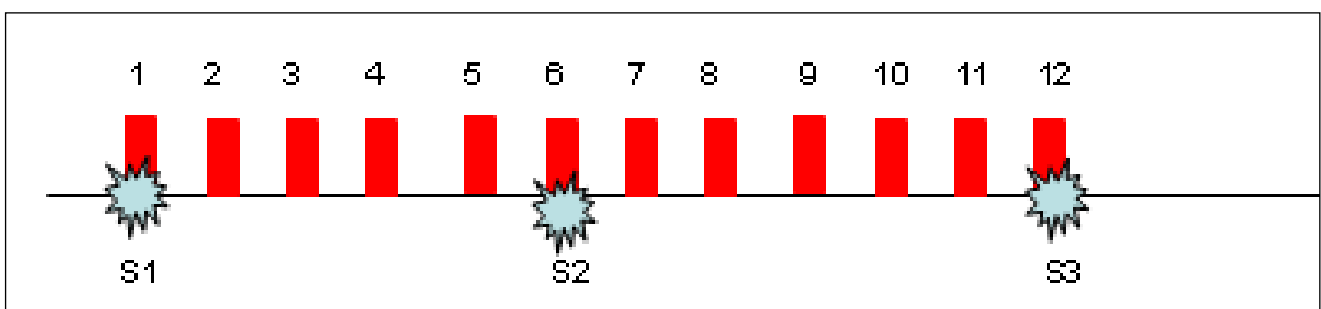


Fig. 4: Geometria di acquisizione del rilievo sismico tomografico a rifrazione: geofoni: 1, 2,....., 12; punti di energizzazione S1, S2.

La lettura dei tempi di primo arrivo (picking) (Fig. 5b), per ogni traccia, su ciascun sismogramma (Fig.5a), consente di ottenere le dromocrone riportate in Fig.5c.

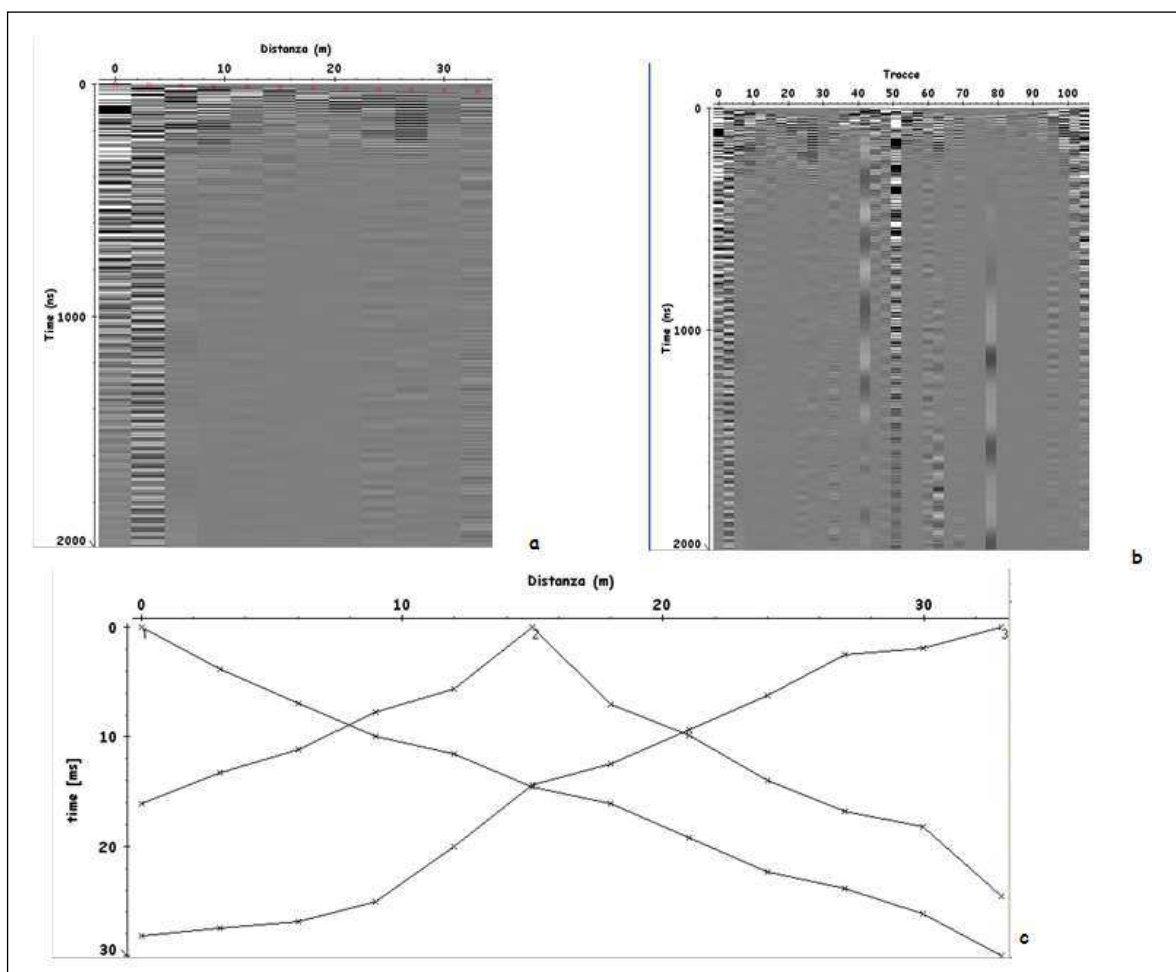


Fig. 5: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico.

La elaborazione delle stesse mediante algoritmi sofisticati permette di ottenere il modello di distribuzione delle velocità V_p e V_s (Fig. 6).

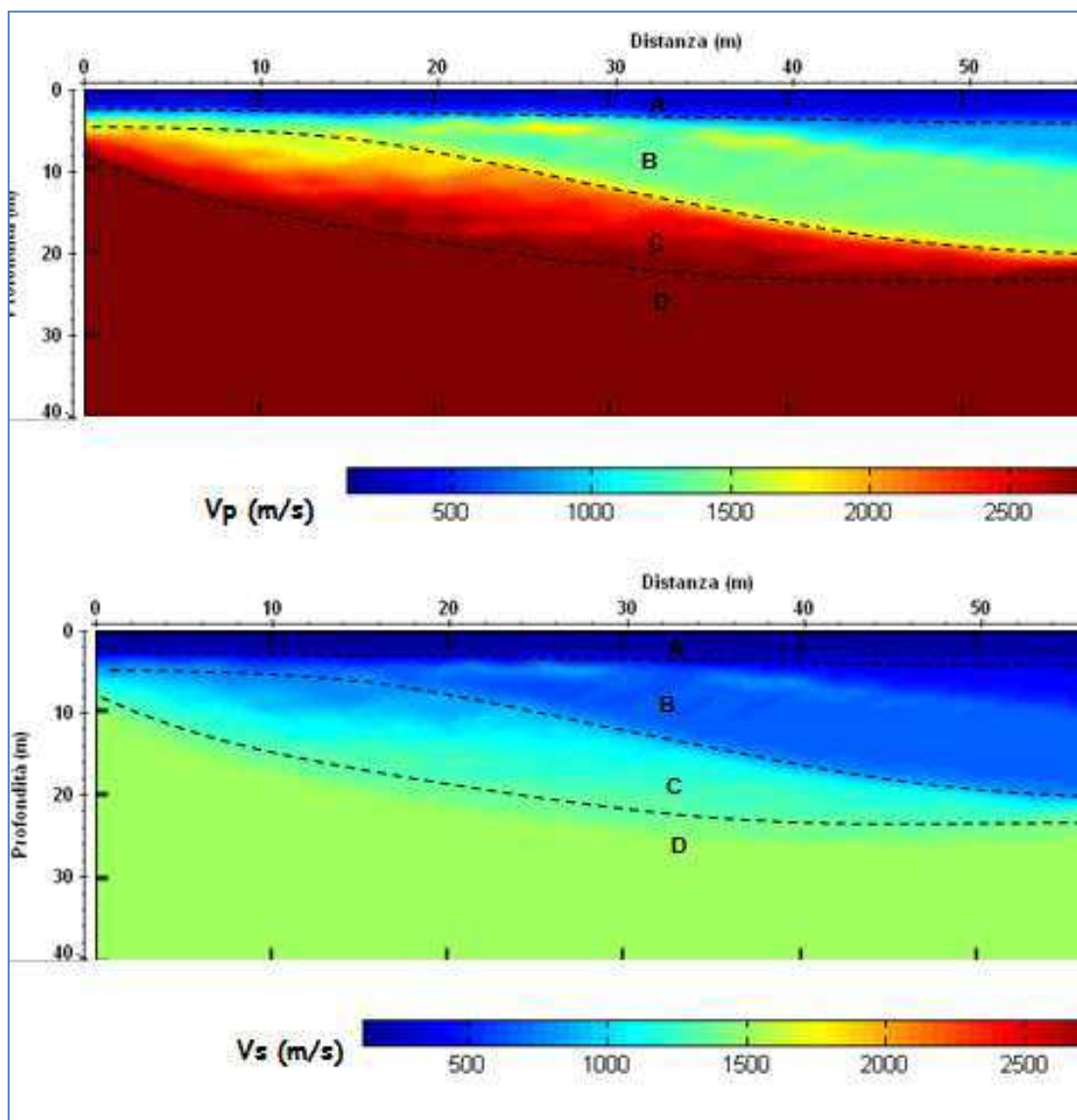


Fig. 6: Modello di distribuzione delle velocità Vp e Vs a varie profondità.

Dalla Fig. 6 si evince che i valori di Vp sono generalmente compresi tra 500m/s e 3000m/s mentre valori di Vs sono generalmente compresi tra 300m/s e 1500m/s.

In particolare è possibile distinguere

A: $V_p=500\text{m/s}$ ($V_s=300\text{m/s}$); strato superficiale da 1.0m a 2.0m circa di profondità;

B: $1000 < V_p < 1500\text{m/s}$ ($500 < V_s < 700\text{m/s}$); probabile presenza di materiale compatto fino ad una profondità compresa tra 4.0 e 18.0m circa;

C: $1800 < V_p < 2400\text{m/s}$ ($900 < V_s < 1100\text{m/s}$); probabile presenza di materiale più compatto fino ad una profondità compresa tra 8.0 e 20.0m circa;

D: $V_p=3000\text{m/s}$ ($V_s=1500\text{m/s}$); probabile presenza di materiale più compatto.

Attraverso l'utilizzo delle relazioni empiriche sopra descritte è possibile ottenere i modelli di densità di massa (Fig. 7) e coesione (Fig.8).

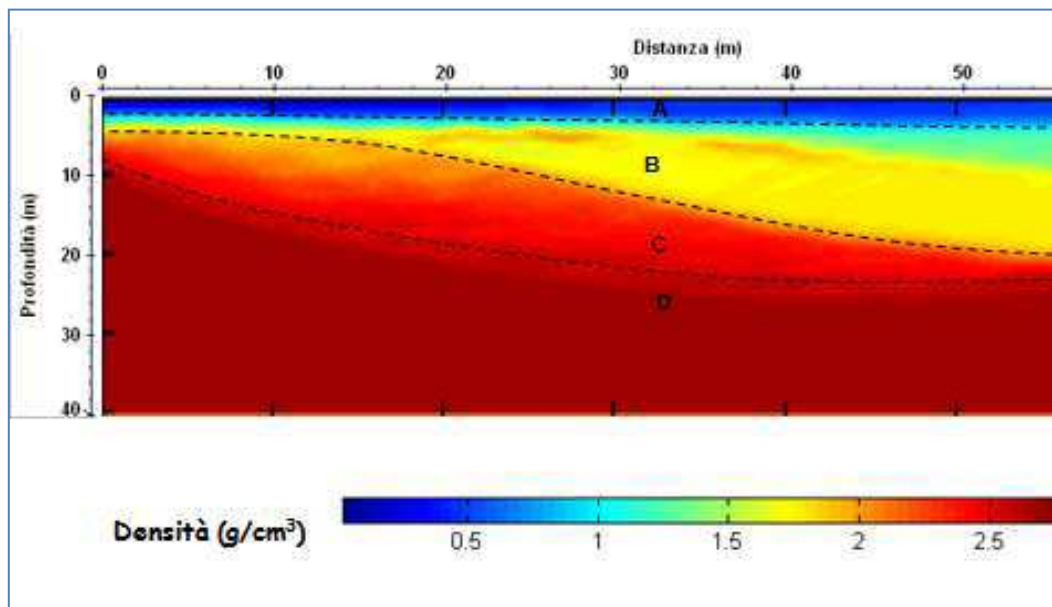


Fig. 7: Modello di distribuzione della densità di massa a varie profondità.

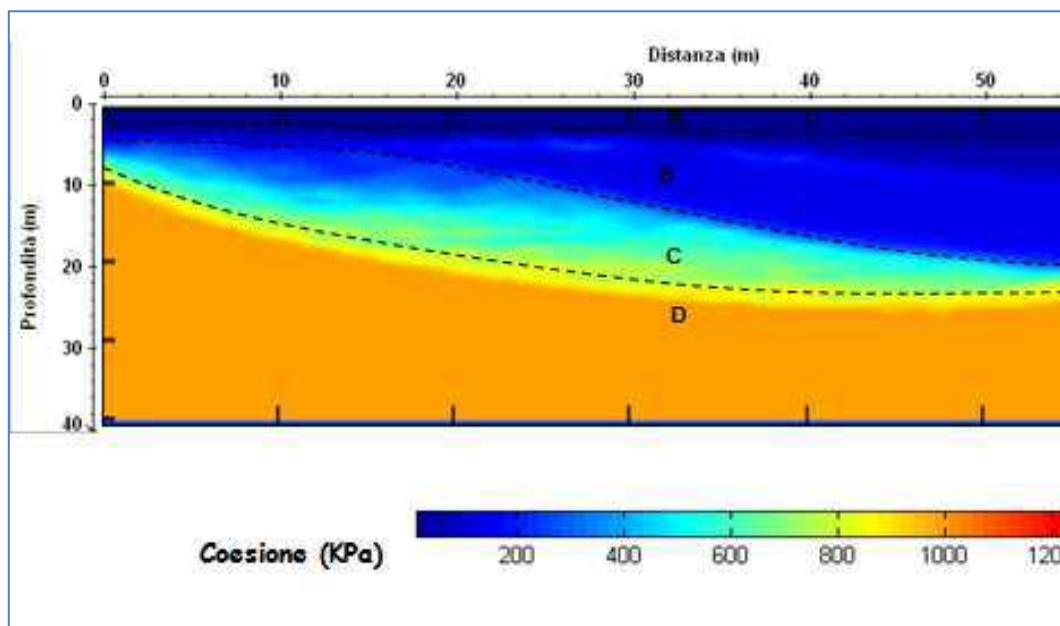


Fig. 8: Modello di distribuzione della coesione a varie profondità.

Analizzando le Figg. 7 e 8 si ottiene la tabella riassuntiva 1.

Tab. 1: Riassunto dei risultati

strato	Densità (g/cm ³)	Coesione (KPa)
B	1.8	200
C	2.1	450
D	2.3	1000

E' inoltre possibile calcolare i valori del coefficiente di Poisson, del modulo di Young e del modulo di taglio (tab. 2).

Tab. 2: Riassunto dei risultati

strato	σ	E (MPa)	G (MPa)	Lamè (MPa)	Bulk (MPa)
B	0.35	1329	492	1149	1477
C	0.30	3843	1423	3321	4270
D	0.30	6760	2600	3897	5631

VINCOLO SISMICO

Considerando il caso in esame il fattore di amplificazione sismica totale **Fa**, varrebbe quindi = **1.0 (Suscettibilità di amplificazione sismica)**, poiché associato a Vs maggiori a 800 m/s.

Considerando infine l'O. P. C. M. 3274/03, si evince che il territorio di Grottaglie (TA) 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:

$$a_g \geq 0,05g$$

Appare fondamentale, inoltre, stabilire l'accelerazione spettrale massima al suolo dell'area investigata, conoscendo, in principio, sia la categoria di sottosuolo che la categoria topografica.

l'indagine MASW effettuata ha permesso di confortare quanto rilevato dall'indagine e permettendo di **definire l'area di classe sismica B**.

Vs equivalente, misurato sperimentalmente, è 485 m/s.

Ft (categoria topografica)=1.0

S (fattore dipendente dalla categoria di sottosuolo)= 1.2

ag bed-rock = 0.05 g (zona sismica 4)

$$a_{max} = ag * (Ft * S) = 0.05 * 1.0 * 1.20 = 0.06 g = 0,6 m/s^2$$

Martina Franca febbraio 2019

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.