



**Procedimento di Valutazione Impatto Ambientale ex art. 23 D.Lgs. 152/2006
e Autorizzazione Unica ex art. 12 D.Lgs. 387/2003**

**Progetto Parco Solare Fotovoltaico
Calapricello
Comune di Taranto (TA)**

RELAZIONE GEOTECNICA

REDATTO DA / WRITTEN BY

Dott. Geol. Gianfranco Moro

APPROVATO DA / APPROVED BY

Ing. Ph.D. Marco Giannettoni

REVISIONE		N°	DATA/DATE
Prima emissione		00	Luglio 2022

SOMMARIO

1	DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI.....	5
2	DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE.....	5
3	NORME DI RIFERIMENTO.....	11
4	ANALISI FISICA DEL SITO.....	13
	4.1 GEOMORFOLOGIA.....	13
	4.2 GEOLOGIA E LITOLOGIA.....	14
5	INDAGINE GEOGNOSTICA.....	20
	5.1 AREA A.....	20
	5.2 AREA B.....	30
6	QUADRO IDROGEOLOGICO.....	40
	6.1 AREA A.....	40
	6.2 AREA B.....	40
7	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA AREA A.....	41
8	PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA AREA B.....	44
9	CALCOLO GEOTECNICO DI CARICO AREA A.....	47
	9.1 CARICO LIMITE PER FONDAZIONE SUPERFICIALE.....	47
10	CALCOLO GEOTECNICO DI CARICO AREA B.....	49
	10.1 CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DELLE ROCCE – DEFINIZIONE CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU ROCCIA.....	49
11	CONCLUSIONI.....	54

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ortofoto con l'area dell'impianto nel contesto territoriale (Fonte: Google Satellite).....	13
Figura 2 - Stralcio carta geologica.....	15
Figura 3 - Stralcio carta geologica di dettaglio.....	16
Figura 4 - Ubicazione sito Area B.....	17
Figura 5 - Stralcio carta geologica Area B.....	18
Figura 6 - Stralcio carta geologica di dettaglio Area B.....	19
Figura 7 - Ubicazione indagini geognostiche effettuate nell'area di interesse.....	21
Figura 8 - Fase indagini geognostiche effettuate in sito.....	22

<i>Figura 9 - Successione stratigrafica interpretata</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10 - Sezione 1</i>	<i>24</i>
<i>Figura 11 - Sezione 2</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12 - Sezione 3</i>	<i>25</i>
<i>Figura 13 - Sezione 4</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14 - Sezione 5</i>	<i>26</i>
<i>Figura 15 - Sezione 6</i>	<i>26</i>
<i>Figura 16 - Sezione 7</i>	<i>27</i>
<i>Figura 17 - Sezione 8</i>	<i>27</i>
<i>Figura 18 - Sezione 9</i>	<i>28</i>
<i>Figura 19 - Sezione 10</i>	<i>28</i>
<i>Figura 20 - Sezione 11</i>	<i>29</i>
<i>Figura 21 - Sezione 12</i>	<i>29</i>
<i>Figura 22 - Sezione 1B</i>	<i>31</i>
<i>Figura 23 - Sezione 2B</i>	<i>31</i>
<i>Figura 24 - Sezione 3B</i>	<i>32</i>
<i>Figura 25 - Sezione 4B</i>	<i>32</i>
<i>Figura 26 - Sezione 5B</i>	<i>33</i>
<i>Figura 27 - Sezione 6B</i>	<i>33</i>
<i>Figura 28 - Sezione 7B</i>	<i>34</i>
<i>Figura 29 - Sezione 8B</i>	<i>34</i>
<i>Figura 30 - Sezione 9B</i>	<i>35</i>
<i>Figura 31 - Sezione 10B</i>	<i>35</i>
<i>Figura 32 - Sezione 11B</i>	<i>36</i>
<i>Figura 33 - Sezione 12B</i>	<i>36</i>
<i>Figura 34 - Sezione 13B</i>	<i>37</i>
<i>Figura 35 - Sezione 14B</i>	<i>37</i>
<i>Figura 36 - Successione stratigrafica interpretata Area B</i>	<i>39</i>

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 2.1 - Riferimenti tecnici.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabella 2.2 - Strumentazione utilizzata</i>	<i>9</i>
<i>Tabella 3.1 - Classificazione sismica Provincia di Taranto.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 7.1 - Categoria di suolo.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 8.1 - Categorie di suolo.....</i>	<i>46</i>

1 DESCRIZIONE DELLE OPERE E DEGLI INTERVENTI

Su incarico della Committenza **REN.152 SRL** è stata eseguita un'indagine geologica e geotecnica al fine di accertare la natura e la consistenza dei terreni su quali è previsto la realizzazione di parco solare fotovoltaico. **L'area oggetto di indagine è sita in località Calapricello nell'agro del comune di Taranto di seguito definita Area A (figg. stralcio carta geologica – stralcio carta autorità di bacino).**

Durante l'iter autorizzativo si è presentata la necessità di provvedere alla caratterizzazione geologica di area sulla quale sono previste opere di potenziamento dell'elettrodotto a 150 kV singola terna "Lizzano-Manduria" necessarie alla connessione dell'impianto di generazione da fonte fotovoltaica denominato "Calapricello" realizzato dalla società REN.152 s.r.l.

Tale area sarà individuata come Area B nel presente report geologico ad integrazione.

2 DESCRIZIONE DELLE INDAGINI E DELLE PROVE GEOTECNICHE

Lo studio dell'area è stato compiuto sulla scorta di indagini dirette ed indirette costituite da:

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

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.

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 inficiare l'opera esistente.

La tecnologia utilizzata per tali indagini consiste in un georadar (G.P.R.).

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. 17 01 2018	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).		
<u>Attività svolta:</u>	<input checked="" type="checkbox"/> Rilevamento.	<input checked="" type="checkbox"/> Interpretazione.
<u>Certificato di:</u>	2° livello¹ di operatore CND (Controlli Non Distruttivi).	
<u>Certificate:</u>	Level 2 Certificate of NDT Operator.	
<u>N° di Certificato:</u>	14VE00597PO4 rinnovo n.4153-CIV-1-R	
<u>Number of Certificate:</u>		
<u>Operatore:</u>	MORO Gianfranco (Geologo).	
<u>Operator:</u>		
<u>Metodo:</u>	Georadar.	

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

Tabella 2.1 - Riferimenti tecnici

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>		
<u>Modello:</u>		GSSI (Geophysical Survey Systems, Inc. – SIR 3000.
<u>Numero di Serie:</u>		0419.
<u>Specifiche</u>		
<u>Antenna:</u>		Compatibile con la maggior parte delle antenne GSSI.
<u>Numero di canali:</u>		1 (uno).
<u>Archivio dati:</u>		Memoria interna: Scheda di memoria flash da 2 GB; Porta Flash compatta: accetta schede di memoria fino a 8 GB.
<u>Display:</u>		.
<u>Risoluzione IR:</u>		200 x 150 pixels.
<u>Campo Spettrale:</u>	µm	7,5 ÷ 13 (LW).
<u>Zoom digitale e panoramica/messa a fuoco:</u>		1x – 2x continuo.
<u>I FOV (lente da 25°):</u>	mRad	2.18.
<u>Antenna</u>		
<u>Frequenza:</u>		270 MHz .
<u>Intervallo di profondità:</u>		0 – 6 m.
<u>Modello:</u>		50270S.
<u>Correzione di misura:</u>		regolazione centesimale.



Codificatore di distanza. Antenna da 270 MHz.



Software RADAN. SIR 3000 Controller.

Tabella 2.2 - Strumentazione utilizzata

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.

3 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

Tabella 3.1 - Classificazione sismica Provincia di Taranto

Dalla quale si evince che al Comune di Taranto (Area A) è stata attribuita la Categoria 3 cioè a moderato rischio sismico, mentre per l'Area B Sava e Manduria sono in Categoria 4 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.
- Secondo quanto stabilito dal D.D. n. 1/2011, di cui al punto 4.2.2 "Istruzioni Tecniche".

La presente relazione viene redatta in ottemperanza a quanto disposto dalla vigente legislazione per le costruzioni in zona sismica (nella fattispecie classe 3 e 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."

4 ANALISI FISICA DEL SITO

4.1 GEOMORFOLOGIA

Il sito è ubicato nel territorio del comune di Taranto in località Calapricello – Area A (Vedi Cartografia allegata).

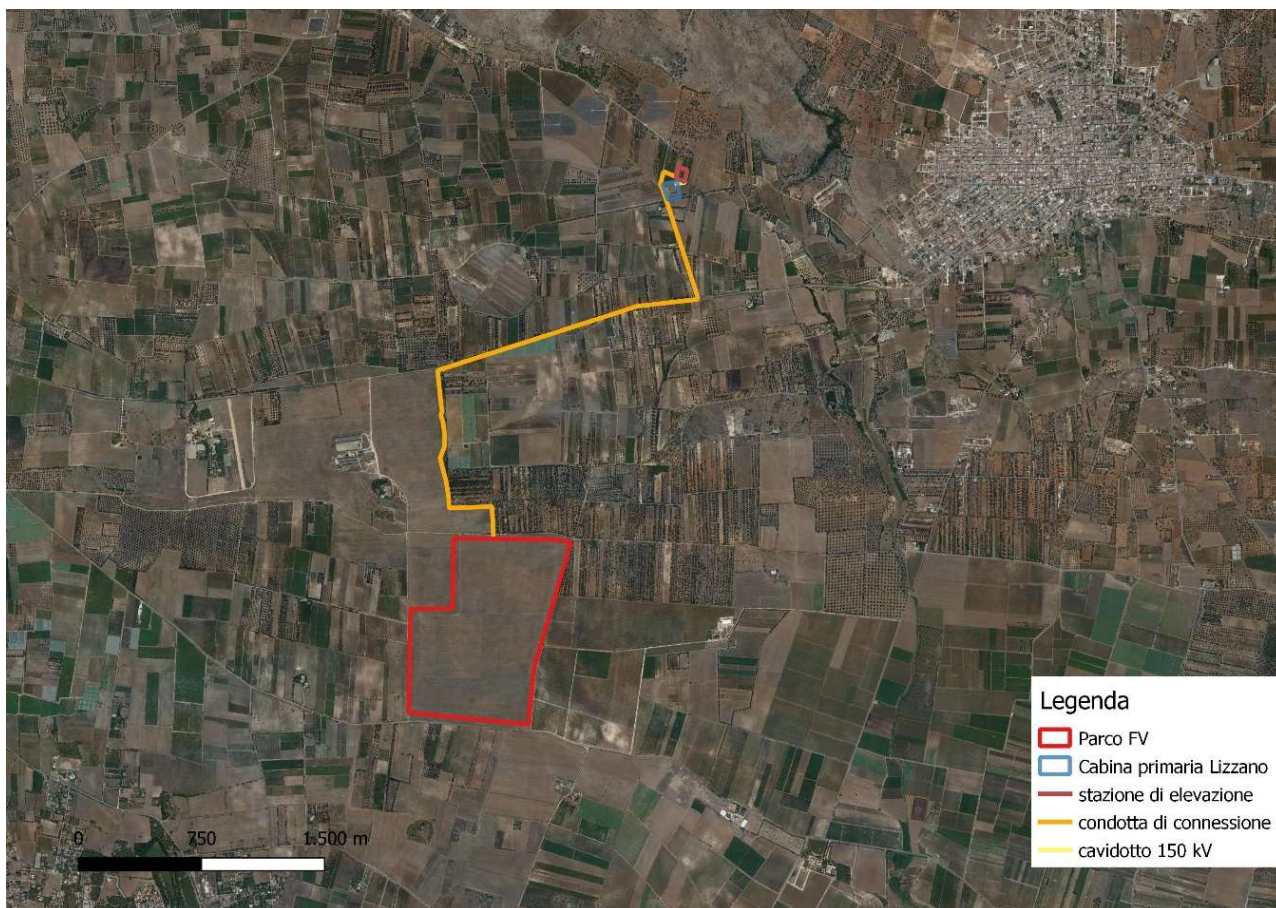


Figura 1 - Ortofoto con l'area dell'impianto nel contesto territoriale (Fonte: Google Satellite)

Sotto il profilo morfologico l'area si inserisce all'interno di un contesto eminentemente costiero con dolci pendenze che convergono in direzione costa in un ambiente antropizzato. L'area di studio è coinvolta in fenomeni di rimaneggiamento superficiale.

Da rilevamento effettuato si evince un livello di litologie e materiali riportati eteropici ed eterogenei di ricoprimento. Dal sopralluogo effettuato nell'area (quota variabile da 19 a 27 m. slm.) non è stata rilevata alcuna traccia di erosione anomala da parte delle acque superficiali.

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.

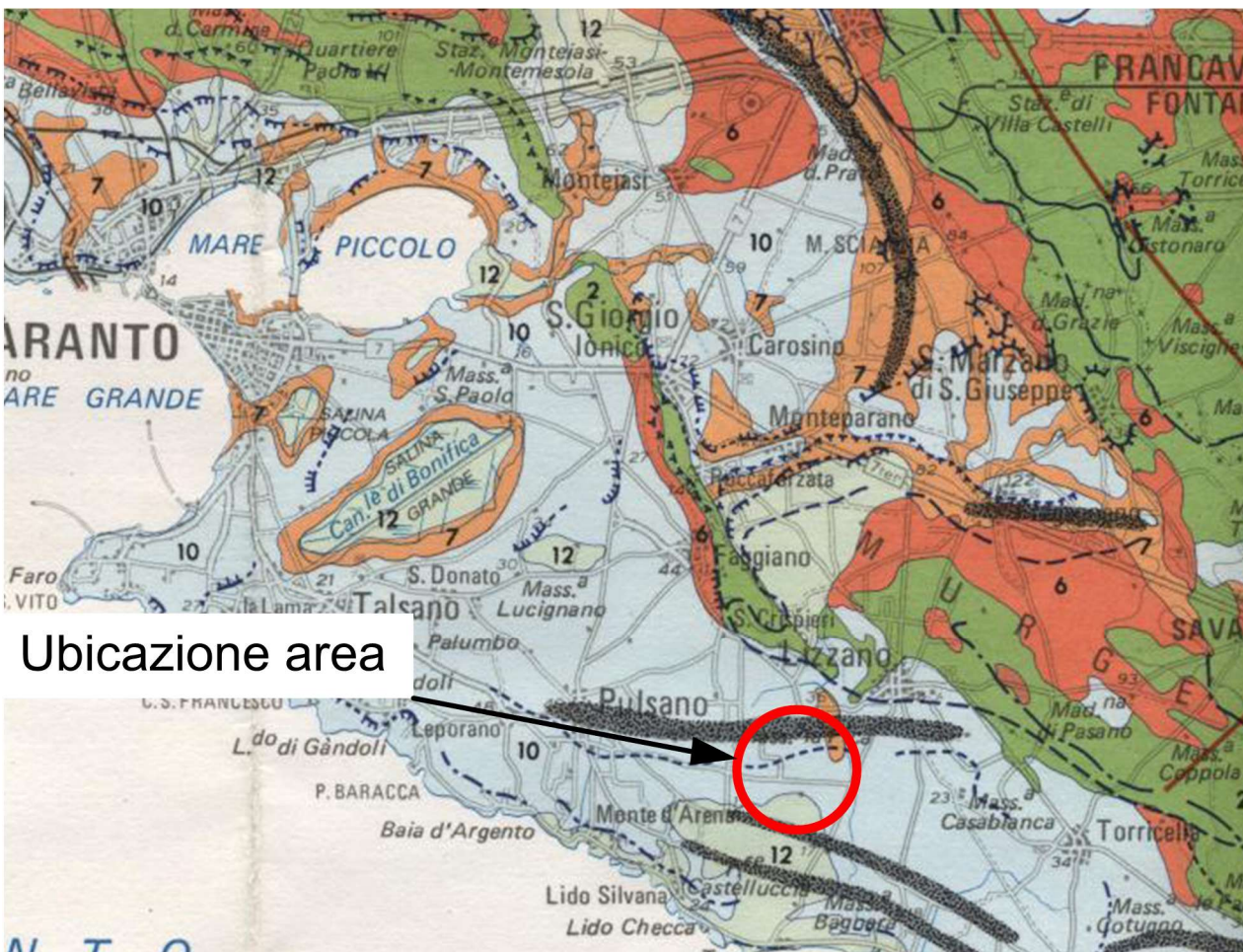
Trattasi in genere di strati metrici, di sabbie, sabbie limose variamente consistenti posti su limi argillosi passanti ad argille compatte nelle quali si imposta lenti o sottili livelli a componente limoso – sabbiosa i quali garantisco un drenaggio delle acque di infiltrazione.

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. Nello specifico si evidenzia un contesto geomorfologico di tipo retrodunale. 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.

4.2 GEOLOGIA E LITOLOGIA

Dal rilevamento geologico si evince che si tratta di un contesto pianeggiante con tenue e dolci degradazioni della superficie. Tenui avvallamenti si alternano a blandi paleo terrazzi e paleo dune, retaggio di un contesto deposizionale costiero – retrodunale.

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 (**Argille del Bradano denominate in "Argille Subappenniniche"**), sovrapposti a termini calcarenitici – sabbiosi (**Calcarenite di Gravina**) che si impostano su Calcarea cretacea (**Calcarea 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 (Figura 2 - Stralcio carta geologica e Figura 3 - Stralcio carta geologica di dettaglio).



Ubicazione area

LEGENDA

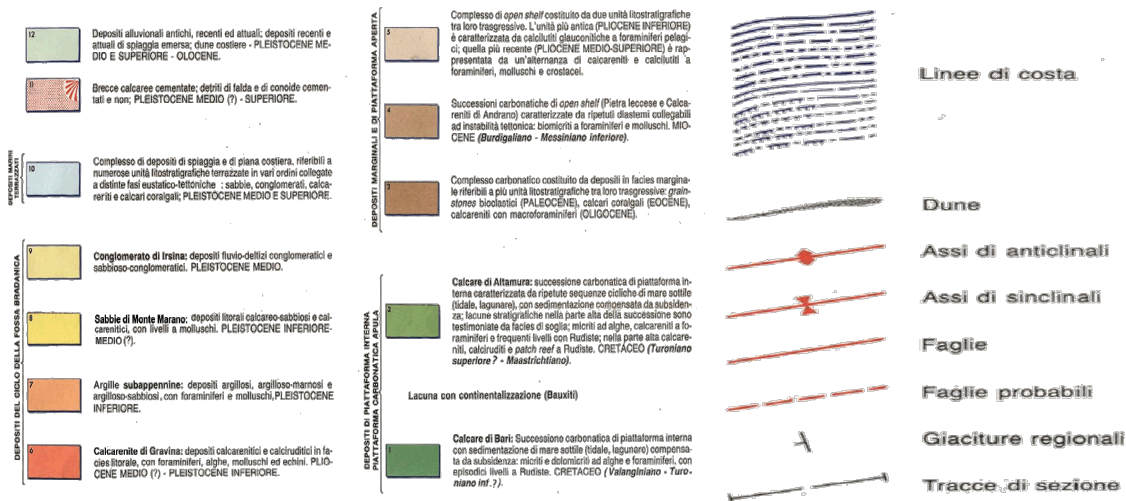


Figura 2 - Stralcio carta geologica

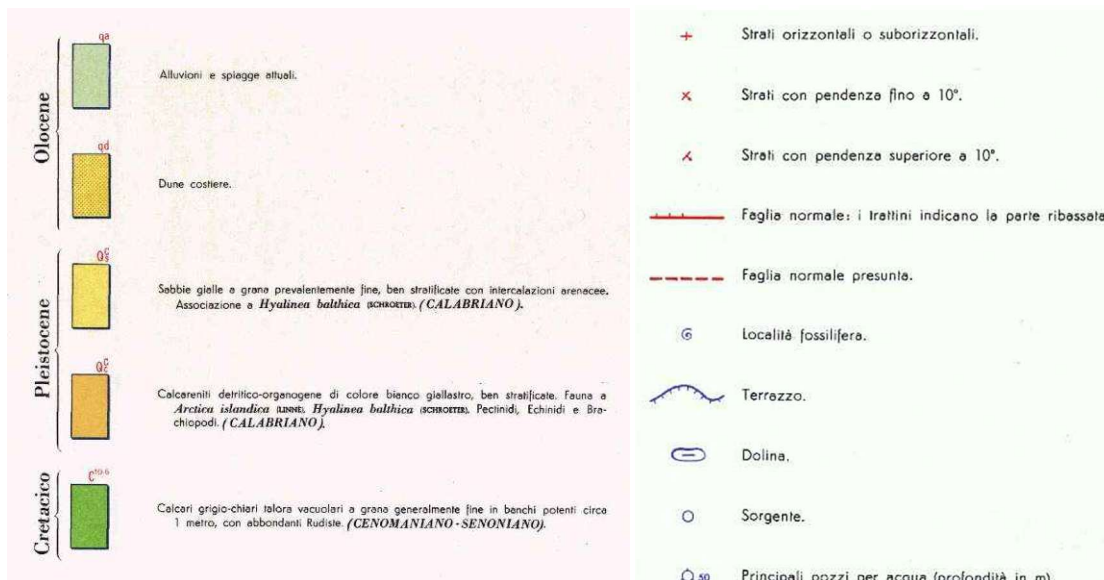
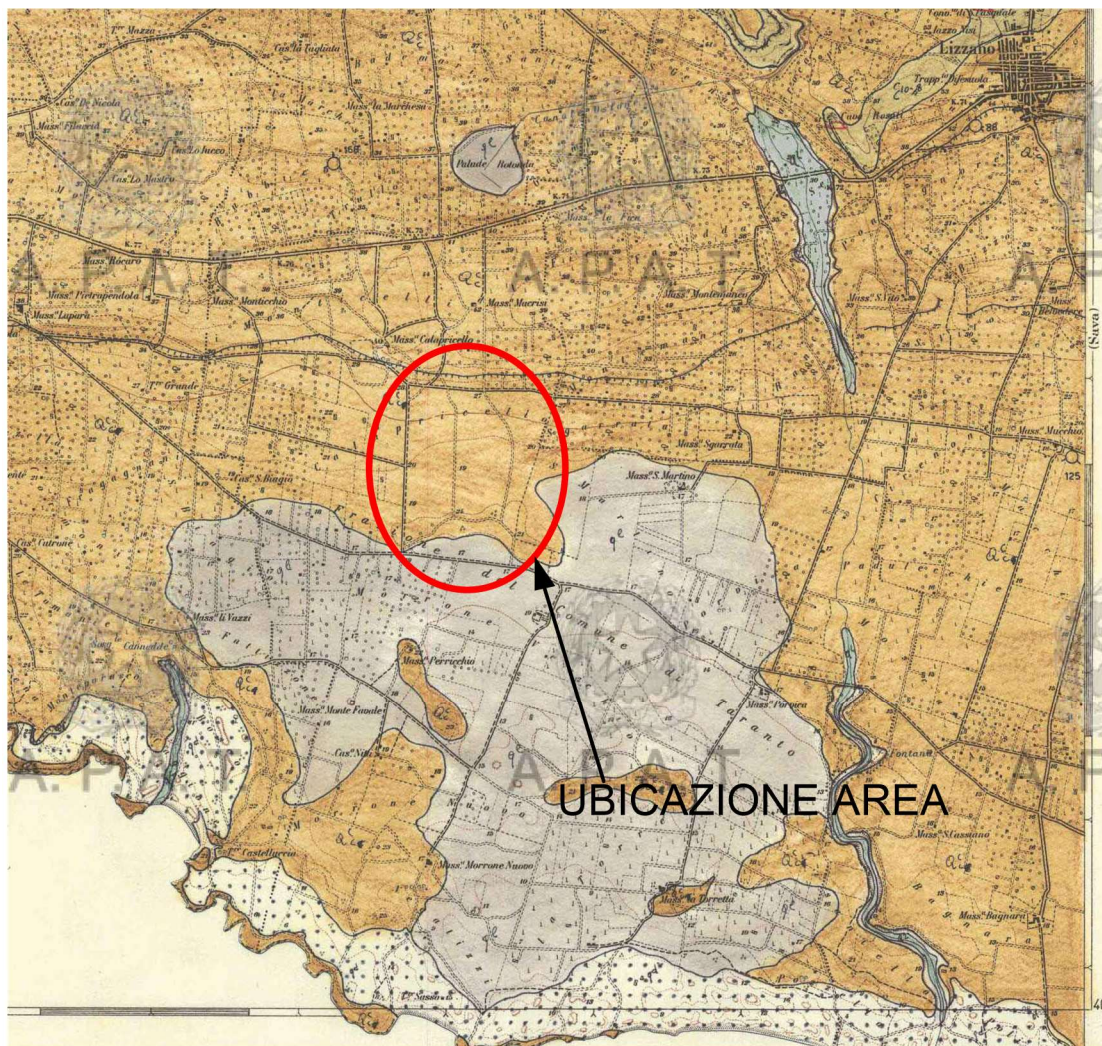


Figura 3 - Stralcio carta geologica di dettaglio

Mentre l'inquadramento della Area B riguardante il potenziamento della linea AT 150 kV RTN "Lizzano-Manduria" che è un intervento richiesto da Terna e che prevede oltre alla sostituzione dei cavi anche lo spostamento di 6 tralicci al fine di evitare emissioni elettromagnetiche verso ricettori sensibili.

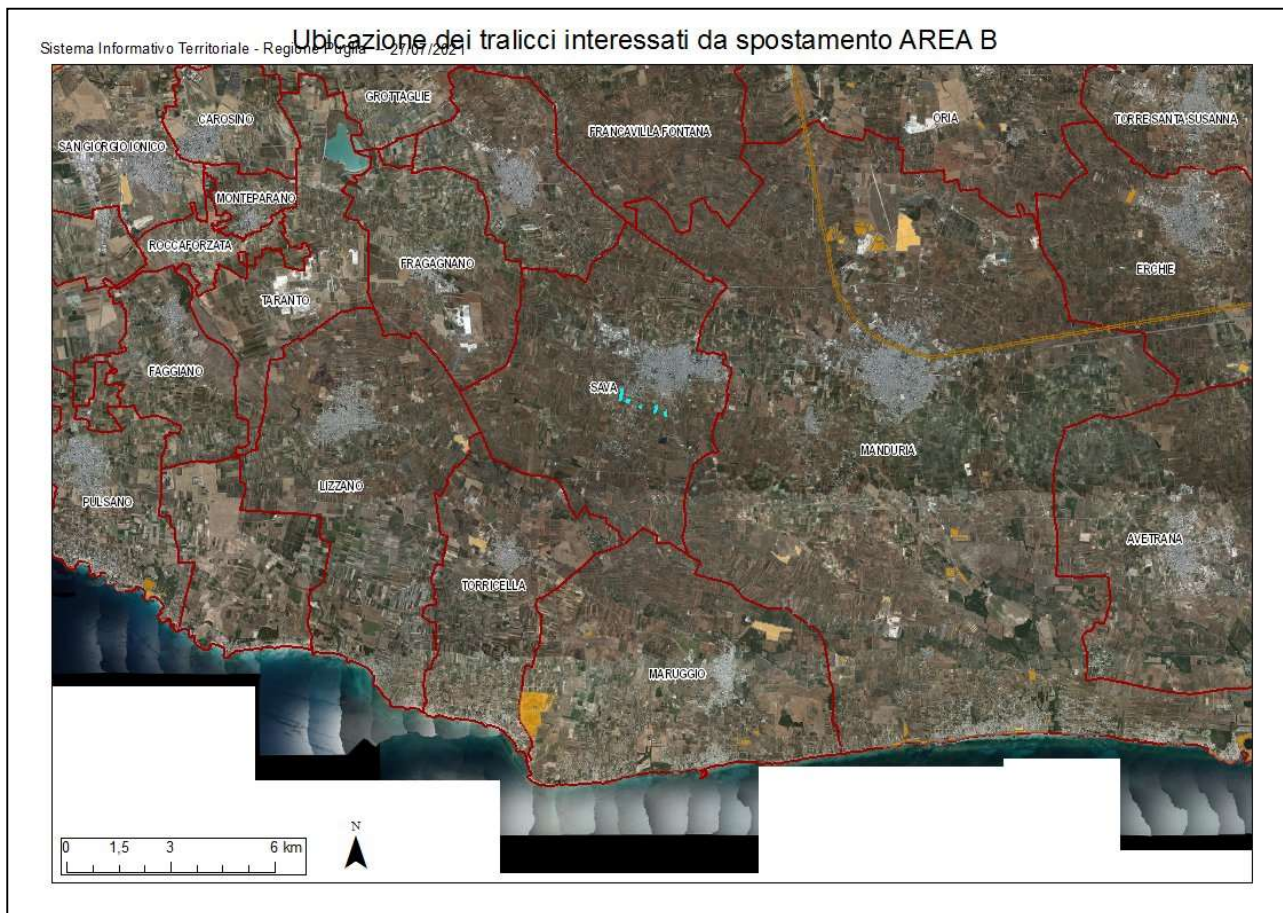
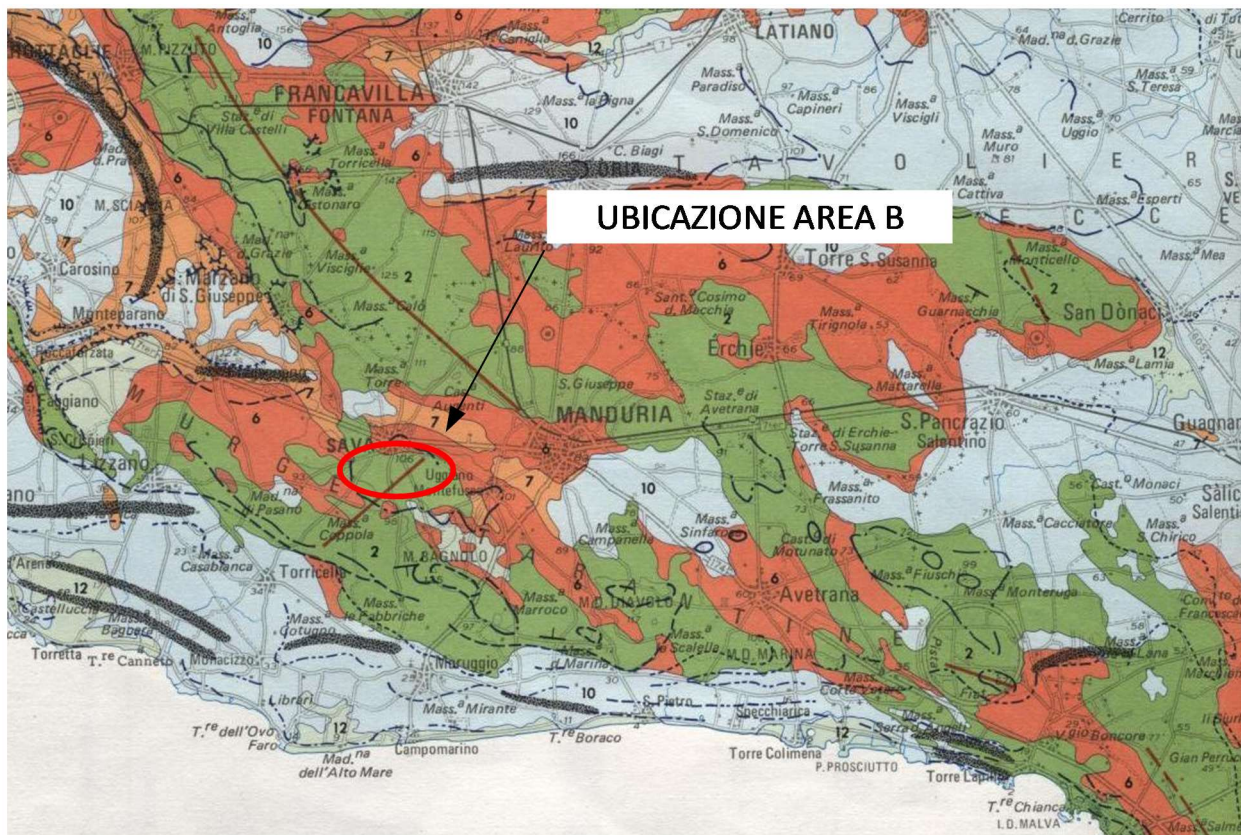


Figura 4 - Ubicazione sito Area B



LEGENDA

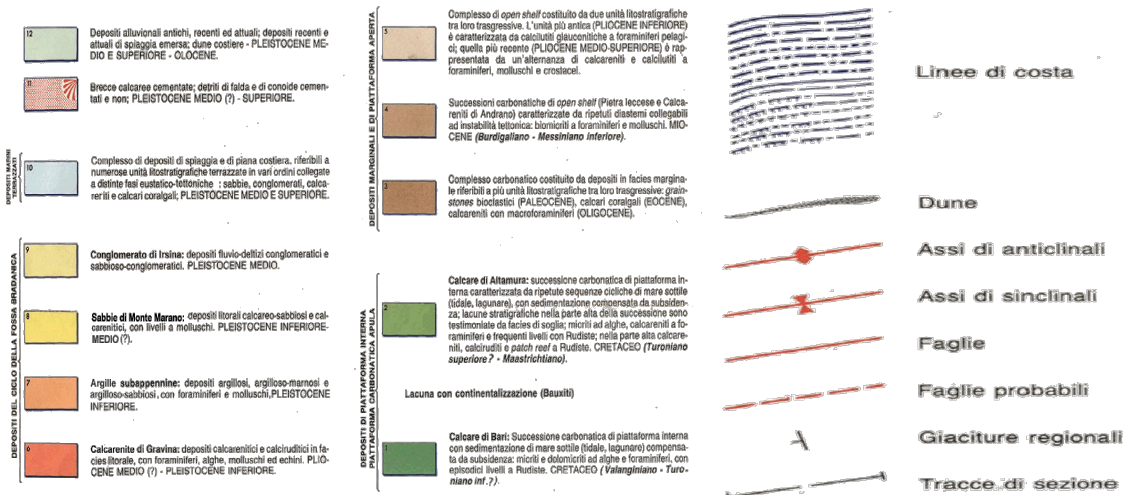


Figura 5 - Stralcio carta geologica Area B

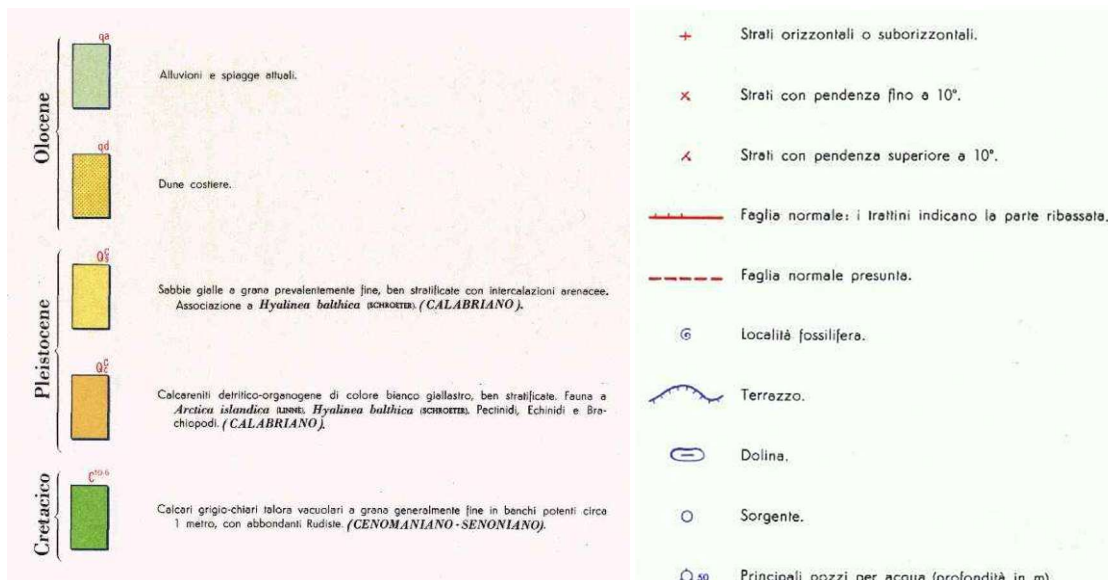
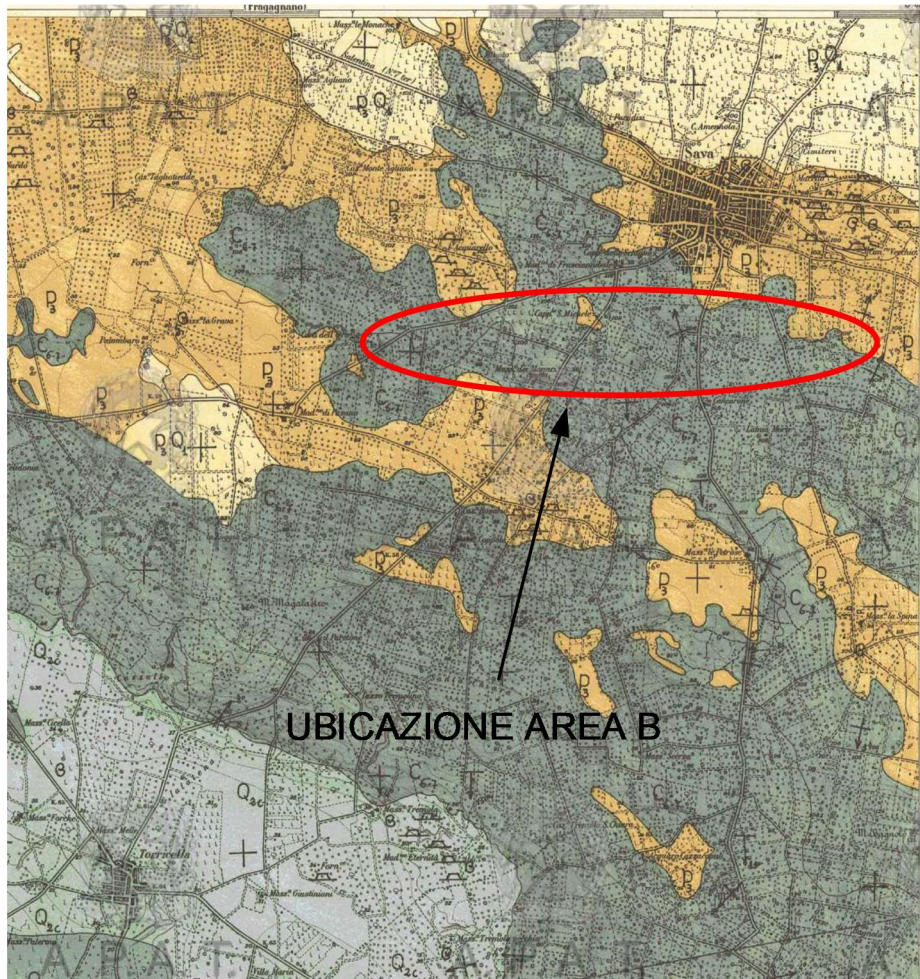


Figura 6 - Stralcio carta geologica di dettaglio Area B

5 INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica eseguita, a supporto dell'attuale fase progettuale, consiste in indagine geognostica indiretta mediante georadar effettuate per ottenere una parametrizzazione geomeccanica del sito in maniera areale e indagine Sismica a Rifrazione e indagine M.A.S.W. per la valutazione della vulnerabilità sismica.

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..

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 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, redatte dall' American Society for Testing Materials "Standard D6432-99 Standard Guide for Using the surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation" e la 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".

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 e manufatti attraversati.

5.1 AREA A

Sono state eseguite n. 12 acquisizioni nell'area di progetto del parco solare fotovoltaico e una stesa sismica per ottenere una caratterizzazione indiretta del sito così come di seguito riportato schematicamente in figura successiva.

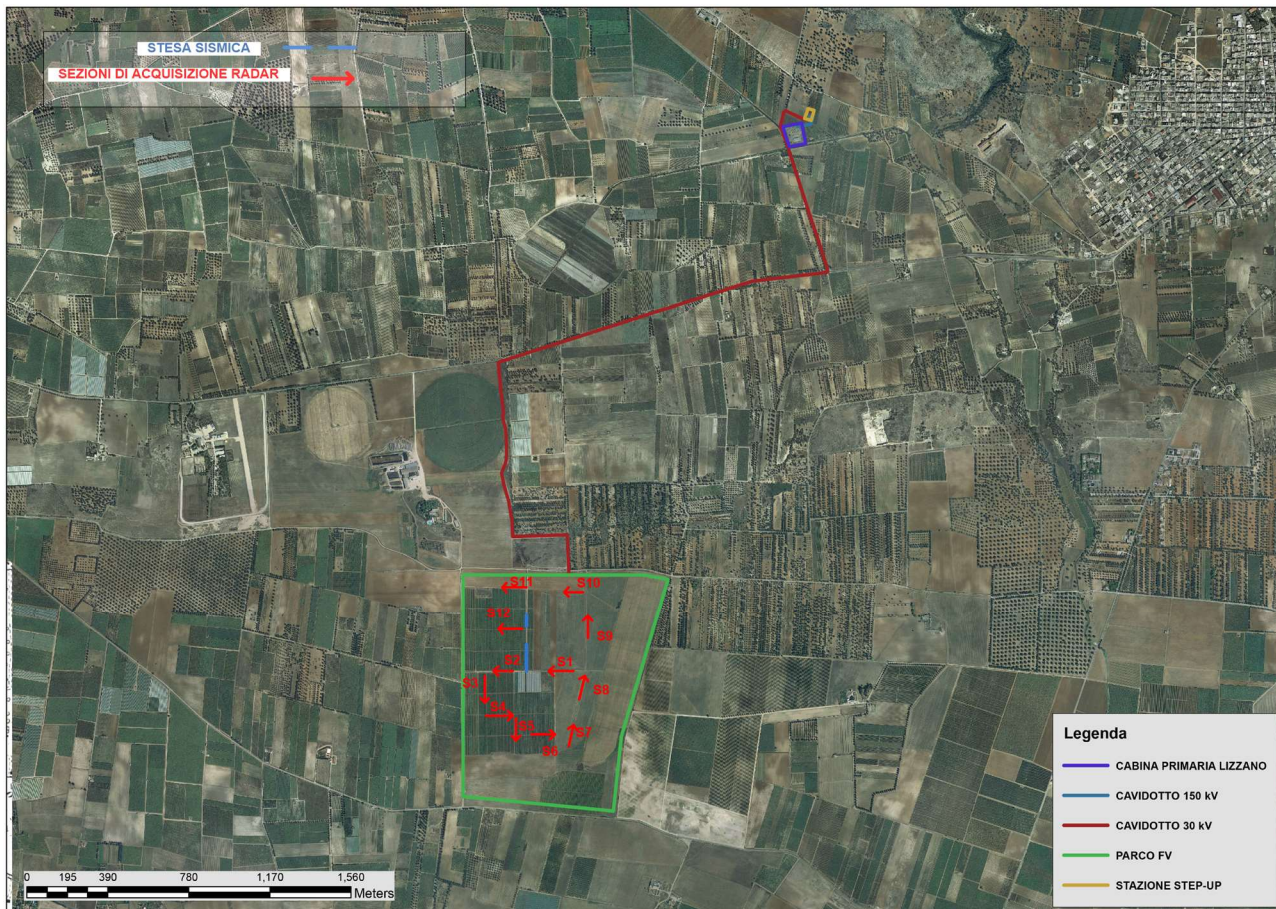


Figura 7 - Ubicazione indagini geognostiche effettuate nell'area di interesse



Figura 8 - Fase indagini geognostiche effettuate in sito

Il rilievo geologico e le indagini geognostiche indirette hanno permesso di ricostruire la successione stratigrafica delle litologie in posto ben rappresentate nelle schede allegate. Si dà una descrizione delle litologie carotate.

- Intercettato un livello litologico composto da materiale rimaneggiato e/o riportato costituito da terreno vegetale frammisto a sabbie di colore marrone avente uno spessore variabile ma non superiore al metro.
- -Successivamente vi è uno strato che va da 1,0 a 3,0 m a composizione da variabile da termini calcarenitici a termini sabbiosi poco consistenti e poco cementati; tali termini si comportano in maniera poco addensata. A 3 m medi dal p.c. le acquisizioni elettromagnetiche permettono di apprezzare una generale dispersione del segnale elettromagnetico, riferibile a concentrazione di umidità; non si esclude circolazione idrodinamica effimera a riferibile a falda superficiale semiconfinata;
- Successivamente ai 3m dal p.c. si apprezzano termini limosi – argillosi debolmente sabbiosi verdastri avente componente argillosa progressivamente crescente, essi si presentano molto compatti e con un basso grado di lavorabilità manuale. La diagenesi subita dai termini limoso - argillosi conferisce ad essi buone caratteristiche geomeccaniche. Molto resistenti all'infissione manuale.

Committente:		REN.152 SRL			TARANTO
STRATIGRAFIA	RICOSTRUZIONE				
INTERPRETATA	SUCCESSIONE STRATIGRAFICA			LOG. CALAPRIGELLO	
STRATIGRAFIA	CAMPIONI	SPT	FALDA	LITOLOGIA	DESCRIZIONE
				<p>Ripporto e terreno vegetale</p> <p>Depositi calcarenitici sabbiosi</p> <p>Depositi limosi - argillosi debolmente sabbiosi</p>	<p>0 - 1,0 m (SPESSORI MEDI) riporto costituito da ciottolame eterometrico frammisto a terreno vegetale</p> <p>1,0 - 3,0 m (SPESSORI MEDI) Litologia calcarenitica giallo ocra cementata e consistente, cementata passante a sabbie a luogo ruditiche con diffusa componente fossilifera. Colore grigio- biancastro. Livelli da poco addensati ad addensati.</p> <p>Circolazione idrica falda semiconfinata effimera a 3 m</p> <p>3,0 -8,0 m (SPESSORI MEDI) Termini limosi - argillosi debolmente sabbiosi grigio - verdastri Da consistenti a molto consistenti.</p>

Figura 9 - Successione stratigrafica interpretata

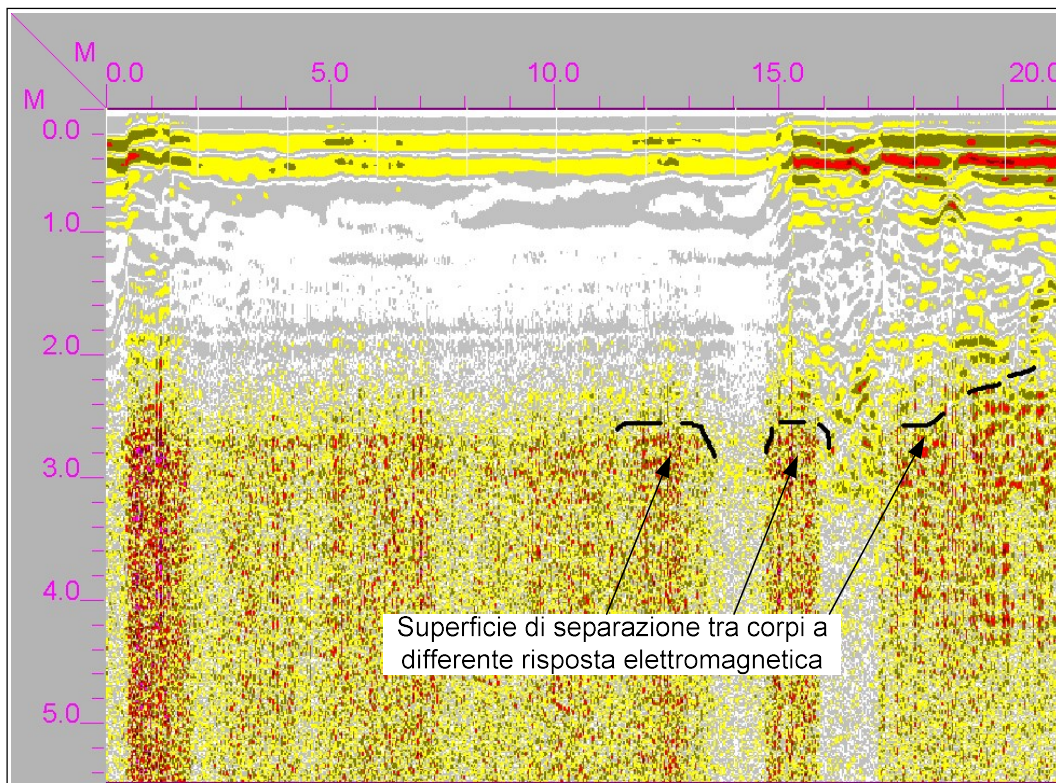


Figura 10 - Sezione 1

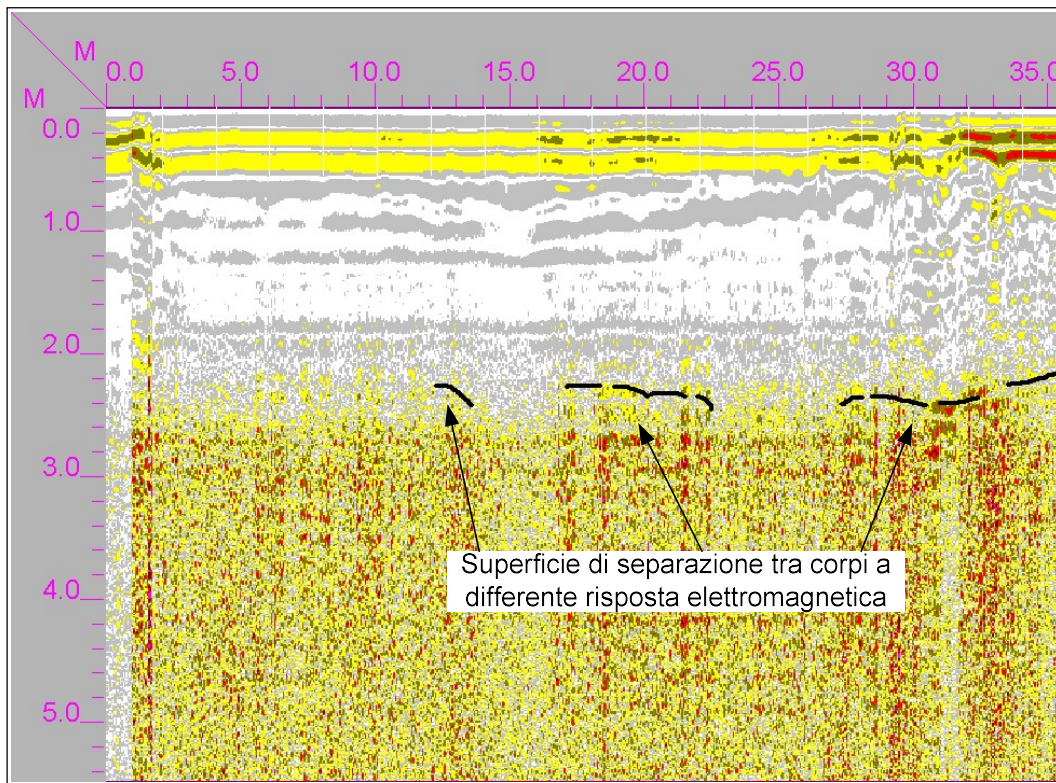


Figura 11 - Sezione 2

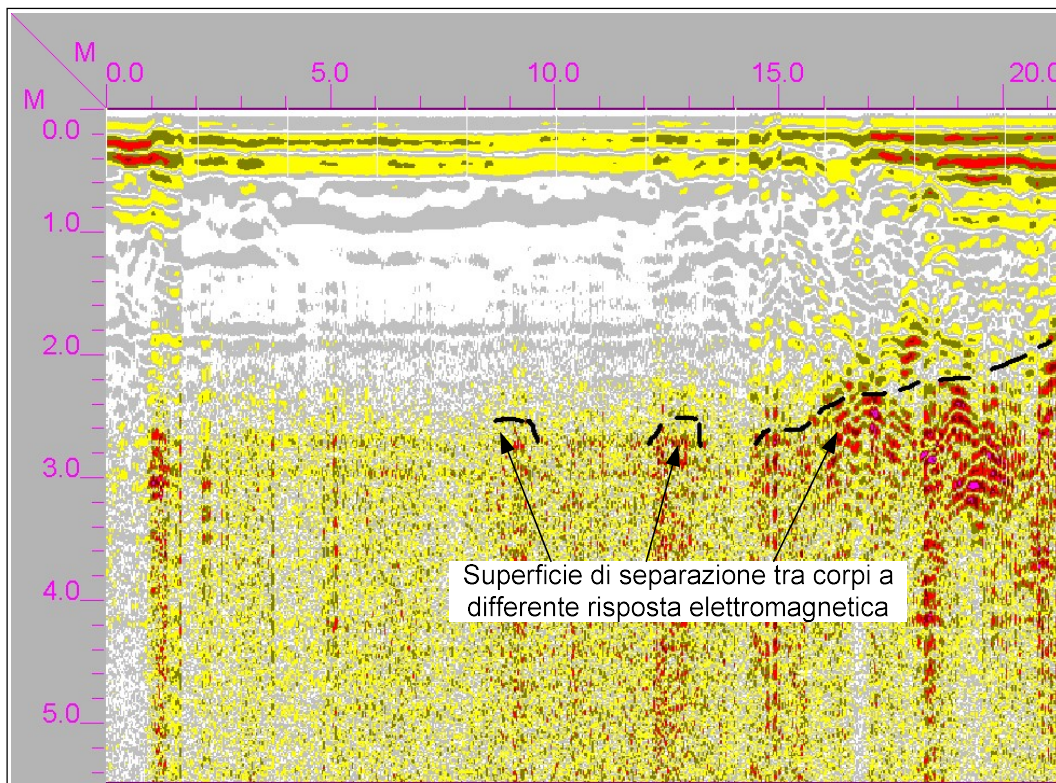


Figura 12 - Sezione 3

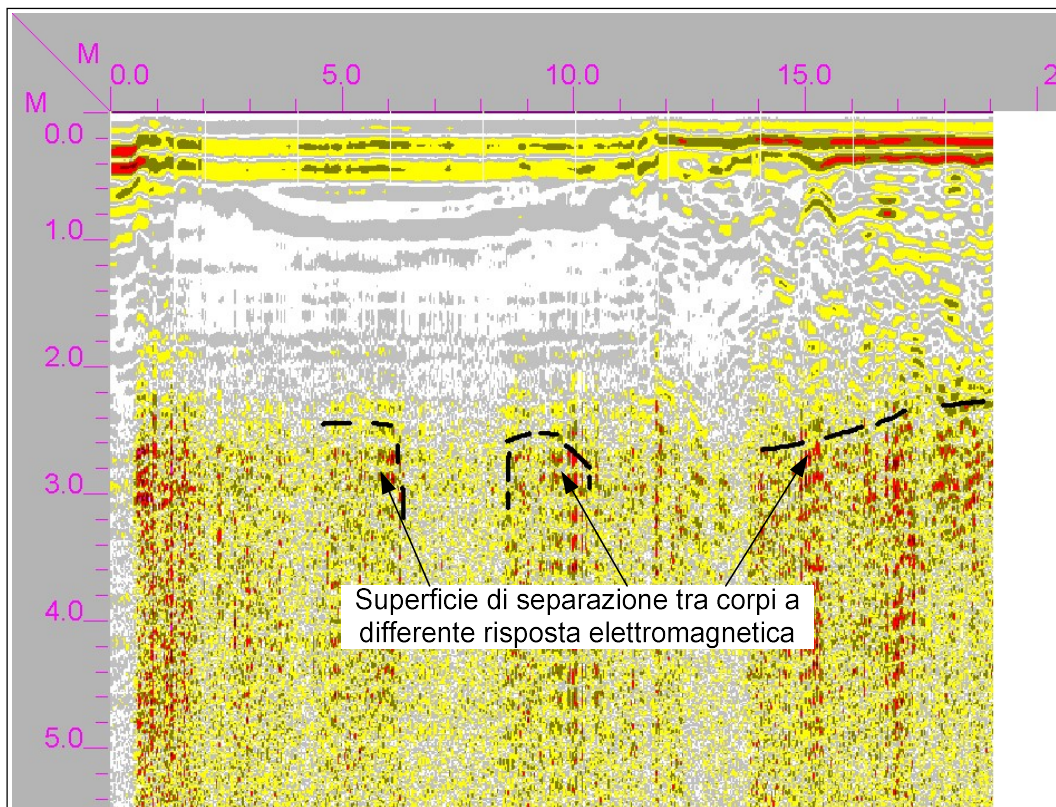


Figura 13 - Sezione 4

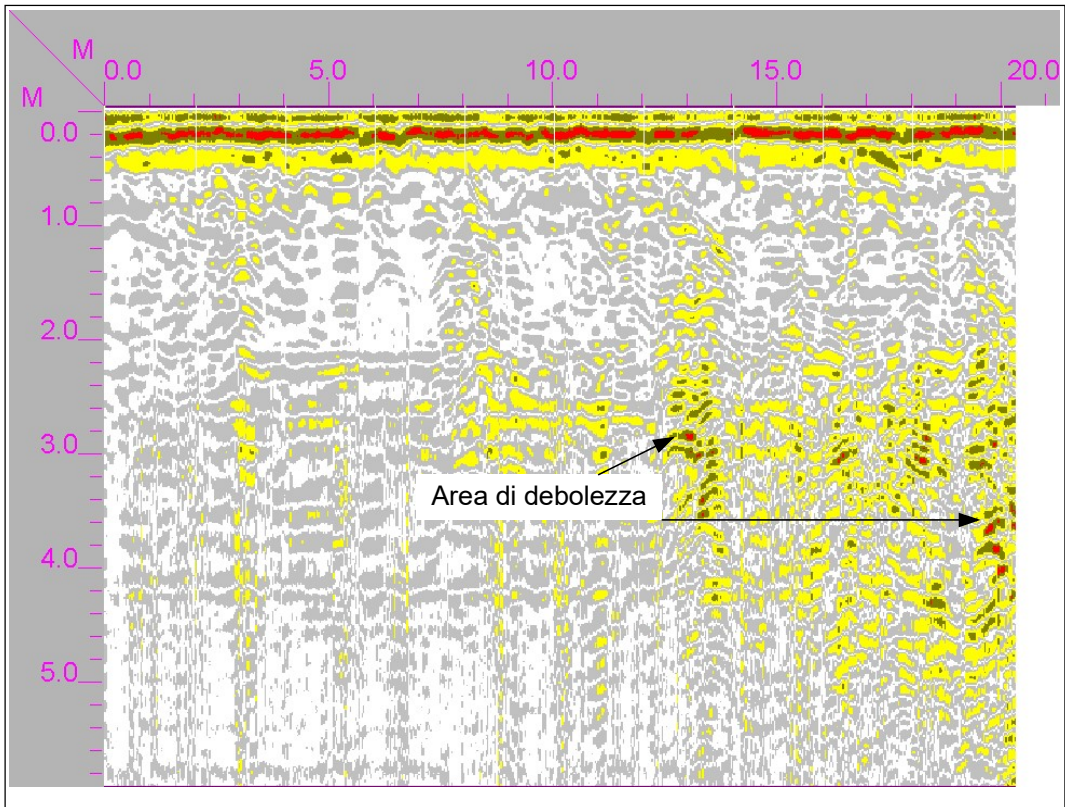


Figura 14 - Sezione 5

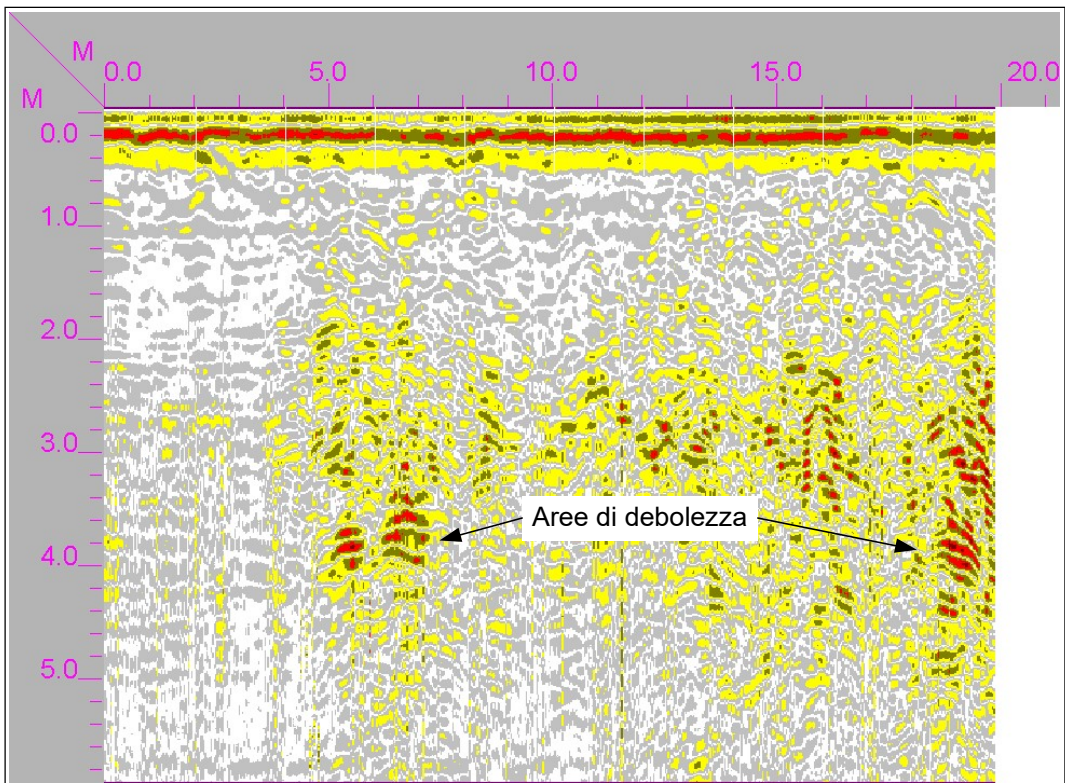


Figura 15 - Sezione 6

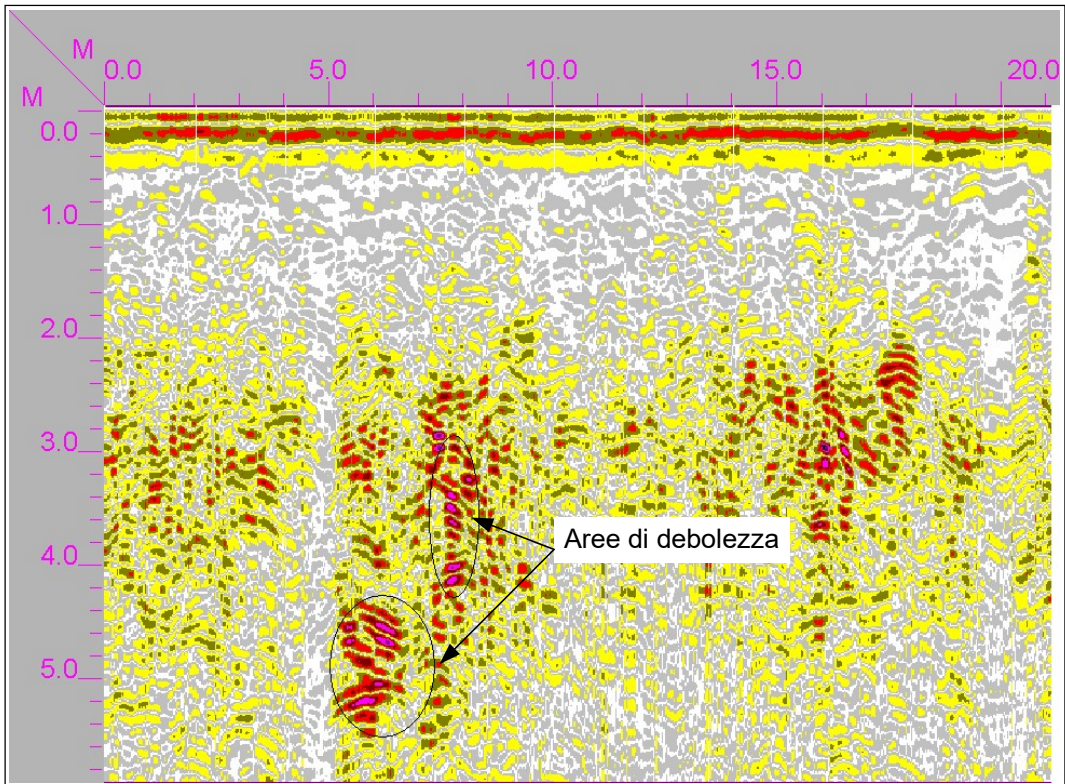


Figura 16 - Sezione 7

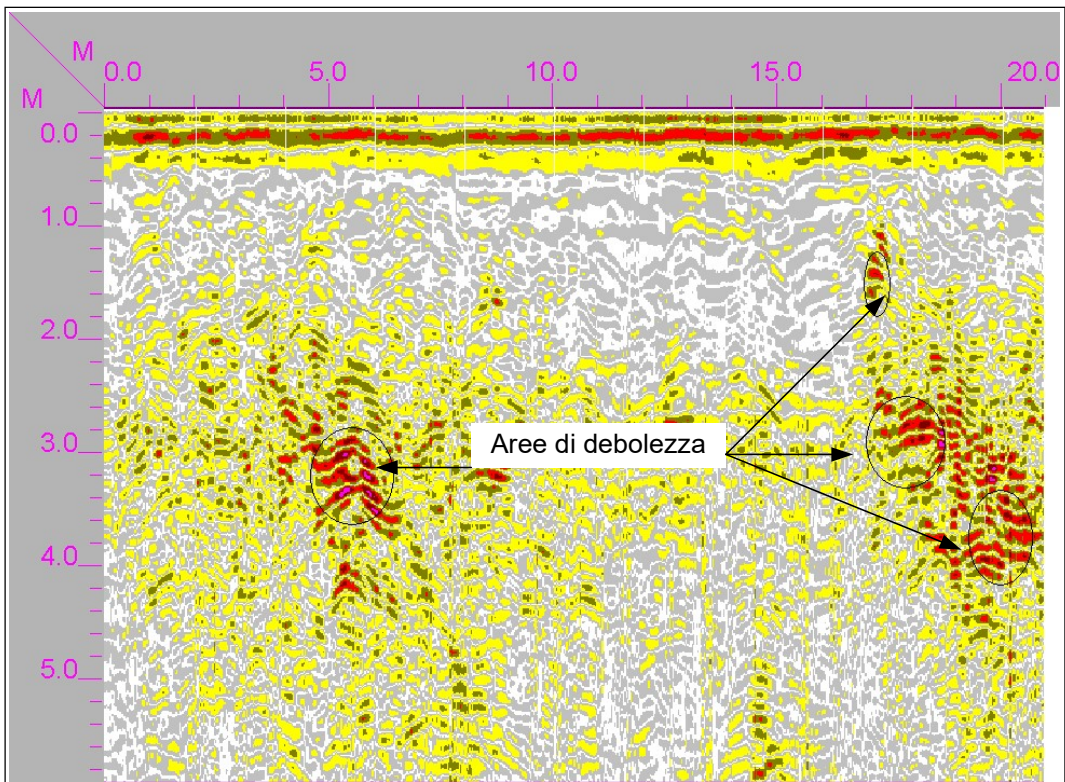


Figura 17 - Sezione 8

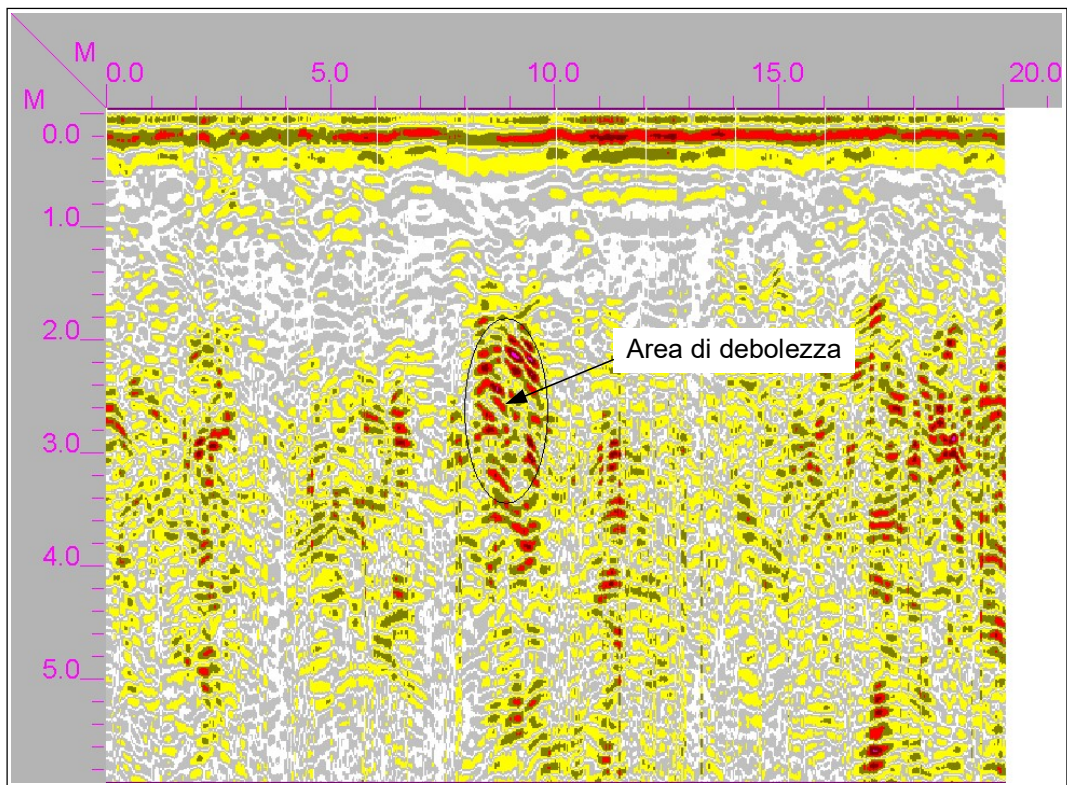


Figura 18 - Sezione 9

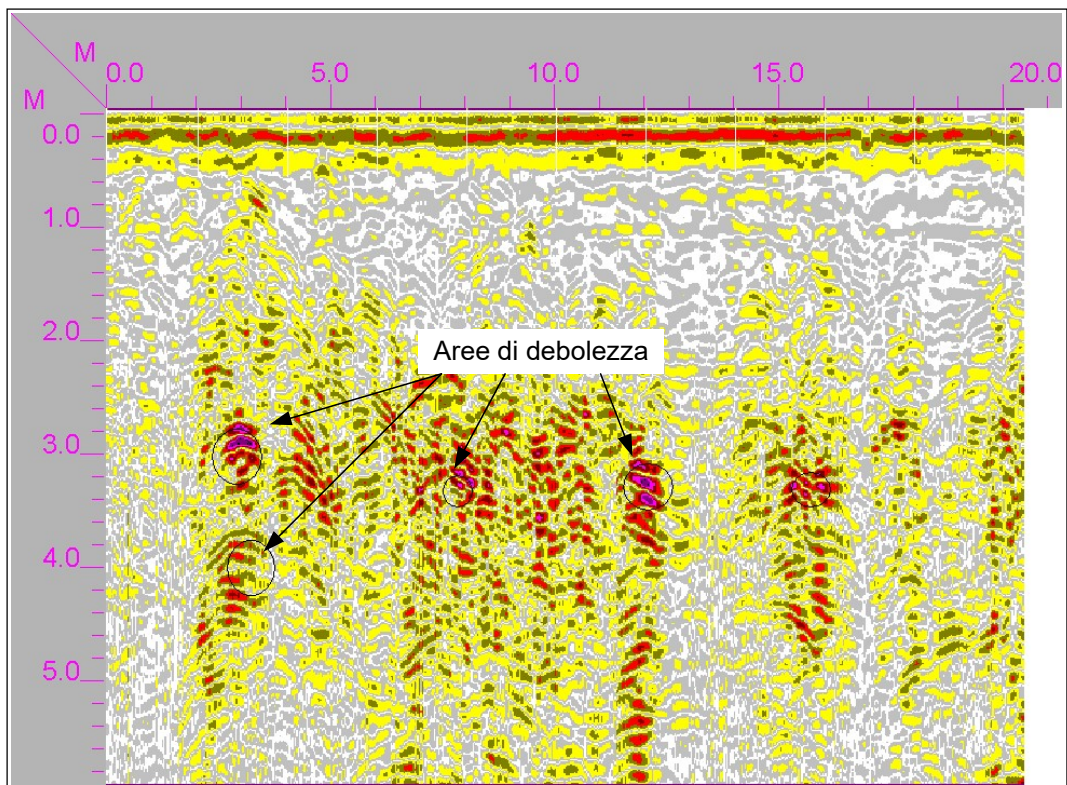


Figura 19 - Sezione 10

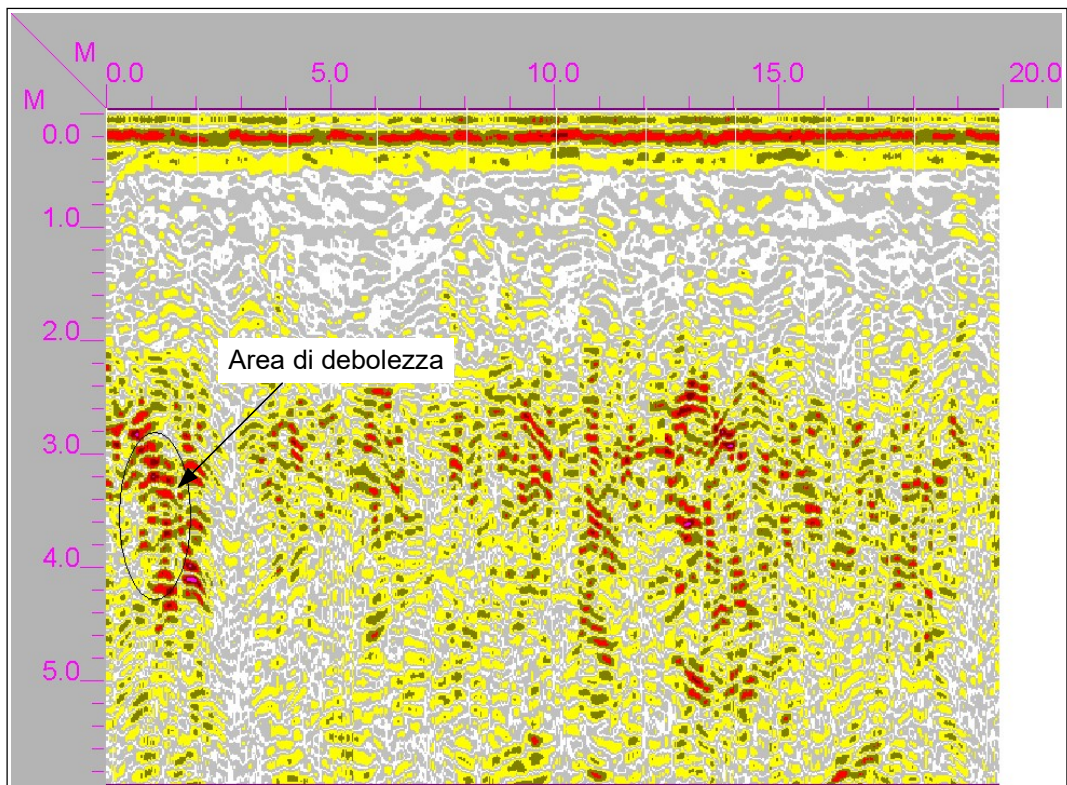


Figura 20 - Sezione 11

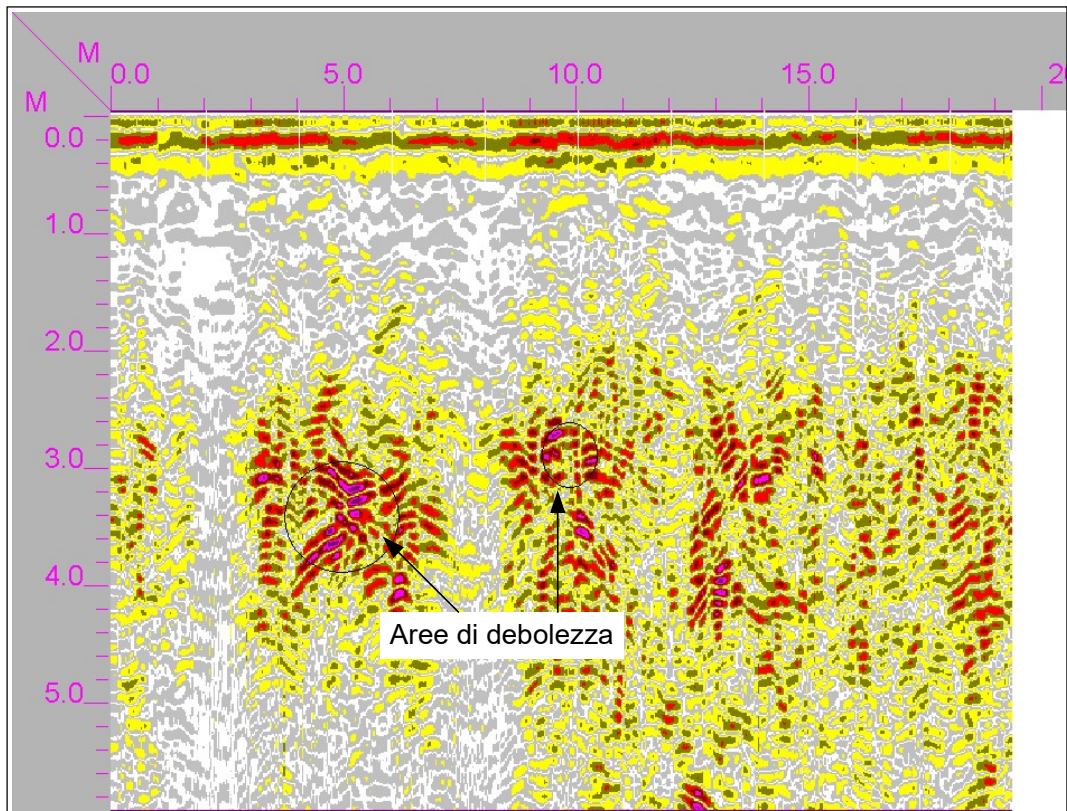


Figura 21 - Sezione 12

Acquisite anomalie elettromagnetiche riferibili a probabili passaggi litologici.

Tali indagini geognostiche sono state indispensabili per la caratterizzazione del sito.

Oltremodo hanno permesso di ricostruire indirettamente la successione stratigrafica in posto, individuando nel complesso la stessa successione stratigrafica, con l'individuazione di superfici di passaggio litostratigrafico interpretati in relazione ad anomalie elettromagnetiche rilevate.

Compatibilmente alle caratteristiche intrinseche delle litologie interessate da rilievo geognostico, è stato possibile indagare 8 m di profondità media dal p.c.

La successione stratigrafica interpretabile con il conforto delle indagini geognostiche indirette permette di confermare una simile successione litostratigrafia.

5.2 AREA B

Mentre per l'Area B riguardante il potenziamento della linea AT 150 kV RTN "Lizzano-Manduria" che è un intervento richiesto da Terna e che prevede oltre alla sostituzione dei cavi anche lo spostamento di 6 tralicci al fine di evitare emissioni elettromagnetiche verso ricettori sensibili, sono state acquisite sezioni in prossimità dei siti di spostamento (non avendo avuto in questa fase, la possibilità di allocarsi nelle particelle interessate, a luogo recintate e private).

Sono state acquisite n. 14 sezioni radar e n. 2 stese sismiche.

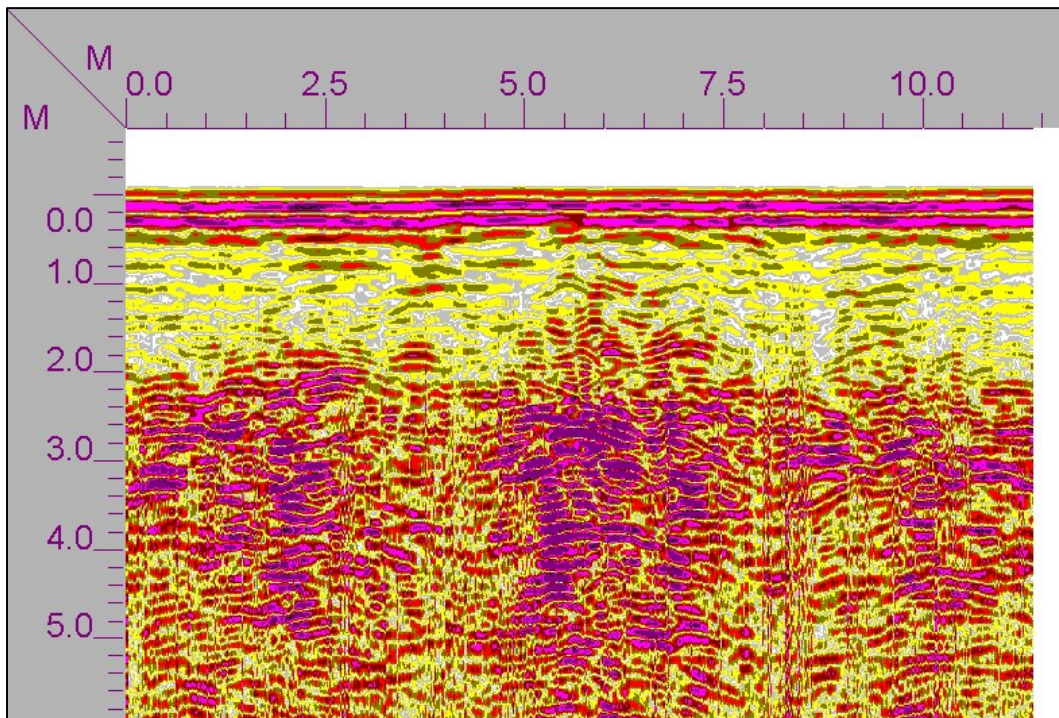


Figura 22 - Sezione 1B

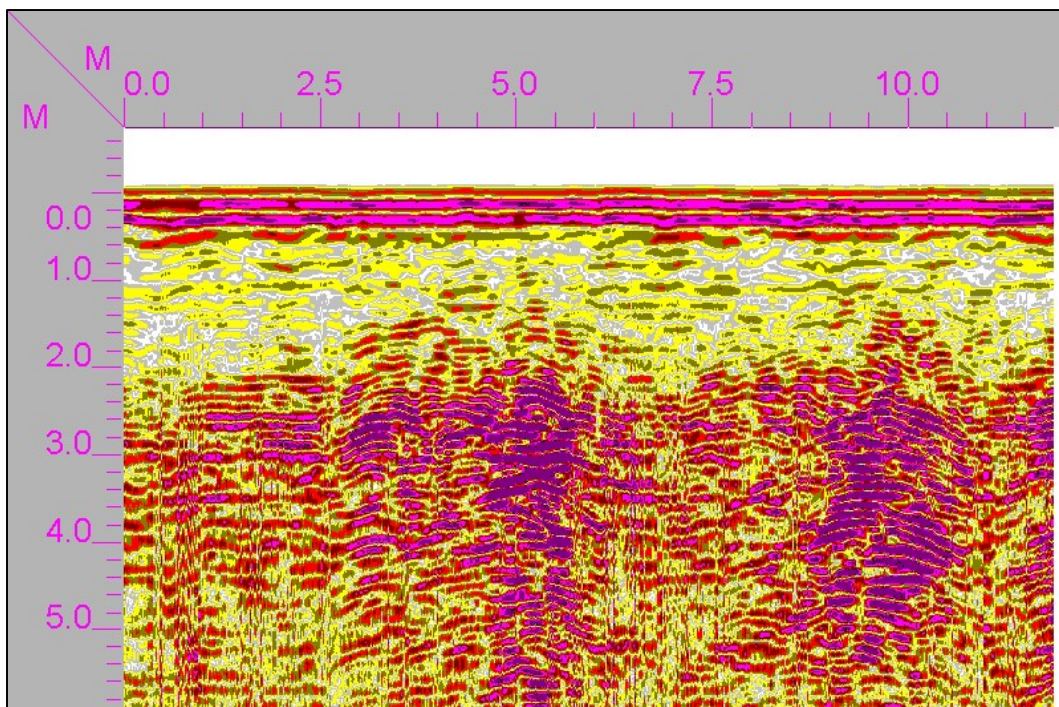


Figura 23 - Sezione 2B

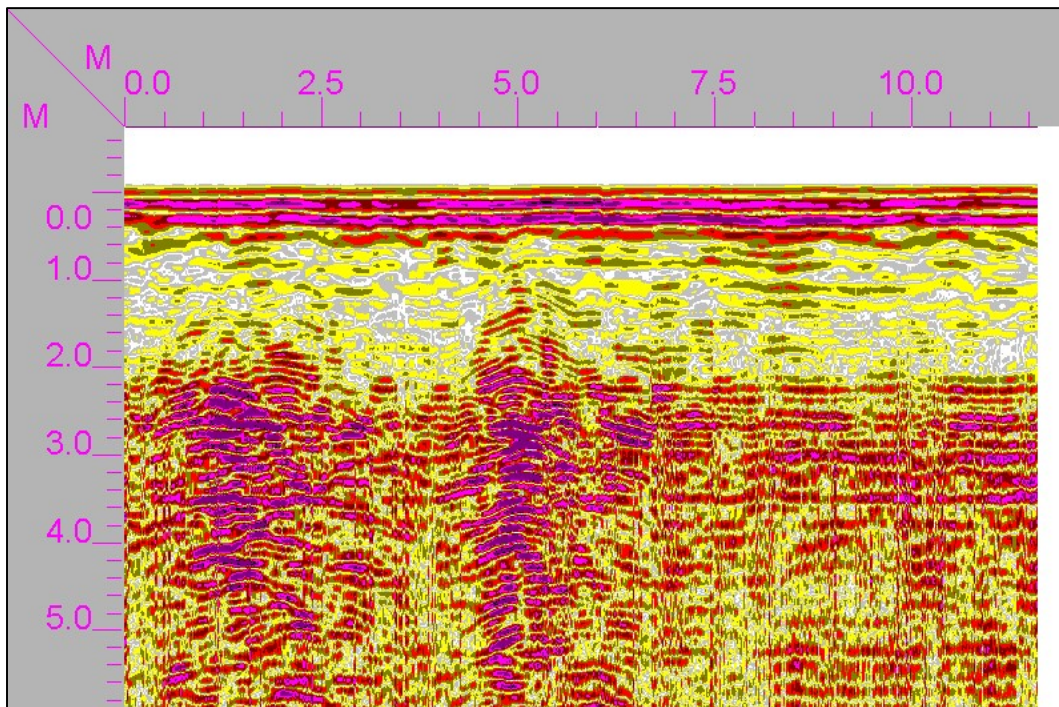


Figura 24 - Sezione 3B

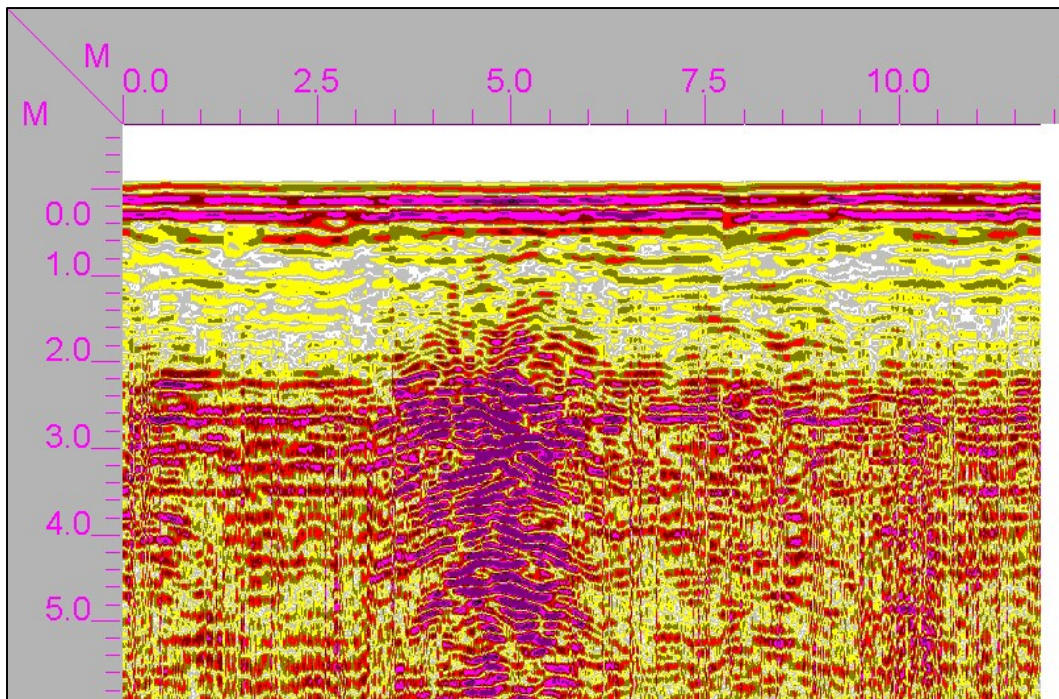


Figura 25 - Sezione 4B

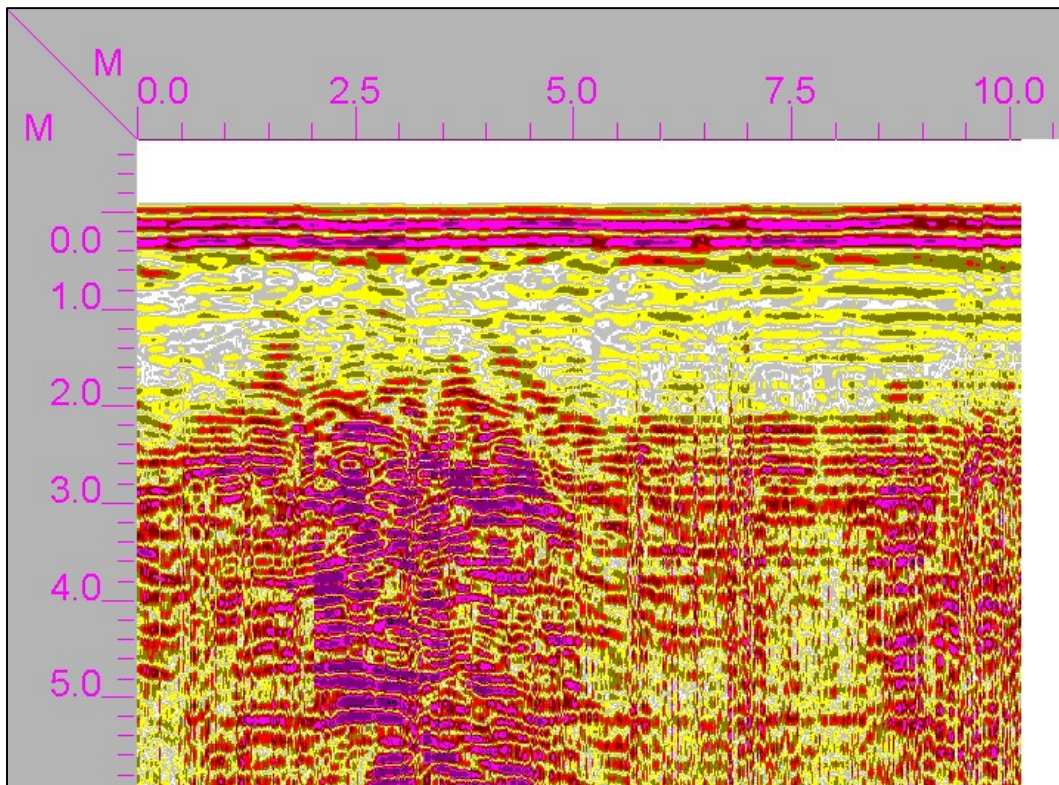


Figura 26 - Sezione 5B

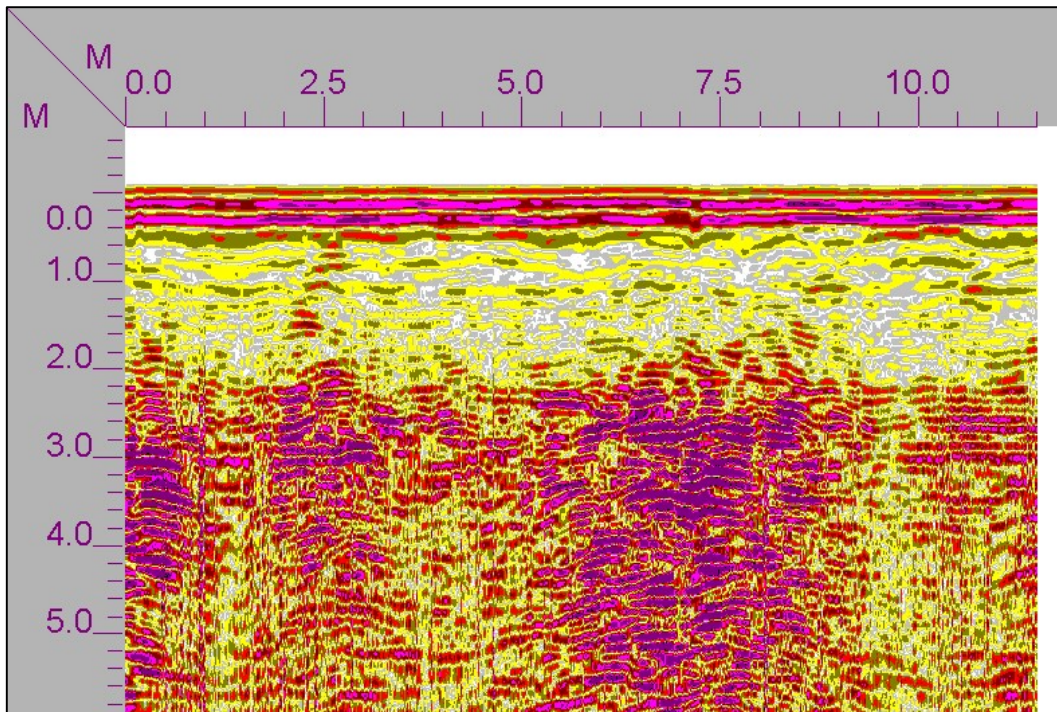


Figura 27 - Sezione 6B

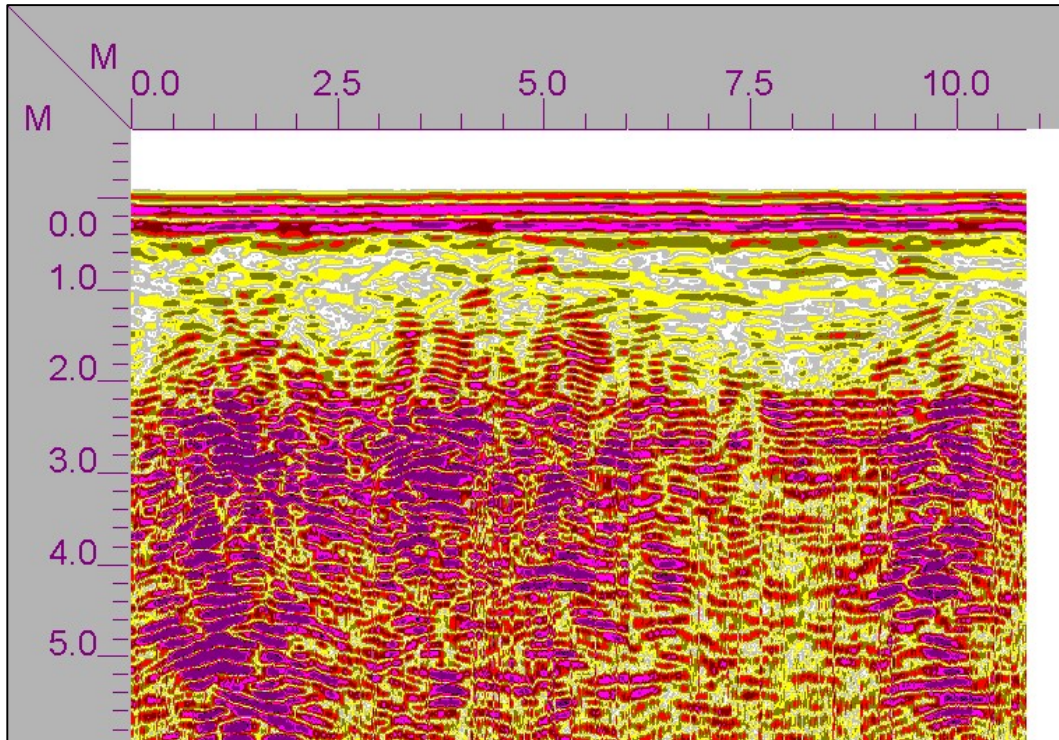


Figura 28 - Sezione 7B

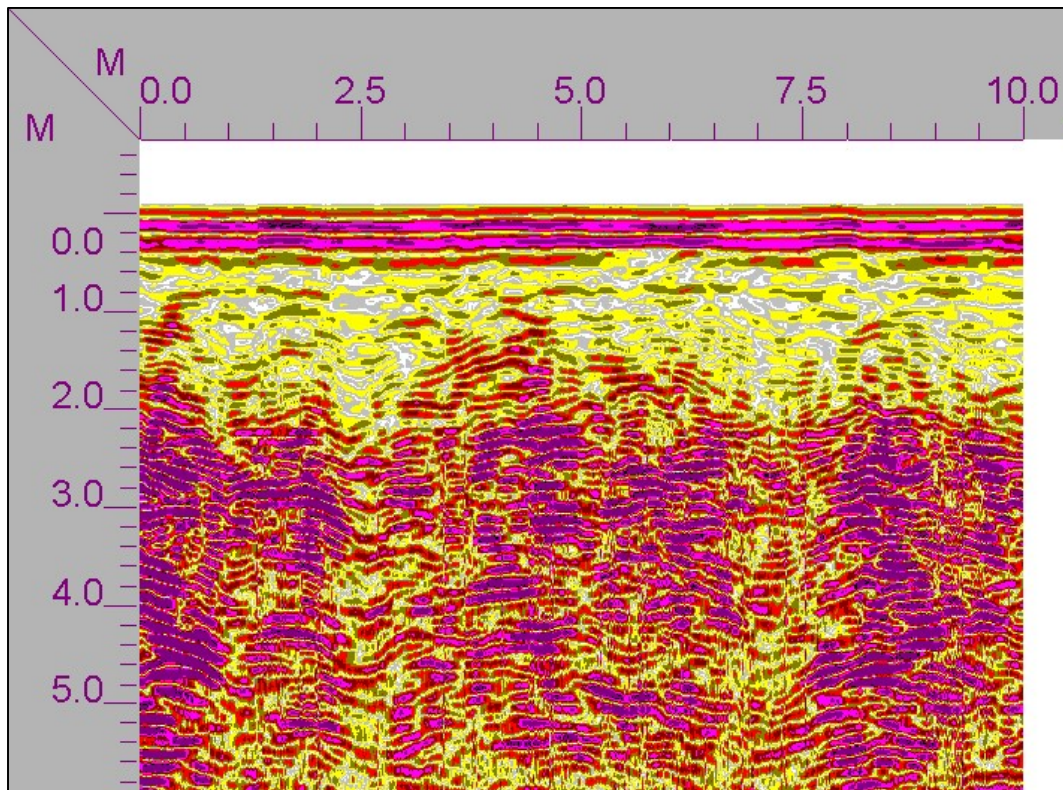


Figura 29 - Sezione 8B

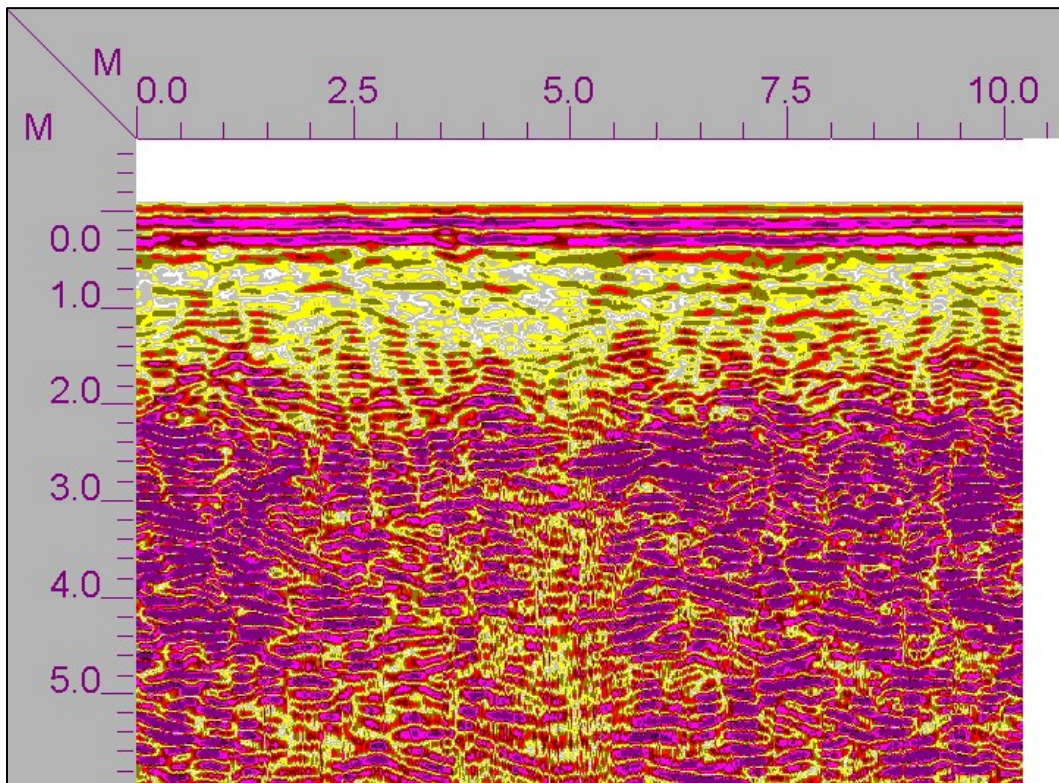


Figura 30 - Sezione 9B

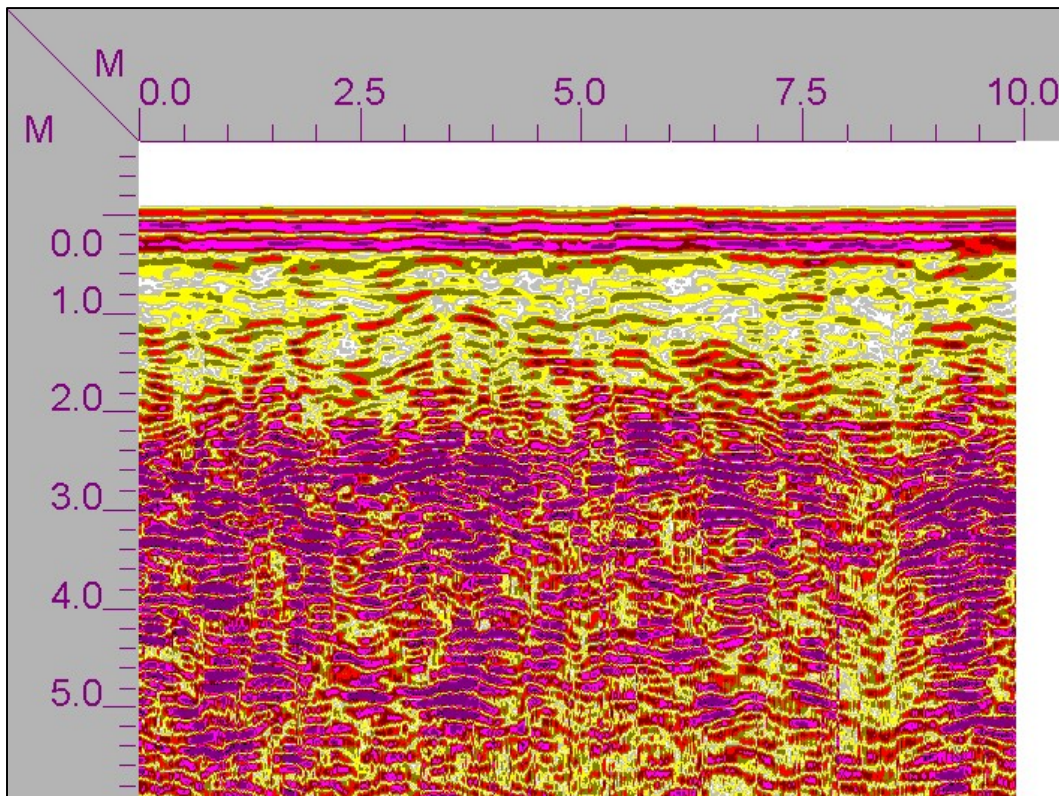


Figura 31 - Sezione 10B

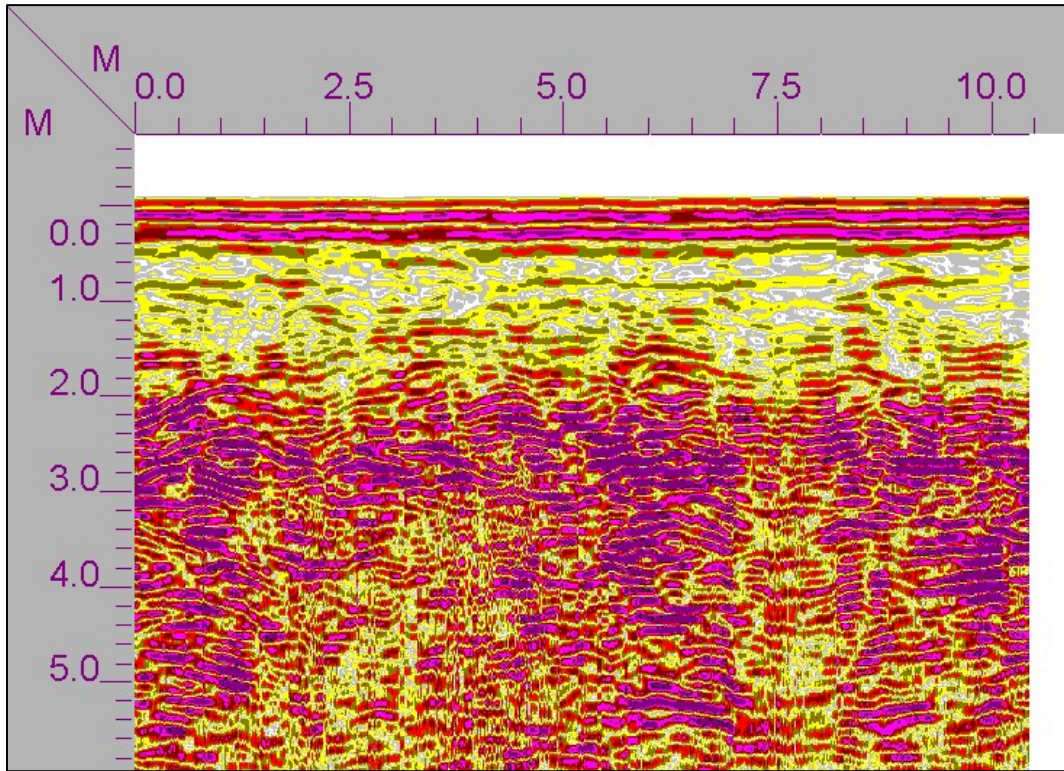


Figura 32 - Sezione 11B

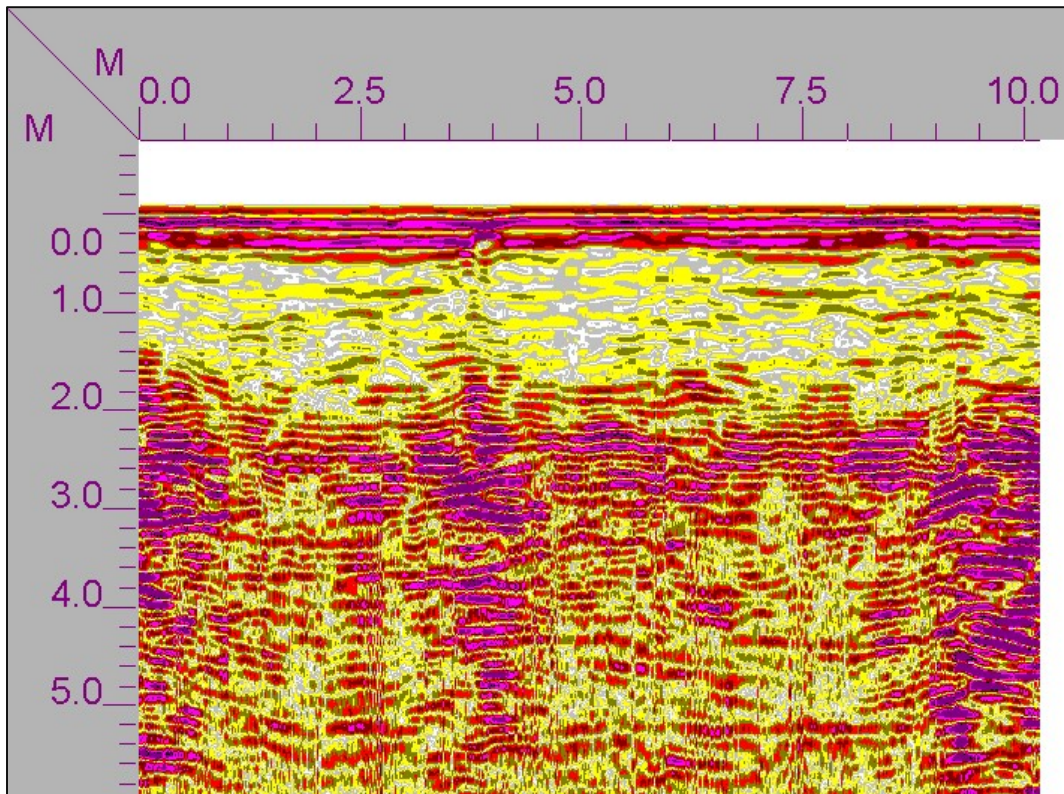


Figura 33 - Sezione 12B

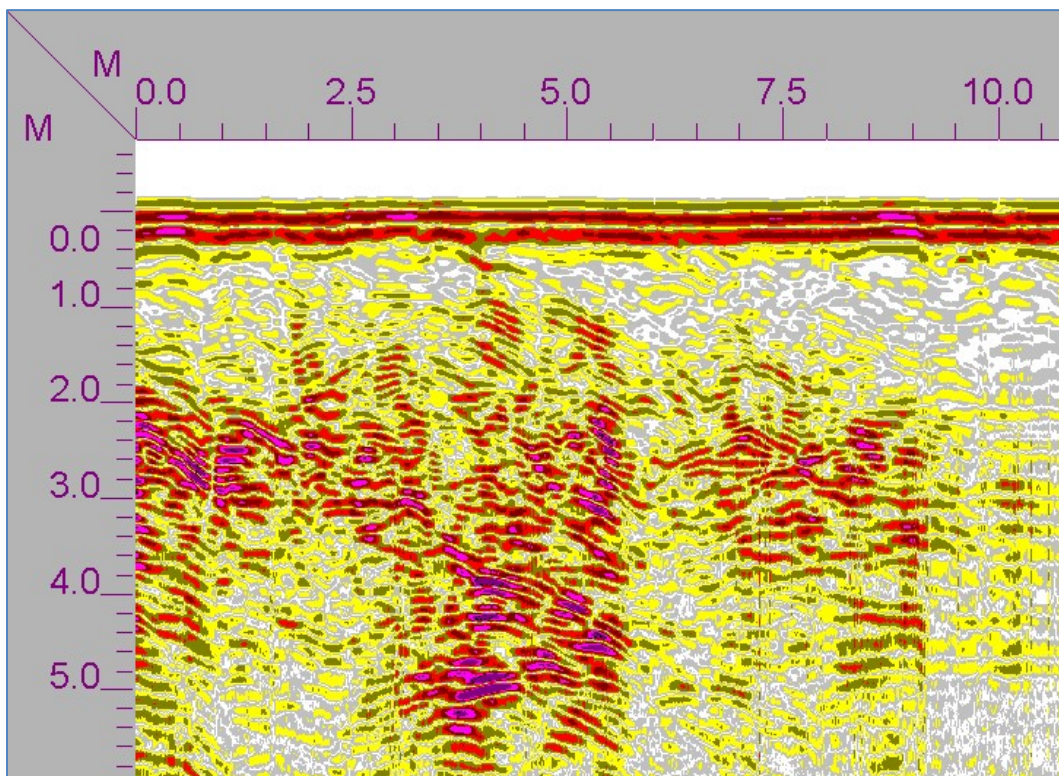


Figura 34 - Sezione 13B

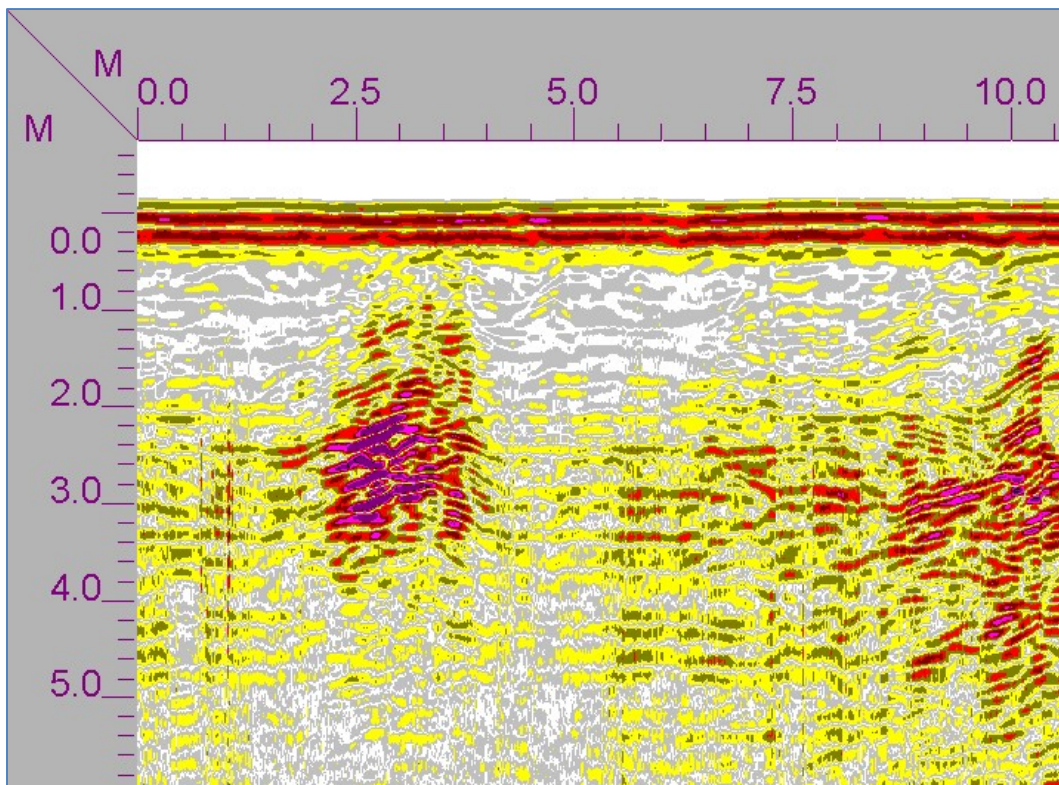


Figura 35 - Sezione 14B

Tali indagini geognostiche sono state indispensabili per la caratterizzazione del sito.

Oltremodo hanno permesso di ricostruire indirettamente la successione stratigrafica in posto, individuando nel complesso la stessa successione stratigrafica, costituito da ammasso roccioso calcareo nel complesso omogeneo con fenomeni carsogenetici diffusi.

Compatibilmente alle caratteristiche intrinseche delle litologie interessate da rilievo geognostico, è stato possibile indagare 5 m di profondità media dal p.c., mentre le stese sismiche hanno permesso di parametrizzare ulteriori 10 m di profondità per un totale di 15 m medi.

Relazionando empiricamente il buon comportamento elettromagnetico dello spessore litologico in questione con il grado di frantumazione degli ammassi rocciosi, si può affermare che si tratta di 2 tipologie di litologia calcarea:

- livello litoide calcareo ad alta fatturazione e sacche di alterazione incluse, con probabile grado di RQD (Rock Quality Designation), ovvero grado di frantumazione, compreso tra 25 e 40% permettendo di parametrizzarlo come ammasso roccioso consistente molto fratturato.
- livello litoide calcareo a bassa fratturazione, con probabile grado di RQD (Rock Quality Designation), ovvero grado di frantumazione, prossimo al 60%, permettendo di parametrizzarlo come ammasso roccioso consistente fratturato.

All'interno della successione stratigrafica sono state apprezzate aree a risposta elettromagnetica difforme, definibili come "anomalie elettromagnetiche" legate a variazioni del comportamento elettromagnetico. Si tratta di aree a modesta estensione e a modesta dimensione areale riconducibili a condizioni di dissoluzione carsica tipiche dell'area murgiana. E' ragionevolmente sostenibile che la modesta dimensione di tali aree di debolezza non influisce sul buon comportamento elettromagnetico riscontrato, nel complesso, della litologia calcarea compatta. Trattasi di aree a dissoluzione e riempimento di terre rosse di alterazione. Tali sacche terrigene si apprezzano nella successione rilevata.

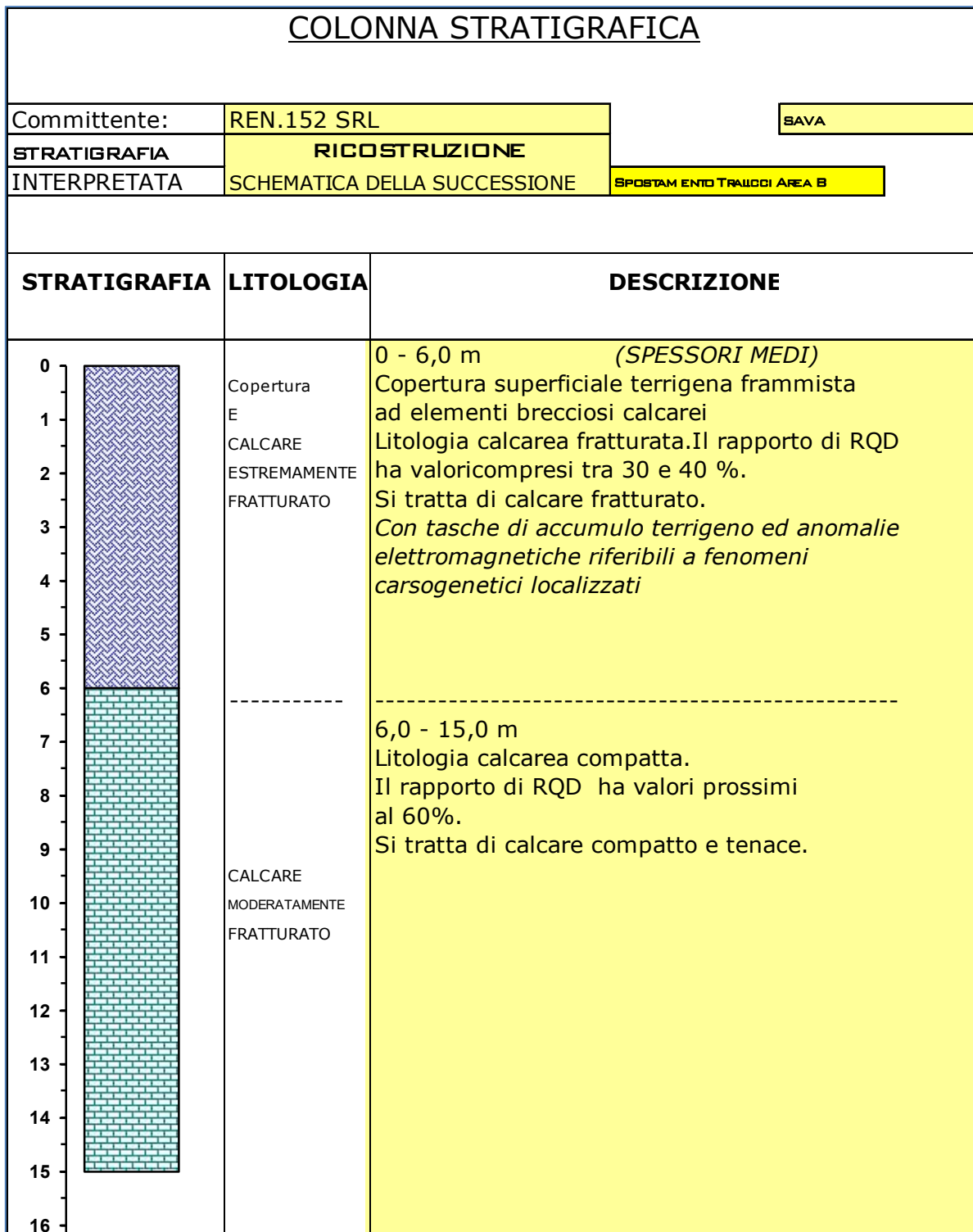


Figura 36 - Successione stratigrafica interpretata Area B

6 QUADRO IDROGEOLOGICO

6.1 AREA A

La presenza di manufatti antropici nell'area limitrofa, la diffusa pavimentazione stradale presente permette l'impostazione di condizioni di deflusso significativo di acque superficiali in occasione di precipitazioni copiose, regimate dal manto stradale, che svolge azione captativa e di deflusso superficiale delle acque piovane.

In ragione del differente grado di permeabilità dei termini affioranti:

- termini sabbiosi – calcarenitici: permeabili grazie alle caratteristiche porose acquisite durante la diagenesi;
- termini sabbioso – limosi: modesta permeabilità;
- termini limoso – argillosi: impermeabili.

Va considerata in fase realizzativa, la circolazione idrica, interessare i termini permeabili in periodi stagionali ed occasionali.

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.

Nella zona si intercetta falda idrica superficiale a 3 m dal p.c., con oscillazioni piezometriche all'interno delle litologie sabbiose a luogo calcarenitiche organogene a consistenza variabile, ed in genere, in termini a componente sabbiosa, sovrapposta ai termini limosi - argillosi impermeabili.

6.2 AREA B

La presenza di manufatti antropici nell'area limitrofa, la diffusa pavimentazione stradale presente permette l'impostazione di condizioni di deflusso significativo di acque superficiali in occasione di precipitazioni copiose, regimate dal manto stradale, che svolge 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 versante di una valle carsica.

Dal punto di vista idrogeologico la litologia dei terreni affioranti, prevalentemente dotati di modesta permeabilità di tipo primario per porosità, ma soprattutto significativa permeabilità di tipo secondario per fratturazione, non esclude la presenza di circolazione idrica sotterranea effimera, in modo particolare laddove sono presenti strati calcarei fratturati.

Si esclude, comunque, che nella zona si riscontrino falde idriche superficiali e/o a profondità tali da interferire con l'opera in progetto.

Va considerato inoltre che la struttura in fase realizzativa, 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 l'opera in oggetto.

7 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA AREA A

Riassumendo sinteticamente, le indagini geonostiche dirette ed indirette effettuate hanno permesso di ricavare la successione stratigrafica costituita da n. 4 orizzonti litologici:

- termini riportati a componente limoso – sabbioso debolmente argilloso fino a 1,0 m dal p.c.;
- litologia calcarenitica a luogo sabbiosa a consistenza variabile mediamente consistente per uno spessore compreso da 1,0 a 3,0 m di profondità; circolazione idrodinamica riferibile a falda semiconfinata effimera apprezzata a quota 3,0 m dal p.c.;
- termini limoso – argilloso debolmente sabbioso per uno spessore compreso tra 3,0 e 8,0 m dal p.c.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLO STRATO N.1 - LIMO SABBIOSO RIPORTATO FRAMMISTO A COPERTURA TERRIGENA - ETEROMETRICO

- angolo di attrito $\varphi = 15 - 19^\circ$;
- 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 = 0,40.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELLO STRATO N. 2 compreso tra 1,0 e 3,0 m medi dal p.c.: DEPOSITI CALCARENITICI PASSANTI A SABBIOSO LIMOSI POCO CONSISTENTI. FALDA INTERCETTATA A 3 M DAL P.C..

- angolo di attrito $\varphi = 21 - 25^\circ$;
- Coesione C = 0,8 – 3 kg/cm²;

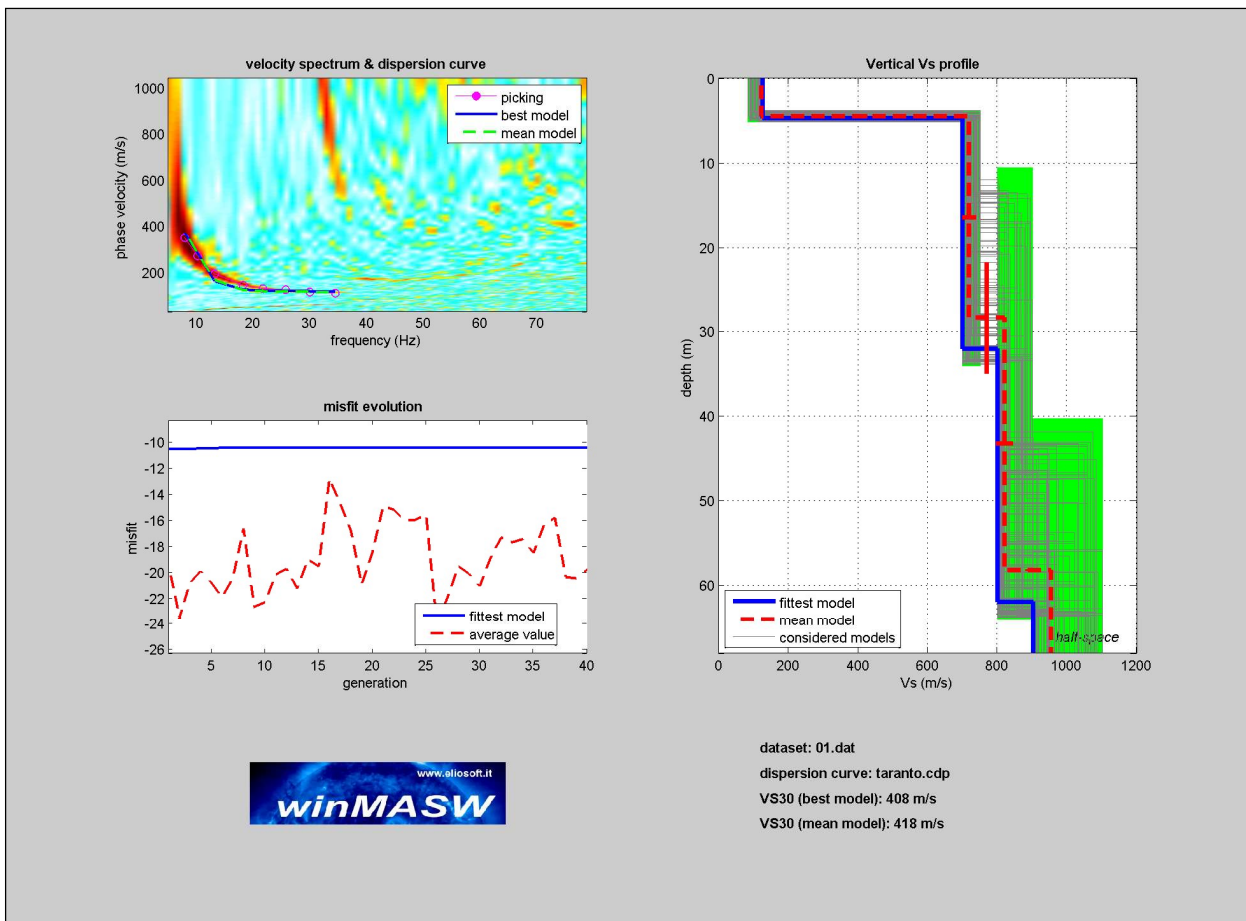
- angolo di attrito all'interfaccia terreno calcestruzzo= (riduzione del 20% </=) 20°
- Coefficiente di spinta a riposo "Ko " = 0,8
- Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,5 - 2,1 \text{ g/cm}^3$;
- Peso per unità di volume $\gamma_S = 1,5 \text{ g/cm}^3$;
- Modulo Elastico "E" = 1.000 – 2.000 kg/cm²
- Modulo di Poisson = 0,35 – 0,38.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELLO STRATO N. 3 compreso tra 3,0 e 8,0 m medi dal p.c.: DEPOSITI ALLUVIONALI – TERMINI LIMOSI ARGILLOSI DEBOLMENTE SABBIOSI, COMPATTI.

- angolo di attrito $\phi = 27 - 35^\circ$;
- Coesione C = 0,7 - 2,2 kg/cm²;
- angolo di attrito all'interfaccia terreno calcestruzzo= (riduzione del 20% </=) 19-25°
- Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,9 - 2,9 \text{ g/cm}^3$;
- Peso per unità di volume $\gamma_S = 1,5 - 1,9 \text{ g/cm}^3$;
- Modulo Elastico "E" = 500 – 1.500 MPa
- Modulo di Deformazione o Modulo di Young E (mediante formule empiriche di correlazione) = 240 kg/cm²;
- Modulo di Poisson = 0,35 - 0,29.

Mentre per quanto riguarda la parametrizzazione sismica della litologia, il valore di Vs equivalente, misurato sperimentalmente, con indagine MASW, ampiamente descritta di seguito riportata, è pari a 408 m/s.

Poiché 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).



Pertanto definibile come litologie mediamente addensate, 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 7.1 - Categoria di suolo

8 PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA AREA B

Le indagini geognostiche indirette effettuate hanno permesso di individuare n. 2 tipologie litologiche di ammasso roccioso calcareo di seguito sintetizzabili:

- **Orizzonte 1 - litologia calcarea costituita da brecce calcaree frammiste a terreno vegetale e terre rosse di alterazione – con variazioni eteropiche laterali del fattore RQD degli ammassi rocciosi variabile da 30 a 40%.**
- **Orizzonte 2 - litologia calcarea mediamente fratturata – in posto.**

Per la parametrizzazione geotecnica degli orizzonti litologici individuati, i valori ricavati da dati bibliografici di riferimento*

- **Orizzonte 1- litologia calcarea costituita da brecce calcaree frammiste a terreno vegetale e terre rosse di alterazione – con variazioni eteropiche laterali del fattore RQD degli ammassi rocciosi variabile da 30 a 40%.**
 - *angolo di attrito $\varphi = 20^\circ - 35^\circ$;
 - *Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,7 - 2,4 \text{ g/cm}^3$;
 - *Resistenza a compressione $\sigma = 30 - 42 \text{ Kg/cm}^2$;
 - *Modulo di Elasticità "E" compreso tra 4.000 e 8.000 Kg/cm^2 ;
 - *Coesione $C_u = 10.000 - 40.000 \text{ Kg/m}^3$;
 - *Coefficiente di Winkler $k = 3 - 5 \text{ Kg/cm}^3 = 29,42 - 49,03 \text{ N/cm}^3$;
 - *Coefficiente di Poisson: 0,30.

**Valori geotecnici ricavati da riferimenti bibliografici ricavati da: "Elementi di Geotecnica" P. Colombo – F. Colleselli; Ed. Zanichelli;*

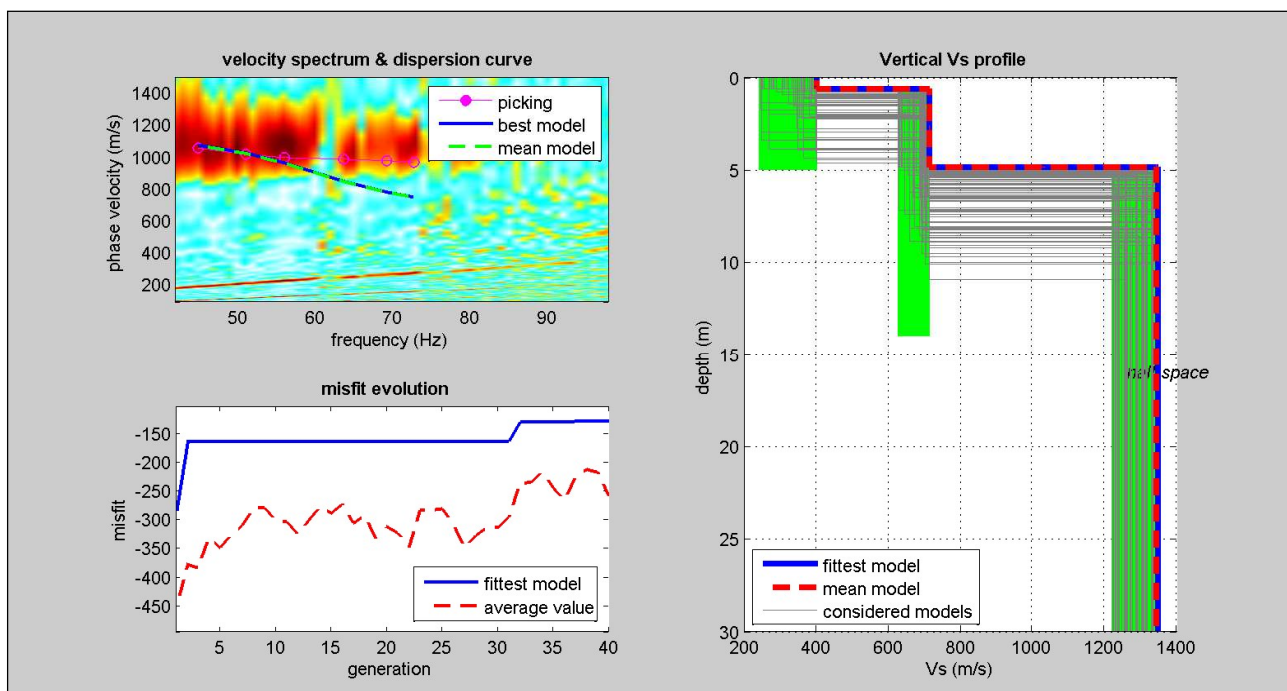
"Calcolo delle Fondazioni" A. Ardolino – Dario Flaccovio Editore; "Geingegneria" Gonzalez De Vallejo - Ed. Pearson Education Italia.

- **Orizzonte 2- litologia calcarea mediamente fratturata – in posto.**
 - *RQD stimato tra 60%;
 - *angolo di attrito $\varphi = 38^\circ - 49^\circ$;
 - *Peso per un. di volume $\gamma_n = 2,0 - 2,2 \text{ g/cm}^3$
 - -misurato sperimentalmente (Prova di Compressione assiale) = 2,48 g/cm^3 ;
 - *Resistenza a compressione $\sigma = 42 - 90 \text{ Kg/cm}^2$;

- -misurato sperimentalmente (Prova di Compressione assiale) = 5127 N/cm²;
- *Modulo di Elasticità "E" compreso tra 8.000 e 10.000 Kg/cm²;
- *Coesione Cu = 10.000 – 40.000 Kg/m³ = 9,806 – 39,22 N/cm²;
- *Coefficiente di Winkler k = 5 – 10 Kg/cm³ = 49,03 - 98,06 N/cm³;
- *Coefficiente di Poisson: 0,28.

Mentre per quanto riguarda la parametrizzazione sismica della litologia, il valore di Vs equivalente, misurato sperimentalmente, con indagini MASW, ampiamente descritta di seguito riportata, è pari a 1016 m/s.

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



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 1016 m/s.**

Poiché tale valore risulta maggiore di 800 m/s, si imporrebbe l'attribuzione dello spessore litologico indagato, alla CATEGORIA "A" (Ammassi rocciosi o terreni molto rigidi).

Il territorio di Sava, 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

$ag \geq 0.05$.

Tab. 8.1 - *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Tabella 8.1 - Categorie di suolo

9 CALCOLO GEOTECNICO DI CARICO AREA A

Ipotizzando una condizione di calcolo del carico limite di fondazioni superficiali, nelle condizioni peggiori, e considerando la presenza di falda superficiale nei depositi sabbiosi posti a contatto con i termini limoso argillosi definiti consistente (oltre 3,0 m di profondità) si ottiene:

Disegno esplicativo
 h = m 1,00
 gamma = 1750
 h=1,00
 gamma = 1800
 $\alpha = 24$
 $c = 400,00$

Caratteristiche del terreno
 Strato N. 1
 Spessore dello strato posto sopra il piano di fondazione [m] 1
 Peso specifico [kg/mc] 1750
 Peso specifico del terreno posto sotto il piano di posa [kg/mc] 1800
 Larghezza B fondazione [m] 1
 Coesione c [kg/mq] 400
 Angolo di attrito [gradi] 24

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

Presenza di falda
 Falda da considerare si no
 Profondità pelo falda [m] 3
 Peso specifico terreno secco [kg/mc] 0
 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 4,09

Informazioni aggiuntive
 Coefficienti Nq, Nc, Ngamma dopo le varie correzioni:
 Nq = 13,87
 Nc = 28,92
 Ngamma = 5,66
 Carico di esercizio=carico limite/3 = kg/cmq 1,36

Brinch Hansen Esci

9.1 CARICO LIMITE PER FONDAZIONE SUPERFICIALE

- Peso specifico terreno strato n. 1 sopra il piano di posa: kg/m³ 1750,00
- Spessore strato di terreno n. 1: m. 1,0
- Profondità del piano di fondazione rispetto al piano di campagna: m. 1,0
- Larghezza B della fondazione: m. 1,00
- Peso specifico del terreno posto sotto il piano di fondazione: kg/m³ 1800,00
- Valore della coesione del terreno posto sotto il piano di fondazione: kg/m² 400,000
- Valore dell'angolo di attrito del terreno sotto il piano di fondazione: 24
- Lunghezza della fondazione: m. 1,00

È presente una falda a profondità 3 dal piano campagna

Si è in condizioni di rottura generale

Coefficienti N_q , N_c , N_{γ} :

- $N_q = 9,60$
- $N_c = 19,32$
- $N_{\gamma} = 9,44$
- Coefficienti correttivi di forma:
- $ETA_q = 1,45$
- $ETA_c = 1,50$
- $ETA_{\gamma} = 0,60$
- Coefficienti N_q , N_c , N_{γ} dopo le varie correzioni:
- $N_q = 13,87$
- $N_c = 28,92$
- $N_{\gamma} = 5,66$

Il carico limite calcolato con la formula di Terzaghi è pari a 4,09 kg/cm².

Carico di esercizio=carico limite/3 = 1,36 kg/cm²

10 CALCOLO GEOTECNICO DI CARICO AREA B

10.1 CARATTERIZZAZIONE FISICA E MECCANICA DELLE ROCCE – DEFINIZIONE CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SU ROCCIA

Per la valutazione della capacità portante ammissibile delle rocce si deve tener conto di alcuni parametri significativi quali le caratteristiche geologiche, il tipo di roccia e la sua qualità, misurata con RQD. Nella capacità portante delle rocce si utilizzano normalmente fattori di sicurezza molto alti e legati in qualche modo al valore del coefficiente RQD. Per la determinazione della capacità portante di una roccia si possono usare le formule di Terzaghi, usando angolo d'attrito e coesione della roccia, o quelle proposte da Stagg e **Zienkiewicz** (1968) in cui i coefficienti della formula della capacità portante valgono:

$$N_q = \tan^6 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_c = 5 \tan^4 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = N_q + 1$$

Con tali coefficienti vanno usati i fattori di forma impiegati nella formula di Terzaghi.

La capacità portante ultima calcolata è comunque funzione del coefficiente RQD secondo la seguente espressione:

$$q' = q_{ult} (RQD)^2$$

Per la determinazione del carico limite, nel caso di presenza di ammasso roccioso fra i vari strati interessati dal cuneo di rottura, bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice che può variare da un valore minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un valore massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta } > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

È chiaro che se il valore di RQD è molto basso, quindi ci troviamo nel caso di roccia molto fratturata, il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto, utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

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) e correlate all'indice RQD. In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q'_{ult} è il carico limite calcolato dell'ammasso roccioso;
- q''_{ult} è il carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz.

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, livello litoide calcareo ad alta fatturazione e sacche di alterazione incluse, con probabile grado di RQD (Rock Quality Designation), ovvero grado di frantumazione, compreso tra 25 e 40% permettendo di parametrizzarlo come **ammasso roccioso consistente da molto a estremamente fratturato (orizzonte 1)** si ottiene:

CARICO LIMITE PER FONDAZIONE SUPERFICIALE

- Peso specifico terreno strato n. 1 sopra il piano di posa: kg/mc 2300,00
- 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 2500,00
- Valore della coesione del terreno posto sotto il piano di fondazione: kg/mq 1000,000
- Valore dell'angolo di attrito del terreno sotto il piano di fondazione: 39
- Lunghezza della fondazione: m. 1,00 della fondazione: m. 1,00

Si è in condizioni di rottura generale

Coefficienti N_q , N_c , N_{γ} :

- $N_q = 55,96$
- $N_c = 67,87$
- $N_{\gamma} = 92,25$
- Coefficienti correttivi di forma:
- $ETA_q = 1,81$
- $ETA_c = 1,82$
- $ETA_{\gamma} = 0,60$
- Coefficienti N_q , N_c , N_{γ} dopo le varie correzioni:
- $N_q = 101,28$
- $N_c = 123,83$
- $N_{\gamma} = 55,35$

Il carico limite calcolato con la formula di Terzaghi è pari a kg/cmq. . 42,60

Pertanto per quanto sopra esposto $q^{ult} = 42,60 * 0,25^2 = 2,66 \text{ kg/cm}^2$

oppure

Carico di esercizio=carico limite/3 = kg/cmq 14,20

Mentre per livello litoide calcareo a bassa fratturazione, con probabile grado di RQD (*Rock Quality Designation*), ovvero grado di frantumazione, prossimo al 60%, permettendo di parametrizzarlo come **ammasso roccioso consistente fratturato (orizzonte 2)**

Disegno esplicativo
 h = m 1,00
 $\phi = 39$
 $c = 1000,00$
 gamma = 2300
 gamma = 2500
 h=1,00

Caratteristiche del terreno
 Strato N. 1
 Spessore dello strato posto sopra il piano di fondazione [m] 1
 Peso specifico [kg/mc] 2300
 Peso specifico del terreno posto sotto il piano di posa [kg/mc] 2500
 Larghezza B fondazione [m] 1
 Coesione c [kg/mq] 1000
 Angolo di attrito [gradi] 39

Eventuali particolarità
 Lunghezza L fondazione [m] 1
 Valore di Ir (indice di rigidezza)
 Inclinazione del carico [gradi]
 Eccentricità del carico [m]

Presenza di falda
 Falda da considerare si no
 Profondità pelo falda [m]
 Peso specifico terreno secco [kg/mc]
 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/cm² 42,60

Informazioni aggiuntive
 Coefficienti Nq, Nc, Ngamma dopo le varie correzioni:
 Nq = 101,28
 Nc = 123,83
 Ngamma = 55,35
 Carico di esercizio=carico limite/3 = kg/cm² 14,20

Brinch Hansen Esci

CARICO LIMITE PER FONDAZIONE SUPERFICIALE

- Peso specifico terreno strato n. 1 sopra il piano di posa: kg/mc 2300,00
- 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 2500,00
- Valore della coesione del terreno posto sotto il piano di fondazione: kg/mq 1000,000
- Valore dell'angolo di attrito del terreno sotto il piano di fondazione: 39
- Lunghezza della fondazione: m. 1,00 della fondazione: m. 1,00

Si è in condizioni di rottura generale

Coefficienti Nq, Nc, Ngamma:

- $N_q = 55,96$
- $N_c = 67,87$
- $N_{\gamma} = 92,25$
- Coefficienti correttivi di forma:
- $ETA_q = 1,81$
- $ETA_c = 1,82$
- $ETA_{\gamma} = 0,60$
- Coefficienti N_q , N_c , N_{γ} dopo le varie correzioni:
- $N_q = 101,28$
- $N_c = 123,83$
- $N_{\gamma} = 55,35$

Il carico limite calcolato con la formula di Terzaghi è pari a $\text{kg/cmq.} \cdot 42,60$

Pertanto per quanto sopra esposto $q'_{ult} = 42,60 \cdot 0,602 = 15,34 \text{ kg/cm}^2$

oppure

Carico di esercizio = carico limite / 3 = $\text{kg/cmq} \cdot 14,20$

11 CONCLUSIONI

Relativamente all'aspetto stratigrafico e geotecnico nell'Area A si è accertata l'esistenza di termini sabbiosi riportati frammisti a copertura terrigena posti su livello metrico calcarenitico - sabbioso rilevato direttamente per uno spessore di 2,0 m di potenza, sovrapposti a loro volta su termini limoso argillosi debolmente sabbiosi consistenti parametrizzati. Rilevata circolazione idrodinamica effimera riferibile a falda semiconfinata a 3,0 m medi dal p.c..

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLO STRATO N.1 - LIMO SABBIOSO RIPORTATO FRAMMISTO A COPERTURA TERRIGENA - ETEROMETRICO

- angolo di attrito $\varphi = 15 - 19^\circ$;
- 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 = 0,40.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELLO STRATO N. 2 compreso tra 1,0 e 3,0 m medi dal p.c.: DEPOSITI CALCARENITICI PASSANTI A SABBIOSO LIMOSI POCO CONSISTENTI. FALDA INTERCETTATA A 3 M DAL P.C..

- angolo di attrito $\varphi = 21 - 25^\circ$;
- Coesione C = 0,8 – 3 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 $\gamma_n = 1,5 - 2,1$ g/cm³;
- Peso per unità di volume $\gamma_S = 1,5$ g/cm³;
- Modulo Elastico "E" = 1.000 – 2.000 kg/cm²
- Modulo di Poisson = 0,35 – 0,38.

PARAMETRI GEOTECNICI RIFERIBILI ALLA LITOLOGIA DELLO STRATO N. 3 compreso tra 3,0 e 8,0 m medi dal p.c.: DEPOSITI ALLUVIONALI – TERMINI LIMOSI ARGILLOSI DEBOLMENTE SABBIOSI, COMPATTI.

- angolo di attrito $\varphi = 27 - 35^\circ$;
- Coesione $C = 0,7 - 2,2 \text{ kg/cm}^2$;
- angolo di attrito all'interfaccia terreno calcestruzzo = (riduzione del 20% \leq) $19 - 25^\circ$
- Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,9 - 2,9 \text{ g/cm}^3$;
- Peso per unità di volume $\gamma_S = 1,5 - 1,9 \text{ g/cm}^3$;
- Modulo Elastico "E" = $500 - 1.500 \text{ MPa}$
- Modulo di Deformazione o Modulo di Young E (mediante formule empiriche di correlazione) = 240 kg/cm^2 ;
- Modulo di Poisson = $0,35 - 0,29$.

In relazione a quanto sopra esposto e ai risultati acquisiti dalle indagini si può concludere quanto segue:

- a) l'indagine MASW effettuata ha permesso di confortare quanto rilevato dall'indagine georadar e permettendo di **definire l'area di classe sismica B**;

A seguito delle indagini sismiche così effettuate, è possibile definire quanto segue:

- La V_s equivalente, misurata sperimentalmente, è pari a **408 m/s**. Ciò implica l'attribuzione del suolo di fondazione alla **categoria B**.
- Il **fattore di amplificazione sismica locale da considerare è pari a 1.20 (susceptibilità sismica bassa)**.

Considerando il caso in esame il fattore di amplificazione sismica totale **F_a**, varrebbe quindi = **1.2 (Susceptibilità di amplificazione sismica)**, poiché associato a V_s compreso tra 360 e 800 m/s.

Considerando infine l'O. P. C. M. 3274/03, si evince che il territorio di Taranto è classificato come *zona sismica 3*, per cui il valore di accelerazione orizzontale massima al suolo da adottare, espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g , è il seguente:

$$a_g \geq 0,15g$$

F_t (categoria topografica)=1.0

S (fattore dipendente dalla categoria di sottosuolo)= 1.20

a_g bed-rock = 0.15 g (zona sismica 3)

$$a_{\max} = a_g * (F_t * S) = 0.15 * 1.0 * 1.20 = 0.18 g = 1,764 \text{ m/s}^2$$

Relativamente all'aspetto stratigrafico e geotecnico nell'Area B si è accertata l'esistenza di termini metrici di calcarei alterati e frammisti a terre rosse di alterazione mediamente fratturati, sovrapposti a loro volta a termini calcarei più compatti e meno fratturati. Non si è rilevata falda superficiale che possa interagire con le opere in progetto.

- **Orizzonte 1- litologia calcarea costituita da brecce calcaree frammiste a terreno vegetale e terre rosse di alterazione – con variazioni eteropiche laterali del fattore RQD degli ammassi rocciosi variabile da 30 a 40%.**
 - *angolo di attrito $\varphi = 20^\circ - 35^\circ$;
 - *Peso per unità di volume $\gamma_n = 1,7 - 2,4 \text{ g/cm}^3$;
 - *Resistenza a compressione $\sigma = 30 - 42 \text{ Kg/cm}^2$;
 - *Modulo di Elasticità "E" compreso tra 4.000 e 8.000 Kg/cm^2 ;
 - *Coesione $C_u = 10.000 - 40.000 \text{ Kg/m}^3$;
 - *Coefficiente di Winkler $k = 3 - 5 \text{ Kg/cm}^3 = 29,42 - 49,03 \text{ N/cm}^3$;
 - *Coefficiente di Poisson: 0,30.

**Valori geotecnici ricavati da riferimenti bibliografici ricavati da: "Elementi di Geotecnica" P. Colombo – F. Colleselli; Ed. Zanichelli;*

"Calcolo delle Fondazioni" A. Ardolino – Dario Flaccovio Editore; "Geingegneria" Gonzalez De Vallejo - Ed. Pearson Education Italia.

- **Orizzonte 2- litologia calcarea mediamente fratturata – in posto.**
 - *RQD stimato tra 60%;
 - *angolo di attrito $\varphi = 38^\circ - 49^\circ$;
 - *Peso per un. di volume $\gamma_n = 2,0 - 2,2 \text{ g/cm}^3$
 - -misurato sperimentalmente (Prova di Compressione assiale) = 2,48 g/cm^3 ;
 - *Resistenza a compressione $\sigma = 42 - 90 \text{ Kg/cm}^2$;
 - -misurato sperimentalmente (Prova di Compressione assiale) = 5127 N/cm^2 ;
 - *Modulo di Elasticità "E" compreso tra 8.000 e 10.000 Kg/cm^2 ;
 - *Coesione $C_u = 10.000 - 40.000 \text{ Kg/m}^3 = 9,806 - 39,22 \text{ N/cm}^2$;
 - *Coefficiente di Winkler $k = 5 - 10 \text{ Kg/cm}^3 = 49,03 - 98,06 \text{ N/cm}^3$;
 - *Coefficiente di Poisson: 0,28.

È interpretata una giacitura inclinata 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 relazione a quanto sopra esposto e ai risultati acquisiti dalle indagini si può concludere quanto segue:

- a) l'indagine georadar effettuata ha permesso di interpretare uno spessore a minor risposta elettromagnetica sovrapposto a litologia calcarea mediamente fratturata a comportamento elettromagnetico migliore;
- b) l'indagine MASW effettuata ha permesso di confortare quanto rilevato dall'indagine georadar e permettendo di **definire l'area di classe sismica A.**

A seguito delle indagini sismiche così effettuate, è possibile definire quanto segue:

- La V_s equivalente, misurata sperimentalmente, in area limitrofa riferibile, è pari a **1016 m/s**. Ciò implica l'attribuzione del suolo di fondazione alla **categoria A**
- Il **fattore di amplificazione sismica locale da considerare è pari a 1.00 (susceptibilità sismica bassa).**

Considerando il caso in esame il fattore di amplificazione sismica totale **F_a**, varrebbe quindi = **1.0 (Susceptibilità di amplificazione sismica)**, poiché associato a V_s maggiore di 800 m/s. Considerando infine l'O. P. C. M. 3274/03, si evince che il territorio di Sava (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:

$$a_g \geq 0,05g$$

F_t (categoria topografica)=1.0

S (fattore dipendente dalla categoria di sottosuolo)= 1.20

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

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

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.**

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.

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

Martina Franca, luglio 2022

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