



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di MANFREDONIA

Progettazione e Coordinamento	Ing. Giovanni Cis Tel. 349 0737323 E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu				
	Studio Ambientale	Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: info@studiovega.org			
Studio Naturalistico	Dott. Forestale Luigi Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	Studio Archeologico			
Studio Geologico	LITOS - Studio Tecnico di Geologia Dott. Geol. Domenico Paolo Impagnatiello Via Nardella 22 - 71121 Foggia (Fg) Tel./Fax 0881.5731178 Cell. 348.3315877 E-Mail: info@professionegeologo.it		Progettazione Elettromeccanica	Ing. Giovanni Cis Tel. +39 349.0737323 - E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu	
Proponente	 Via Reinella snc, 71017 Torremaggiore (FG) - P.IVA 04217120718		EPC	Ren Factory S.r.l. Via Altinate, 120 - 35121 Padova Tel. 049.8077466 - Fax 049.7819659 E-Mail: info@renfactory.com Project Manager: Ing. Giovanni Cis Tel. +39 349.0737323 - E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu	
Opera	PROGETTO PER UN IMPIANTO DI PRODUZIONE AGRO-ENERGETICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI MANFREDONIA (FG) IN LOCALITA' "BORGO MEZZANONE - MACCHIA ROTONDA"				
Oggetto	Folder			Sezione	
	Relazioni e documenti del progetto definitivo dell'impianto			A	
	Nome file			Codice	
4HBF9T0_Relazione_Geologica.pdf			A2		
Descrizione elaborato					
Relazione geologica del progetto definitivo					
01	Agosto 2020	Revisione PAUR	VEGA	Arch. A. Demaio	IPC PUGLIA
00	Febbraio 2020	Integrazioni richieste dalla nota del 07/01/2020 – PROT. 240	VEGA	Arch. A. Demaio	IPC PUGLIA
00	Novembre 2019	Emissione per progetto definitivo	VEGA	Arch. A. Demaio	IPC PUGLIA
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione
Scala:	VARIE				
Formato:	Codice Pratica		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">4HBF9T0</div>		



COMUNE DI MANFREDONIA (FG)

*Progetto per un impianto di produzione agro-energetico integrato da realizzarsi nel Comune di
Manfredonia (Fg) in località "Borgo Mezzanone - Macchia Rotonda"*

Relazione geologica

PROPONENTE:
IPC PUGLIA SRL

TECNICO:
GEOL. DOMENICO PAOLO IMPAGNATIELLO

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
1.1. PIANO DI INDAGINI.....	2
1.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
1.3. BIBLIOGRAFIA.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
3. CENNI GEOLOGICI E TETTONICI	9
3.1. GEOLOGIA DI AREA VASTA.....	9
3.2. GEOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO.....	11
4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA	12
4.1. PRINCIPALE VINCOLISTICA.....	13
5. SITUAZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE – ORIGINE E NATURA DEI SEDIMENTI	15
6. PROCESSI MORFOLOGICI	17
7. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA	18
7.1. IDROGRAFIA.....	18
7.2. IDROGEOLOGIA - ACQUIFERI.....	18
7.2.1. <i>Acquifero poroso superficiale</i>	19
7.2.2. <i>Acquifero poroso profondo</i>	21
7.2.3. <i>Acquifero fessurato-carsico profondo</i>	21
7.3. FALDE IDRICHE.....	22
8. QUADRO CLIMATICO GENERALE	25
8.2. CARATTERISTICHE METEO CLIMATICHE LOCALI.....	25
8.2.1. <i>Precipitazioni</i>	25
8.2.2. <i>Temperature</i>	27
8.2.3. <i>Umidità media stagionale - Radiazione solare media stagionale</i>	28
9. USO DEL SUOLO, CARATTERI PEDOLOGICI DELL'AREA, VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO	29
9.1. CARTA DI USO DEL SUOLO.....	29
9.2. CARATTERI PEDOLOGICI DELL'AREA.....	29
9.2.1. <i>Caratterizzazione pedologica generale</i>	29
9.2.2. <i>Inquadramento pedologico della regione pedologica 62.1</i>	30
9.2.3. <i>Unità Tassonomica di riferimento (Progetto ACLA 2)</i>	31
9.3. VULNERABILITÀ DELL'ACQUIFERO.....	33
10. INDAGINI IN SITU E DI RIFERIMENTO	35
10.1. PREMESSA.....	35
10.2. STRATIGRAFIA LOCALE.....	35
10.3. STANDARD PENETRATION TEST (SPT).....	35
10.4. PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE.....	37
10.5. INDAGINE SISMICA MASW.....	37
10.6. PARAMETRI DINAMICI DEL SOTTOSUOLO.....	40
11. D.M. 17 GENNAIO 2018 E CATEGORIA DI SUOLO	41
12. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	43
13. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	46
14. CONCLUSIONI	47

1. PREMESSA

Su gentile incarico dell'architetto Antonio Demaio, legale rappresentante della società VEGA sas con sede in Foggia alla via Nicola Delli Carri n. 46, il sottoscritto dott. geol. Domenico Paolo Impagnatiello iscritto all'Albo Regionale dei Geologi della Puglia con il n. 254, ha stilato una "**Relazione Geologica**" da allegare agli atti relativi al « **Progetto per un impianto di produzione agro-energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (Fg) in località "Borgo Mezzanone - Macchia Rotonda" ».**

In particolare l'intervento consiste nella realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica mediante l'impiego di pannelli fotovoltaici, da installare nell'ambito del territorio comunale di Manfredonia in provincia di Foggia. L'impianto sarà costituito da 44.718 moduli fotovoltaici, montati su strutture metalliche per inseguimento mono-assiale, uniformemente distribuite su una superficie complessiva di 27,53 Ha. La realizzazione prevede inoltre un complesso di opere di connessione con n. 7 cabine di trasformazione BT/MT con inclusi gli inverter per conversione corrente da continua ad alternata ed una cabina MT/AT del Produttore, che verrà connessa al sistema 150 kV della stazione di San Severo di TERNA Spa (Preventivo TERNA 201800562). Il progetto in questione si completa con la realizzazione di un innovativo impianto olivicolo super intensivo (SHD 2.0) integrato all'interno del campo fotovoltaico.

La società proponente dell'impianto è la IPC Puglia Srl, con sede in Torremaggiore, Via Reinella snc; la società dispone delle aree di pertinenza in forza di atti preliminari stipulati che le rispettive proprietà hanno sottoscritto.

Obiettivo dell'indagine geologica è stato quello di:

- illustrare le caratteristiche geostrutturali dell'area in esame, con riferimento al quadro geologico, geomorfologico e idrogeologico;
- fornire le principali caratteristiche tecniche dei terreni presenti in loco.

1.1. Piano di indagini

Per la realizzazione dei succitati obiettivi si è approntato il seguente piano di lavoro:

- ricerca bibliografica e documentale;
- sopralluogo dell'area;
- esecuzione di n. 2 sondaggi sismici a rifrazione in onde P e n. 2 prove sismiche, tipo MASW; il tutto effettuato in data 26.11.2019;
- interpretazione dei dati di campagna;

- stesura della presente relazione finale.

1.2. Normativa di riferimento

Prima di illustrare il lavoro eseguito è opportuno indicare le principali normative che regolano la materia in questione:

1. Legge n. 64 del 02.02.1974. *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*;
2. D.M. 11.03.1988 - *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri..."*;
3. Circolare Min. LL. PP. n. 30483 del 24.09.1988 - *"Norme di attuazione del D.M. 11.03.1988"*;
4. Circolare Ministero Lavori Pubblici 9 gennaio 1996 n. 218/24/3. Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. *"Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica"*;
5. Legge Regionale 9 dicembre 2002, n. 19 - *Istituzione dell'Autorità di bacino della Puglia*;
6. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 – *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*;
7. Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 – *"Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 Legge 6 luglio 2002, n. 137 e succ. mod. e integr."*;
8. Autorità di Bacino della Puglia - Deliberazione del Comitato Istituzionale del 15.12.2004 - *"Adozione del Piano di Bacino della Puglia, stralcio "assetto idrogeologico" e delle relative misure di salvaguardia"*;
9. D.Lgs. 152 del 3 Aprile 2006 – *"Norme in Materia Ambientale"* e succ. mod. ed int.;
10. Deliberazione della Giunta Regionale n. 176 del 16/02/2015 – *Approvazione del Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR)*;
11. Regolamento Regionale 11 marzo 2015, n. 9 – *"Norme per i terreni sottoposti a vincolo idrogeologico"*;
12. Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 – *"Aggiornamento delle « Norme Tecniche per le Costruzioni"*;
13. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 *"Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"*.

14. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 19 giugno 2019 – “Approvazione di varianti al Piano stralcio assetto idrogeologico (PAI), assetto geomorfologico e assetto idraulico del territorio della ex Autorità di Bacino della Puglia”.

1.3. Bibliografia

- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) – “Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino pugliese (Avanfossa Appenninica)”. *Geologia Romana*, 21, 1-28, 20 figg., 1984, Roma.
- BOENZI F. (1983) – “Il quadro geografico-fisico in: Puglia, un mezzogiorno diverso”. *La Geografia nelle scuole*, 28(2), 69-82, Opicina, Trieste.
- BOSCHI, E. GUIDOBONI, E. FERRARI, G. MARIOTTI, D. VALENSISE, G. GASPERINI, P. (2000) – “Catalogue of strong Italian earthquakes from 461 B.C. to 1997”. *Annali di Geofisica*, 43, 609-868.
- BOWLES J. E. (1991) – *Fondazioni, progetto e analisi* – McGraw-Hill.
- CALDARA M. & PENNETTA L. (1993) – “Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia”. *Bonifica*, 3, 25-42, 12 figg., Foggia.
- CASNEDI R. (1988) – “La fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione”. *Mem. Soc. Geol. It.* 41, 439-448, 7 figg., 1992, Roma.
- CASNEDI R., CRESCENTI U. & TONNA M. (1982) – “Evoluzione della avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base dei dati di sottosuolo”. *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 243-260, 10 figg., 1984, Roma.
- CELICO P. (1986) – “*Prospezioni idrogeologiche*” Volume I e II, Liguori editore s.r.l.
- CIARANFI N., LOIACONO F., MORETTI M. - *Note illustrative alla carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio 408 "Foggia"* - ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) – Servizio Geologico d'Italia, 2011.
- COTECCHIA V. (1956) – “*Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie*”. *L'Acqua*, 11-12, 168-180, 6 figg..
- DEL GAUDIO V. – “*Elementi per la stima della pericolosità sismica in Puglia*”. *Geologi e Territorio* n. 2/2007.
- FERRANTE F. S. – “*Relazione geologica per il progetto definitivo di un impianto eolico della potenza di 17,5 MW nel territorio di Manfredonia, in loc. Macchia Rotonda*”. Comm. EOLSIPONTO S.r.l., 2012.
- G.N.D.T. — I.N.G. — S.S.N. (1996) – “*Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*”.- http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/MAPPE_PROVINCE/16.html.
- GRUPPO DI LAVORO (2004) – “*Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto conclusivo*”.

per il Dipartimento della Protezione Civile", INGV Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici,
http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/rapporto_conclusivo.pdf.

ISTITUTO SUPERIORE PER LA PROTEZIONE E LA RICERCA AMBIENTALE – “Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000, Foglio n. 409 (Zapponeta)”. ISPRA, Roma, 2011.

LAMBE T. WILLIAM, WHITMAN ROBERT V. (1997) – “Meccanica dei terreni” – Dario Flaccovio Editore.

MAGGIORE M., NUOVO G. & PAGIARULO P. (1996) – “Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia”. Mem. Soc. Geol. It., 51, 669-684, 12 figg., Roma.

MERLA G., ERCOLI A. & TORRE D. (1969) - *Note illustrative alla Carta geologica d'Italia: F° 164 "Foggia"*. Serv. Geol. d'Italia, 1-22, Roma

MONACHESI G., STUCCHI M. (1997) – “DOM 4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno”, C.N.R. — G.N.D.T., aggiornamento Web 2000,
<http://emidius.mi.ingv.it/DOM/>

RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) – “Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell' Avampaese Apulo”. Mem. Soc. Geol. It., 41 (1), 57-82, 15 figg., 1992, Roma.

ZORZI L., REINA C., (1956) - “Sulla presunta idrografia sotterranea profonda della capitanata”. «Geotecnica» A. 3°, n. 1.

300-400 m di quota. I ripiani corrispondono a terrazzi marini, che digradano verso l'Adriatico e sono, a luoghi, delimitati verso est da scarpate poco elevate, corrispondenti a ripe di abrasione. La piana alluvionale si estende con continuità dalla zona dei terrazzi più antichi fino alla piana costiera che corrisponde, per gran parte, ad antiche aree lagunari (Lago di Salpi e Lago Salso) successivamente colmate per fatti naturali ed antropici.

La zona litorale è costituita da depositi di spiaggia caratterizzati dalla presenza di dune sabbiose, rappresentate da dossi allungati parallelamente alla riva.

Il progetto in questione si inserisce in tale contesto geografico e nella fattispecie i riferimenti cartografici per una corretta individuazione e definizione dell'area di studio sono:

- foglio n. 164 della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000;
- foglio n. 409 "Zapponeta" della Carta d'Italia in scala 1:50.000;
- tavoletta topografica II N.O. "Borgo Mezzanone" del Foglio n. 164 della Carta d'Italia in scala 1:25.000.



Fig. 2 – Inquadramento territoriale: area vasta

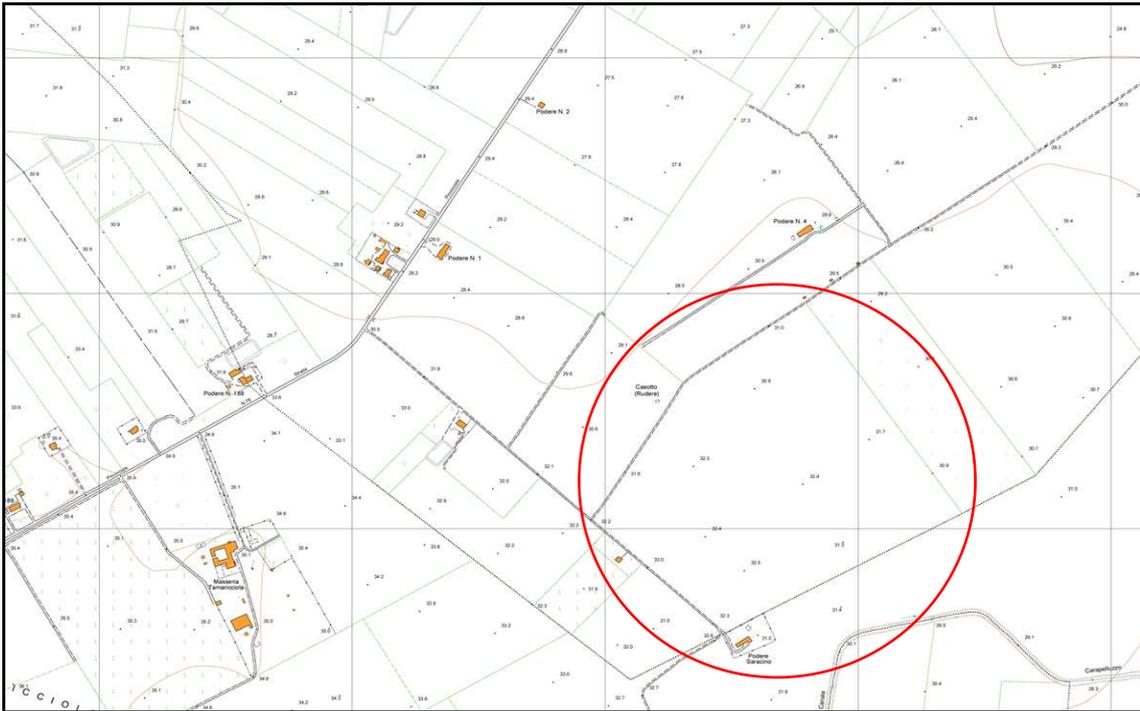


Fig. 3 – Inquadramento territoriale: area di interesse

L'area oggetto di intervento è caratterizzata dalla morfologia tipica di tutto il Tavoliere e cioè con vaste spianate inclinate debolmente verso il mare, interrotte da valli ampie.

Nella zona esaminata, posta a circa 26 km. a S-O dell'agglomerato urbano di Manfredonia e a circa 15 km. a S-SE dell'abitato di Foggia, non si evidenziano significativi segni di erosione né tanto meno fenomeni gravitativi; una analisi dell'intera area non ha evidenziato fenomeni di dissesto in atto, la giacitura degli strati è sub-orizzontale, l'assetto dei fabbricati esistenti risulta stabile.

3. CENNI GEOLOGICI E TETTONICI

Per meglio capire i reciproci rapporti stratigrafici dei terreni localmente affioranti, si rende necessario un inquadramento geologico di carattere regionale.

3.1. Geologia di Area vasta

Il Tavoliere di Puglia rappresenta la parte settentrionale dell'Avanfossa adriatica meridionale, nota in letteratura anche come Fossa bradanica. La sua storia geologica è strettamente collegata all'evoluzione paleogeografica dell'Avampaese apulo. Essa, infatti, inizia a delinearsi agli inizi del Terziario nel corso dell'orogenesi appenninico – dinarica contestualmente all'avanzare delle falde appenniniche verso est (Ricchetti et al., 1988).

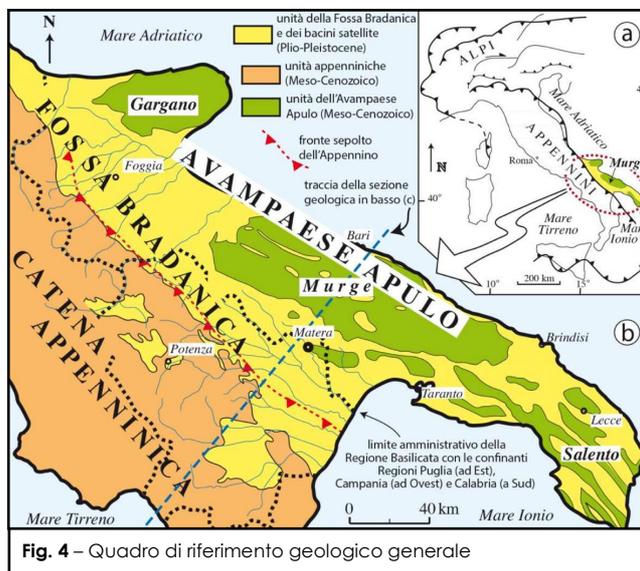


Fig. 4 - Quadro di riferimento geologico generale

Con il Pliocene, la Fossa bradanica viene a costituire l'avanfossa della Catena Appenninica; il carico della catena determina infatti l'abbassamento della Fossa e l'inarcamento delle Murge che assumono la struttura di un'ampia piega anticlinale a cui il sistema di faglie distensive, con trend NO-SE, ha dato l'aspetto di un ampio "horst". A seguito della subsidenza, la Fossa è sede di un'intensa attività sedimentaria con l'accumulo di potenti corpi sabbioso-argillosi. Nel Pleistocene inferiore, ha inizio una fase di generale sollevamento testimoniata dall'esistenza di depositi sommitali di carattere regressivo (Balduzzi et al., 1982). A questa tendenza regressiva, si sovrappongono le oscillazioni glacio-eustatiche quaternarie che portano alla formazione dei depositi marini terrazzati (Caldara & Pennetta, 1993) e dei depositi alluvionali.

Nel Tavoliere affiorano litotipi di diversa natura ed età. Sulla base dei caratteri litostratigrafici e in considerazione dell'area geografica di appartenenza, i terreni localmente affioranti sono stati riferiti a più complessi stratigrafici:

- Complesso delle unità della Catena Appenninica (Cretaceo – Pliocene medio);
- Complesso delle unità dell'Avampaese Apulo (Cretaceo – Pleistocene sup.);
- Complesso delle unità del Tavoliere (Pliocene – Olocene).

La sezione geologica di seguito riportata illustra, schematicamente, i rapporti di posizione delle diverse unità.

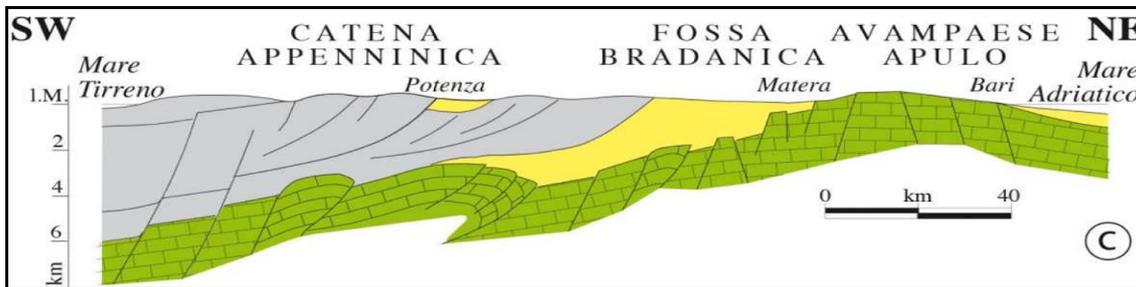


Fig. 5 – sezione geologica schematica dei rapporti stratigrafici.

Tralasciando, per sintetizzare, la descrizione dei Complessi stratigrafici della Catena Appenninica e dell'Avampaese Apulo, si ritiene opportuno spendere alcune parole per descrivere il Complesso stratigrafico del Tavoliere, complesso affiorante nell'area di nostro interesse.

Le unità del Tavoliere sono costituite dai depositi di riempimento, di età pliocenica e infrapleistocenica, dell'Avanfossa appenninica e dai depositi marini e alluvionali delle coperture medio-suprapleistoceniche e oloceniche della piana. Tali depositi, rinvenuti nel sottosuolo nel corso delle numerose perforazioni eseguite per la ricerca di idrocarburi, sono il prodotto dell'intensa attività sedimentaria, tipica di un bacino subsidente, che ha interessato l'Avanfossa appenninica a partire dal Pliocene inferiore (Ciaranfi et alii, 1979; Ricchetti et alii, 1988). Si tratta di argille, indicate con il generico termine di "Argille grigio azzurre" per via del loro colore tipico che, nella parte più superficiale, tende al giallastro a causa dei fenomeni di alterazione; stratigraficamente, risultano sovrapposte ad un substrato di rocce carbonatiche di età prepliocenica. All'interno della successione argillosa, sono presenti, a diverse altezze stratigrafiche, interstrati sabbiosi formanti corpi lenticolari di modesto spessore.

La sezione geologica riportata in Fig. 5, ricostruita attraverso le stratigrafie dei pozzi per la ricerca di idrocarburi e dei pozzi attestati nel substrato pre-pliocenico, mostra chiaramente come lo spessore di questa unità diminuisca passando da circa 2000 m (pozzo I 47), sul bordo dell'Appennino, a circa 140 m (pozzo C2), in corrispondenza del T. Candelaro.

Nella parte medio bassa della piana le Argille grigio azzurre sottostanno alla copertura alluvionale. La serie si chiude con i terreni sabbiosi e sabbioso-conglomeratici del Pleistocene inferiore affioranti in un'estesa zona compresa tra Ascoli Satriano e

Lavello, in una sottile fascia lungo il F. Fortore e nei pressi di Serracapriola dove risultano prevalentemente sabbiosi ("Sabbie di Serracapriola").

La giacitura di tali depositi è data da strati orizzontali o con deboli inclinazioni; in profondità il loro assetto risulta condizionato dalla morfologia del substrato pre-pleiocenico, dislocato da faglie, formante una struttura a blocchi nel quale si individuano numerosi «alti» e «bassi» tettonici. Gli alti tettonici del substrato, assieme alle sovrastanti anticlinali dei livelli sabbiosi pliocenici depositati «a drappeggio» su tali blocchi, costituiscono le numerose trappole dei giacimenti gassiferi presenti nella zona.

La storia geologica dell'intera area può essere così sintetizzata:

1. formazione di una estesa piattaforma carbonatica mesozoica;
2. frammentazione della piastra Apula e individuazione dell'Avanfossa a partire dal Miocene;
3. riempimento di questo bacino subsidente nel Plio-pleistocene;
4. sollevamento regionale concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento pleistocenico-olocenico.

3.2. Geologia dell'area di studio

Dal punto di vista geologico, con riferimento alla letteratura ufficiale della zona, il sottosuolo dell'area in esame è parte integrante dei terreni quaternari sommitali che formano la pianura della Capitanata, costituiti da depositi alluvionali continentali e marini di ghiaie, sabbie e argille. Seguono in profondità depositi marini pliocenici di sabbie, argille e argille marnose. I suddetti terreni hanno assetto sub-orizzontale e rappresentano il risultato dello smantellamento della falde tettoniche dell'Appennino Dauno e della sedimentazione nell'avanfossa Bradanica.

Tale deposizione avvenne prima in ambiente marino e successivamente in ambiente aereo. La natura dei clasti rispecchia quella delle rocce costituenti gli alti morfologici adiacenti e cioè arenarie, marne e calcareniti.

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DELLA ZONA

Dal punto di vista geomorfologico l'area di interesse si trova nel settore centrale del Tavoliere di Puglia. Tale settore, perfettamente racchiuso fra il Subappennino Dauno e il promontorio del Gargano, può essere diviso a sua volta in due aree per le quali l'azione modellatrice degli agenti esogeni risente delle condizioni geologiche e tettoniche locali.

La prima, a ridosso dei rilievi del Subappennino Dauno e delimitata altimetricamente tra i 500 m e i 100 m, è caratterizzata da aree montuose che si sviluppano con direttrice nord-sud in corrispondenza di sedimenti più antichi che conferiscono ai rilievi forme più acclivi; l'altra, parte dai 100 m e si raccorda con la piana costiera attuale. Questa area, che costituisce il settore pedemontano della capitanata a morfologia subpianeggiante, si raccorda all'area montuosa con una zona centrale di medie ed alte colline a forme dolci e blande pendenze.

I corsi d'acqua presenti nel settore centrale del Tavoliere sono abbastanza numerosi. Essi nascono dall'Appennino e scorrono con prevalente direzione OSO-ENE nella prima area per poi subire una deviazione ed immettersi quasi tutti nel torrente Candelaro. I corsi d'acqua hanno inciso la parte più rilevata portando allo smembramento ed isolamento in dorsali piatte dei depositi marini. Nell'ambito di una stessa dorsale non sono più riconoscibili evidenti cadute di pendio da ricondurre ad antiche linee di costa.

Dal punto di vista morfologico la zona interessata dal presente studio si presenta costituita da ampie spianate che immergono verso Est con deboli pendenze, delimitate a N-E dal Promontorio del Gargano, a N-O dai monti della Daunia e a S-E dal Promontorio della Murgia.

I tipi litologici presenti in zona di intervento sono rappresentati prevalentemente da terreni di piana alluvionale del pleistocene.

Nello specifico l'area di intervento è caratterizzata da un assetto suborizzontale: la quota topografica media del sito di intervento è di circa 32 m l.m.m..

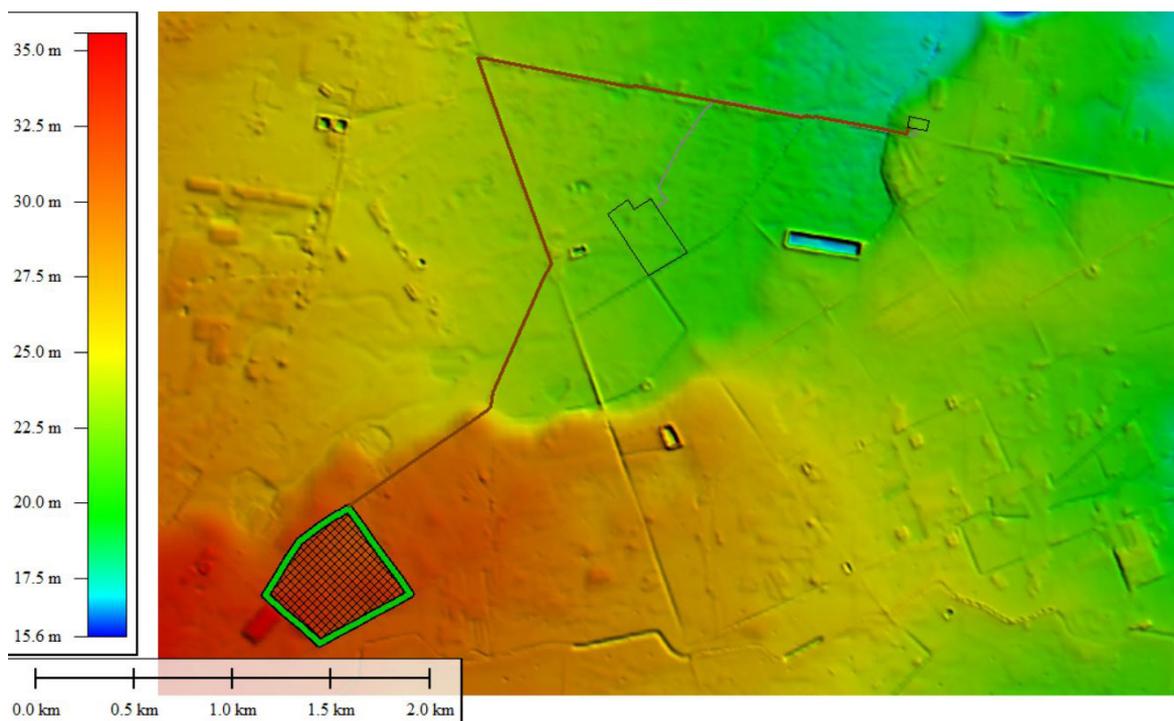


Fig. 6 – Carte delle pendenze dell'area.

Morfologicamente l'area in esame si presenta stabile e non esistono evidenze di processi morfoevolutivi in atto né potenziali tali da modificare gli attuali equilibri geomorfologici.

4.1. Principale vincolistica

Il sito di studio, per quanto attiene il PPTR (Piano Paesaggistico Territoriale Regionale) approvato dalla Giunta Regionale il 16 febbraio 2015, è interessato solo sul margine meridionale dell'impianto dal Bene Paesaggistico (BP) denominato "fiumi, torrenti ed acque pubbliche" (Fig. 7); non è interessato da alcun Ulteriore Contesto Paesaggistico (UCP).

Il sito non ricade in aree Parco, SIC, ZPS o in aree IBA (important bird areas).

Per quanto riguarda il Piano di bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale - Sede Puglia, il sito oggetto di intervento risulta interessato da aree a diverse pericolosità idraulica (AP, MP e BP), così come ben evidenziato nella Fig. 8; solo per alcuni tratti di cavidotto esterni all'area di imposta dei pannelli fotovoltaici. Il margine meridionale dell'area di impianto interessato da bassa pericolosità idraulica vedrà solo la posa della recinzione

dell'impianto. L'area non risulta classificata come "zona a pericolosità geomorfologica".



Fig. 7 – Vincolistica PPTR.

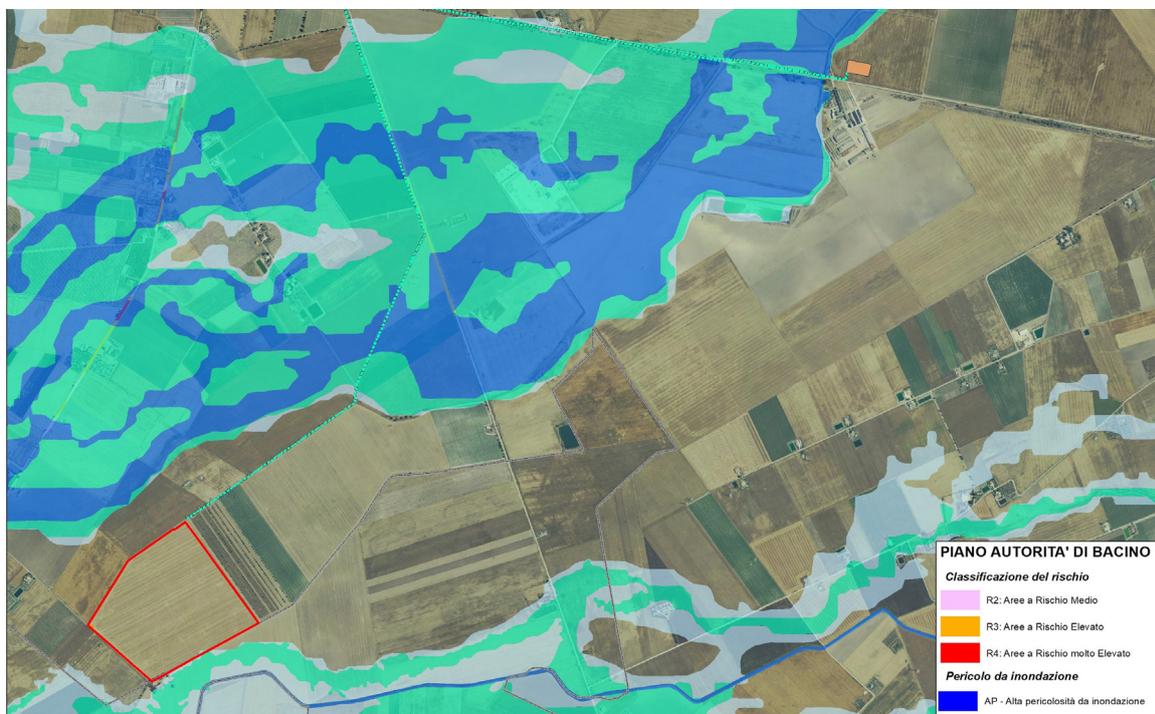


Fig. 8 – Aree a diversa pericolosità idraulica ex PAI Puglia.

La zona è, ovviamente, sottoposta a vincolo sismico essendo l'area classificata come zona 2 ai sensi dell'**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/03**, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

5. SITUAZIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE – ORIGINE E NATURA DEI SEDIMENTI

Nel presente studio è stata adottata la suddivisione stratigrafica riportata nella nuova carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 del Foglio n. 409 "Zapponeta", che alla data di stesura della presente risulta pubblicata sul web e in allestimento per la stampa cartacea (ISPRA). In base al nuovo strumento cartografico, le unità costituenti la colonna stratigrafica locale sono le seguenti (ordinate in senso stratigrafico):

- Depositi alluvionali recenti;
- Sintema di Masseria Inacquata (Olocene);
- Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro (Pleistocene superiore – Olocene);
- Sintema di Foggia (Pleistocene medio-superiore);
- Argille Subappennine (Pleistocene inferiore).

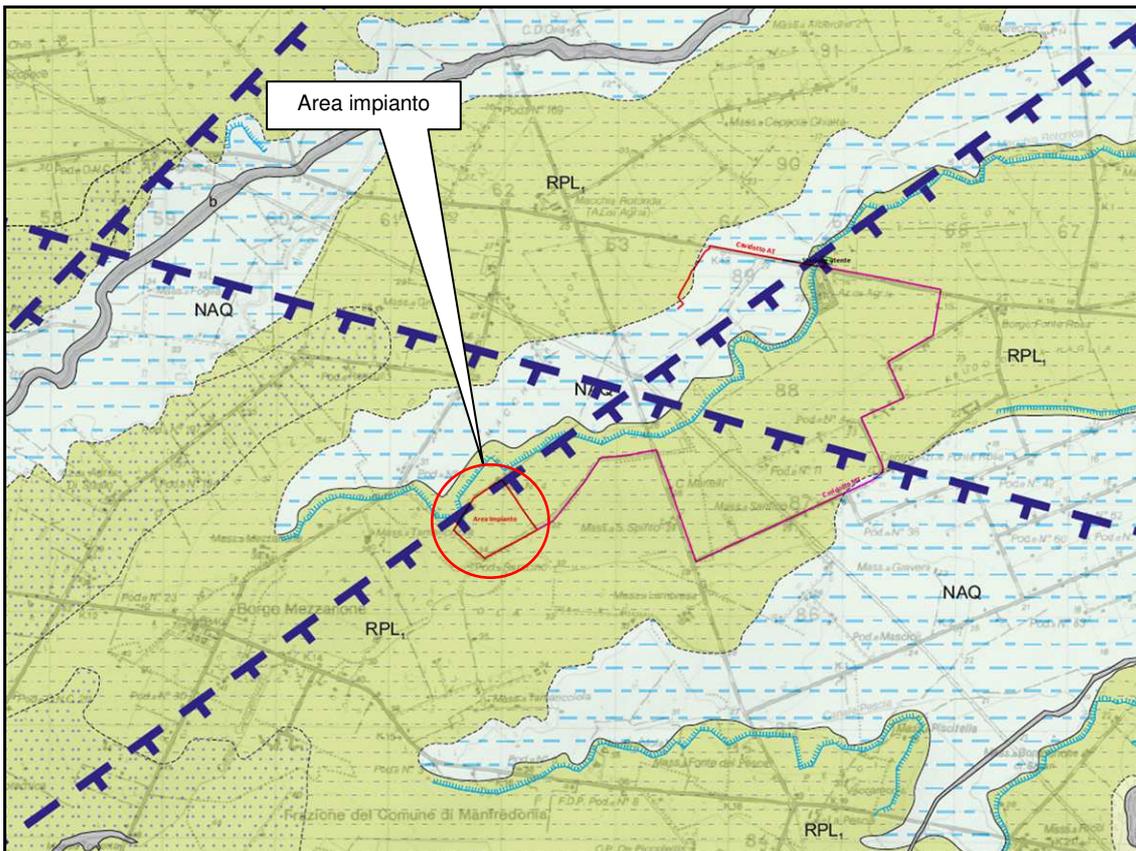


Fig. 9 – stralcio carta geologica (fonte ISPRA)

Nell'area di nostro interesse affiorano (Fig. 9) terreni appartenenti al Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro (subsistema dell'Incoronata) [sigla carta RPL₁] per quanto attiene all'area di installazione dell'impianto fotovoltaico e al Sintema di Masseria Inacquata [sigla carta NAQ] per quanto riguarda la quasi totalità del cavidotto esterno MT.

Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro: nell'area di intervento i terreni affioranti sono in massima parte riferibili al sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro (RPL), a sua volta suddiviso in tre subsistemi, ovvero il subsistema dell'Incoronata (RPL₁), il subsistema di Masseria Torricelli (RPL₂) e il subsistema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL₃).

Il limite inferiore del sintema è costituito da una superficie inconforme di tipo erosivo localmente poggiate sul sintema di Foggia. Il limite superiore, invece, coincide con la superficie topografica o è costituito da una superficie di discordanza con la base dei depositi alluvionali più recenti (sintema di Masseria Inacquata).

Come già detto, i terreni affioranti nell'area di impianto sono rappresentati principalmente dal:

Subsistema dell'Incoronata [RPL1]: unità costituente un sistema deposizionale di piana alluvionale ad Ovest, passante verso Est ad ambiente da lagunare ad infralitorale. La parte continentale è costituita da sabbie, silts, argille, con rare intercalazioni ghiaiose e locali strati di arenaria. Nell'angolo sud occidentale del foglio, in località Passo Breccioso, l'unità è prevalentemente ghiaiosa con intercalazioni di sabbie e silts. La parte marina, non affiorante, è costituita da sabbie giallastre, sabbie argillose o siltose grigiastre, argille e silts grigiastri, in cui è presente una bioerma a *Cladocora caespitosa* (LINNEO) situata a circa -22 m s.l.m.

Sistema di Masseria Inacquata [NAQ]: sistema deposizionale risalente all'ultima rimonta del livello del mare. E' costituito da depositi alluvionali passanti verso la costa a dune costiere e depositi di spiaggia emersa e sommersa. I depositi alluvionali sono costituiti prevalentemente da argille, sabbie e silt di colore dal bruno scuro, al grigio, al giallastro, spesso con lamine da piano-parallele ad ondulate, presenti soprattutto nei livelli sabbiosi e limosi; contengono fauna continentale rappresentata da gasteropodi terrestri. I depositi di spiaggia sono costituiti da sabbie marine grigiastre con contenuto faunistico riconducibile alle attuali biocenosi delle sabbie fini ben calibrate e delle sabbie argillose di mare calmo, sormontate da sabbie di spiaggia emersa e duna costiera.

In particolare, nella zona di impianto, affiorano prevalentemente da argille limose e limi argillosi con sabbia di colore prevalentemente avana, con intercalazioni di livelli argilloso-limosi grigiastri, osservabili in sezione ed affioramento ai lati della S.P. 80.

6. PROCESSI MORFOLOGICI

Le evidenze geomorfologiche, analizzate sia attraverso l'esame di foto aeree che attraverso il rilevamento geologico, hanno consentito di accertare che l'area esaminata presenta generali condizioni di stabilità non essendo interessata da alcun sensibile fenomeno morfologico in atto né potenziale.

I depositi affioranti in zona di intervento non sono soggetti, a causa della morfologia a debole pendenza della zona, a fenomeni franosi. Si tratta però di terreni che, per loro natura, sono caratterizzati da un dilavamento delle zone più alte durante i periodi di forte precipitazione.

7. IDROGRAFIA ed IDROGEOLOGIA

7.1. Idrografia

Dal punto di vista idrografico l'area è compresa nel bacino del Canale Peluso che scorre a sud-sud-est rispetto all'area di impianto. Il canale più prossimo all'area di studio è, invece, il canale Carapelluzzo, affluente in sinistra idraulica del Canale Peluso.

Il canale Carapelluzzo e il Peluso sono caratterizzati da un regime idrologico di tipo torrentizio appenninico con portate medie mensili minime nel mese di agosto e portate medie mensili massime nei mesi di gennaio e febbraio. L'andamento dei deflussi dei corsi d'acqua rispecchiano sostanzialmente quello degli afflussi meteorici data la mancanza di significativi apporti sorgentizi.

7.2. Idrogeologia - Acquiferi

Le condizioni di assetto stratigrafico e strutturale del Tavoliere determinano l'esistenza di una circolazione idrica sotterranea che si esplica su più livelli, all'interno di almeno tre unità acquifere principali situate a differenti profondità. Tipicamente la successione è la seguente, procedendo dall'alto verso il basso:

1. acquifero poroso superficiale: che si rinviene nelle lenti sabbioso-ghiaiose dei depositi marini e alluvionali terrazzati di età Pleistocene sup. - Olocene. La superficie di fondo della falda è costituita dal tetto delle argille grigio-azzurre della sottostante unità. L'acquifero, di limitato spessore e produttività, è captato attraverso pozzi poco profondi, con portate modeste. La superficie piezometrica della falda digrada verso la costa con gradienti modesti. La maggiore resa dei pozzi e quindi le maggiori portate specifiche ($1\div 3$ l/sm) oltre che dalle condizioni di alimentazione, è strettamente dipendente dallo spessore e dalle caratteristiche granulometriche degli strati acquiferi nonché dalla configurazione della superficie di fondo della falda, realizzandosi delle locali depressioni del substrato argilloso;
2. acquifero poroso profondo: di un certo rilievo dal punto di vista stratigrafico, è la presenza, all'interno della unità delle Argille subappennine, di livelli costituiti da sabbie fini, dello spessore anche di pochi metri e molto estesi arealmente, situati a profondità in genere comprese tra 150 e 500 m dal p.c.. Tali lenti sabbiose possono ospitare falde idriche, da pochi anni oggetto di sfruttamento, anche se le caratteristiche di rinnovabilità di esse non sono note e la qualità delle acque rinvenute non è sempre adatta agli usi richiesti;

3. acquifero fessurato-carsico profondo: è situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pliocenico del Tavoliere, collegato lateralmente verso est alla vasta falda idrica del Gargano.

7.2.1. Acquifero poroso superficiale

I depositi di copertura del Tavoliere ospitano una estesa falda idrica, generalmente frazionata su più livelli. Le stratigrafie dei pozzi per acqua esistenti in zona evidenziano l'esistenza di una successione di terreni ghiaioso – sabbiosi, permeabili con ruolo di *acquiferi*, interstratificati con livelli limoso-argillosi, a minore permeabilità, con ruolo di *acquitardi* (strati semipermeabili) o *acquicludi* (strati impermeabili). L'acquifero ha una potenza variabile da poche decine di metri, lungo il settore occidentale del Tavoliere; ad oltre 100 m, nel settore centrale e orientale, ed è delimitato inferiormente da un substrato impermeabile, rappresentato dalle argille grigio-azzurre (Argille subappennine). Procedendo dall'entroterra verso la costa, la quota del tetto del substrato impermeabile decresce gradualmente; nelle immediate vicinanze della linea di costa scende al di sotto del livello del mare.

L'acqua può rinvenirsi in condizioni di falda libera, nei livelli idrici più superficiali, e solitamente in pressione, con locale carattere di artesianità, in quelli più profondi.

I diversi livelli idrici sono comunque idraulicamente interconnessi e, in condizioni di flusso indisturbato, le quote piezometriche risultano coincidenti sia nei pozzi poco profondi, a scavo, che intercettano i soli livelli idrici superficiali, che nei pozzi perforati, profondi diverse decine di metri, attestati nei livelli acquiferi sottostanti.

Le diverse falde possono essere dunque ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea perché il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti determina l'esistenza di soluzioni di continuità tra i depositi permeabili e i depositi relativamente meno permeabili. A ciò bisogna aggiungere gli scambi di acqua in senso verticale dovuti al fenomeno di drenanza, attraverso strati semipermeabili (*acquitardi*). A tale sistema acquifero, nel suo complesso, si dà il nome di "*falda superficiale del Tavoliere*". Trattandosi di un acquifero costituito da una successione di terreni di diversa granulometria e spessore, la trasmissività idraulica varia da zona a zona; la situazione più favorevole, per permeabilità e/o spessore dei terreni acquiferi, si riscontra in corrispondenza dell'area intorno a Foggia.

Le acque sotterranee defluiscono dalle aree più interne, in corrispondenza delle quali possiedono carichi idraulici di circa 200 m, verso il mare, con una cadente piezometrica mediamente pari a 0,6% e che a luoghi raggiunge valori massimi di 1,5%.

L'andamento delle isopieze, ricostruite sulla base di recenti studi, mostra una generale corrispondenza con la topografia: le quote piezometriche, infatti, tendono a diminuire procedendo da SO verso NE consentendo di definire una direttrice di deflusso preferenziale in tal senso (MAGGIORE et al., 2005 b) come evidenziato dalla seguente Fig. 10.

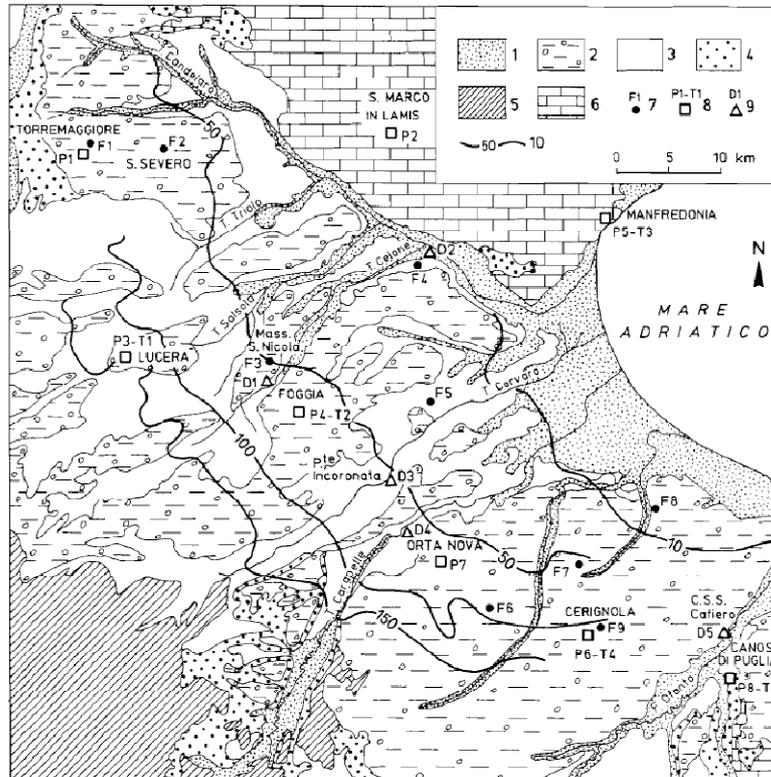


Fig. 10 – Carta geologica schematica del Tavoliere con indicazione delle piezometriche

La falda è alimentata dalle precipitazioni che ricadono in tutta l'area del Tavoliere. Trattandosi di un'area costituita in affioramento da litotipi per lo più permeabili, l'infiltrazione delle acque meteoriche è diffusa su tutto il territorio, ma le caratteristiche climatiche dell'area determinano rilevanti perdite per evapotraspirazione. L'aliquota che si infila non è quindi molto elevata (De Girolamo et al., 2002; Maggiore e Pagliarulo, 2003b). Non trascurabile comunque è l'alimentazione della falda da parte dei corsi d'acqua che attraversano la piana.

Dal punto di vista compositivo, le acque della falda superficiale ricadono principalmente nel campo delle acque bicarbonato-alcaline terrose, in corrispondenza delle aree più interne e delle acque clorurato-alcaline, nelle zone non distanti dalla costa, dove si risente l'influenza dell'ingressione marina.

7.2.2. Acquifero poroso profondo

Questo acquifero, che si rinviene al di sotto della falda superficiale (acquifero poroso profondo), è costituita dagli interstrati di sabbie limose, e subordinatamente di ghiaie, presenti nella successione argillosa plio-pleistocenica sulla quale poggiano i depositi di copertura. I livelli acquiferi che essa ospita, localizzati a profondità variabili tra i 150 e i 500 m sotto il l.m., sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare il cui spessore non supera le poche decine di metri. Nelle lenti più profonde, si rinvencono acque connate, associate a idrocarburi, che si caratterizzano per i valori piuttosto elevati della temperatura, legati alla profondità di rinvenimento, e per la ricorrente presenza di H₂S (MAGGIORE *et al.*, 1996). La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità. La produttività dei livelli idrici, pur essendo variabile da luogo a luogo, risulta sempre molto bassa e, generalmente, tende a diminuire rapidamente, essendo il tasso di rinnovamento di questi livelli acquiferi praticamente nullo (COTECCHIA *et al.*, 1995). Pur con una notevole variabilità composizionale, le acque circolanti in questo acquifero si caratterizzano per i bassi valori di salinità e durezza e per la prevalenza dello ione sodio con elevati rapporti Na/Cl e Na/Ca. Nel complesso possono definirsi come acque bicarbonato-sodiche (MAGGIORE *et al.*, 1996).

Le quote piezometriche rilevate variano, procedendo da SSO verso NNE, da valori anche superiori ai 200 m s.l.m. sino a valori dell'ordine di una decina di metri.

7.2.3. Acquifero fessurato-carsico profondo

L'unità acquifera più profonda (acquifero fessurato-carsico) è situata in corrispondenza del substrato calcareo-dolomitico della Piattaforma Apula, di età mesozoica, costituito in sostanza dalle stesse rocce che affiorano sulle Murge e sul Gargano (MAGGIORE & PAGLIARULO, 2003). Procedendo da NE verso SO, il substrato, dislocato e ribassato a gradinata da sistemi di faglie dirette, soggiace alla successione argillosa plio-pleistocenica raggiungendo, in corrispondenza dell'abitato di Foggia, la profondità di quasi 600 m. Le masse carbonatiche, permeabili per fratturazione e carsismo, ospitano estese falde idriche alimentate da quelle contenute nelle porzioni più superficiali e in quelle affioranti con le quali, per quanto riguarda la circolazione di fondo, possono ritenersi in connessione idraulica (COTECCHIA & MAGRI, 1966; MAGGIORE & PAGLIARULO, 2004). L'interesse, nell'area in esame, per questo acquifero, data la profondità di rinvenimento, è praticamente nullo. Infatti, il contenuto salino delle acque aumenta notevolmente con la profondità del substrato, passando da

valori tipici di acque di origine meteorica a valori caratteristici di acque connate (MAGGIORE et al., 1996; MAGGIORE et al, 2005 a). Dal punto di vista composizionale, le acque di questo acquifero ricadono nel campo delle acque clorurato-solfato alcaline (MAGGIORE et al., 1996).

7.3. Falde idriche

Dalla consultazione dei dati di alcuni pozzi presenti in zona (Fig. 11 e 12) e censiti nell'archivio nazionale delle indagini del sottosuolo ex Lege 464/1984, si sono desunte informazioni sia sulla stratigrafia locale che sulla posizione della falda idrica superficiale: dai dati di seguito riportati si evince come l'acquifero superficiale sia "dislocato" su vari livelli, a luoghi interconnessi tra loro. Il livello statico è mediamente attestato a circa 25÷30m dal p.c. Sono anche possibili piccoli rinvenimenti idrici a quote molto più superficiali (4÷5m dal p.c.).

Lo spessore della falda superficiale, quindi, può variare da 2 a 30 metri in funzione delle caratteristiche geometriche del materasso acquifero. Anche la produttività della stessa è molto variabile arealmente in funzione delle caratteristiche di permeabilità degli orizzonti acquiferi.

Nel suo complesso, essa, risulta soggetta a forti escursioni stagionali del livello piezometrico, essenzialmente correlate alla distribuzione temporale dei periodi piovosi. Inoltre, per effetto di tali escursioni, nonché per le variazioni areali della morfologia del substrato impermeabile e per i complessi rapporti di interazione con i corsi d'acqua superficiali, anche l'andamento generale della superficie piezometrica della falda e le direzioni di deflusso della stessa risultano estremamente variabili sia temporalmente che spazialmente.

 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
<p> Codice: 203367 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGIA Comune: MANFREDONIA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 50,00 Quota pc slm (m): 35,00 Anno realizzazione: 1995 Numero diametri: 1 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 4,000 Portata esercizio (l/s): 1,000 Numero falde: 1 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 1 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 6 Longitudine WGS84 (dd): 15,752261 Latitudine WGS84 (dd): 41,410950 Longitudine WGS84 (dms): 15° 45' 08.14" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 24' 39.42" N </p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	50,00	50,00	500	
FALDE ACQUIFERE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)		
1	25,00	28,00	3,00		
POSIZIONE FILTRI					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	26,00	50,00	24,00	300	
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
dic/1995	28,00	32,07	4,07	1,750	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	2,00	2,00	OLOCENE	TERRENO VEGETALE E DINAT. LIMOSA
2	2,00	4,00	2,00	OLOCENE	SABBIE FINI E LIMI DI COLORE GIALLASTRO INCROSTATI
3	4,00	18,00	14,00	PLEISTOCENE	ALTERNANZA DI SOTTILI LIVELLI SABBIOSI, GHIAIOSI E LIMOSI DI COLORE GIALLASTRO
4	18,00	24,00	6,00	PLEISTOCENE	LIMI E ARGILLE GIALLASTRE
5	24,00	28,00	4,00	PLEISTOCENE	GHIAIA CON SABBIA GIALLASTRA
6	28,00	50,00	22,00	PLIOCENE - CALABRIANO	ARGILLE E LIMI DI COLORE GRIGIO

Fig. 11 – scheda della stratigrafia di un pozzo presente a circa 2000 metri dall'area di studio

 		Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale			
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)					
Dati generali		Ubicazione indicativa dell'area d'indagine			
<p> Codice: 203264 Regione: PUGLIA Provincia: FOGGLIA Comune: MANFREDONIA Tipologia: PERFORAZIONE Opera: POZZO PER ACQUA Profondità (m): 399,00 Quota pc slm (m): 28,00 Anno realizzazione: 1992 Numero diametri: 2 Presenza acqua: SI Portata massima (l/s): 8,000 Portata esercizio (l/s): ND Numero falde: 0 Numero filtri: 1 Numero piezometrie: 3 Stratigrafia: SI Certificazione(*): SI Numero strati: 5 Longitudine WGS84 (dd): 15,738919 Latitudine WGS84 (dd): 41,442889 Longitudine WGS84 (dms): 15° 44' 20.11" E Latitudine WGS84 (dms): 41° 26' 34.40" N </p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>					
DIAMETRI PERFORAZIONE					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	0,00	75,00	75,00	450	
2	75,00	399,00	324,00	375	
POSIZIONE FILTRI					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)	
1	311,00	365,00	54,00	304	
MISURE PIEZOMETRICHE					
Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)	
ago/1992	4,00	55,00	51,00	4,300	
ago/1992	4,00	81,00	77,00	5,700	
ago/1992	4,00	121,00	117,00	8,000	
STRATIGRAFIA					
Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	26,00	26,00		ARGILLA COLOR NOCCIOLA CON CALCARE POCO CEMENTATO
2	26,00	108,00	82,00		ARGILLA COLOR BLUAстра
3	108,00	228,00	120,00		ARGILLA E CIOTTOLI
4	228,00	315,00	87,00		ARGILLA COLOR BLUAстра
5	315,00	399,00	84,00		ARGILLA COLOR BLUAстра CON TRACCE DI SABBIA

Fig. 12 – scheda della stratigrafia di un pozzo presente a circa 1500 metri dall'area di studio

8. QUADRO CLIMATICO GENERALE

L'area di studio, come noto, è localizzata nel Tavoliere di Puglia. Il clima del Tavoliere è di tipo continentale, caratterizzato da forti escursioni termiche; estati torride si contrappongono ad inverni più o meno rigidi, tuttavia la temperatura media annua si aggira sui 16 °C. Le piogge, scarse, si attestano intorno ai 600 mm e interessano soprattutto il periodo che va da settembre a febbraio; nel periodo estivo invece non sono rari fenomeni di siccità.

Dal punto di vista statistico il mese più freddo è quello di gennaio con temperature comprese tra i 4 e gli 11 gradi, il più caldo invece è quello di agosto con temperature che oscillano tra i 19 ed i 31 gradi; qualche volta d'inverno la temperatura scende sotto zero.

La sua posizione geografica rende il Tavoliere particolarmente esposto al maestrale, incanalato dal Gargano e dal Subappennino Dauno, che trasforma la pianura in una sorta di corridoio. Hanno rilevanza solo locale il favonio (vento caldo e sciroccale) e la bora.

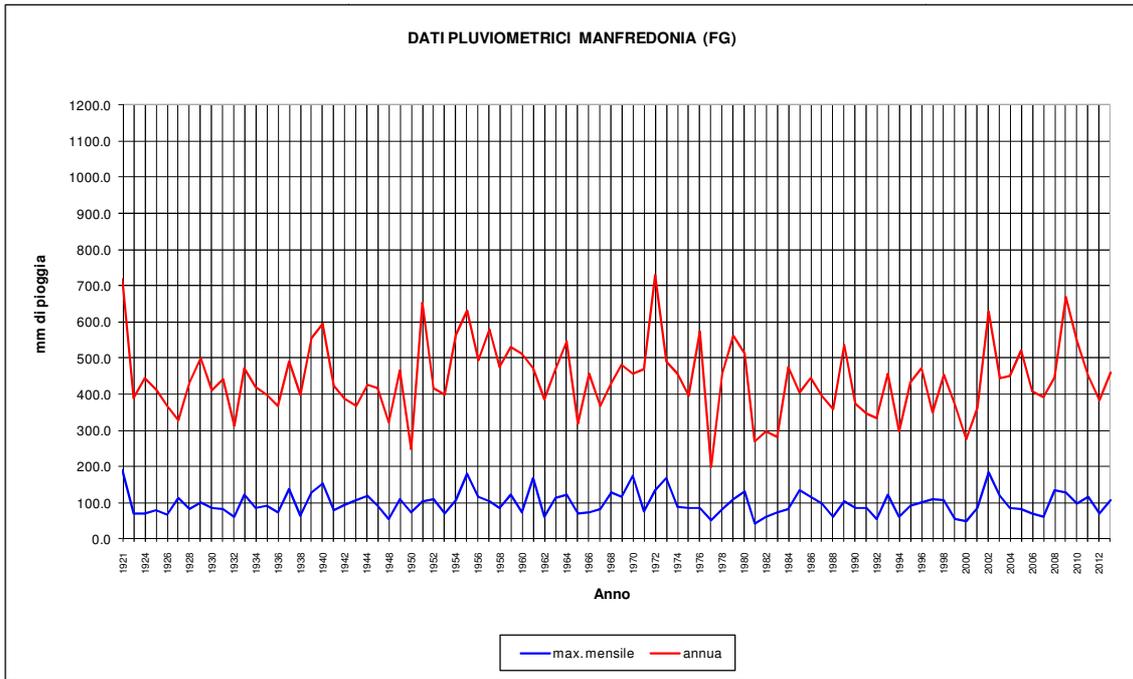
8.2. Caratteristiche meteo climatiche locali

La caratterizzazione meteo climatica della zona di Manfredonia (FG) è stata eseguita sulla base dell'analisi statistica dei dati relativi a:

- precipitazioni;
- temperature;
- radiazione solare media stagionale;
- temperature medie stagionali;
- evaporazione.

8.2.1. Precipitazioni

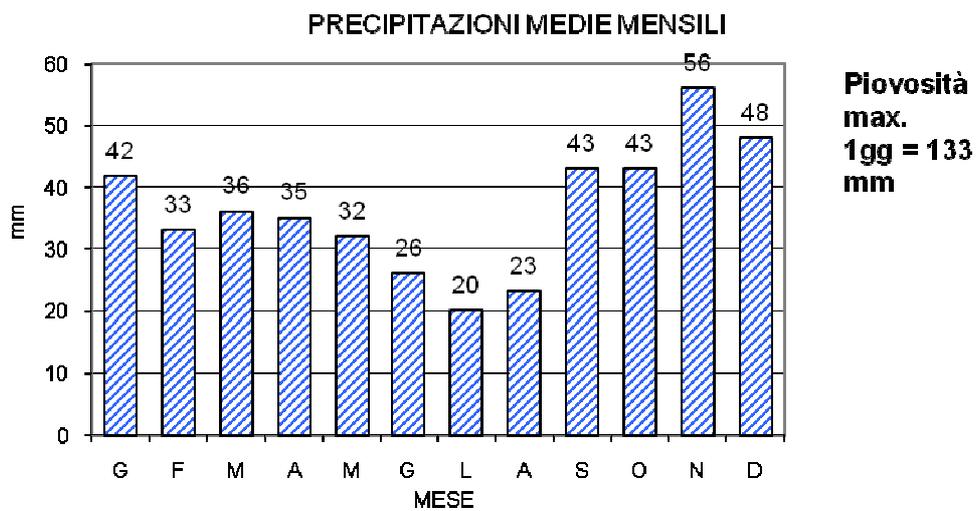
Per quanto riguarda la piovosità i dati disponibili, che fanno riferimento agli annali idrologici del Min. LL.PP., si riferiscono al periodo 1921-2012 relativamente alla stazione pluviometrica di Manfredonia (lat. 41° 34' 59,21'', long. 15° 52' 48,75'').



In questo periodo di osservazione le precipitazioni annue risultano comprese tra un massimo di 730 mm nel 1972 ed un minimo di 200 mm nel 1978. Nello stesso arco temporale, il massimo di precipitazione mensile si è avuto nel 1921 con 191 mm ed il minimo nel 1981 con 42 mm di pioggia.

La piovosità annuale media è di 442 mm/anno di cui 104 mm in primavera, 65 mm in estate, 146 mm in autunno e 127 mm in inverno.

Le precipitazioni medie mensili sono rappresentate nell'istogramma seguente:



La lettura del diagramma stellare di seguito riportato evidenzia che il ciclo, sufficientemente armonico nel corso dei mesi invernali, si mostra tozzo ed inflesso nel periodo estivo (maggio/agosto).

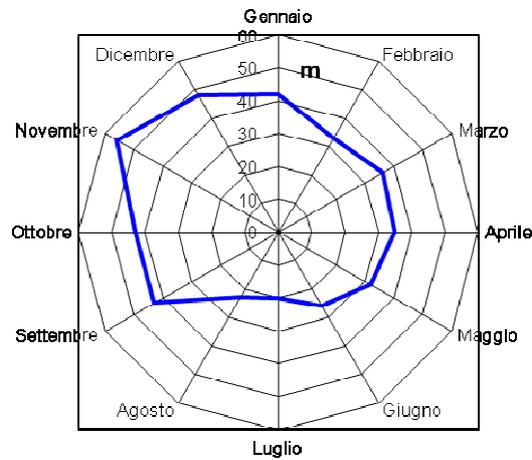
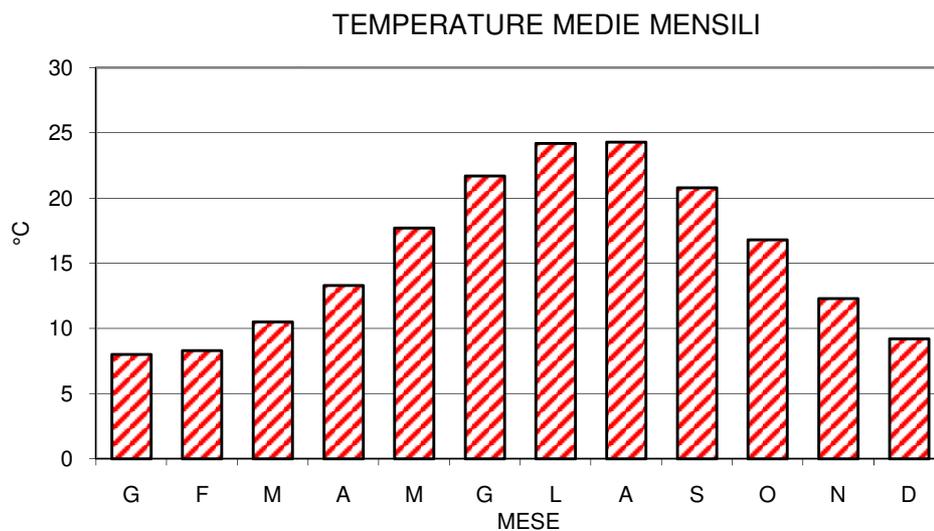


Fig. 13 - Precipitazioni medie mensili in mm.

Dalla lettura dei grafici precedenti si evince che il periodo di maggior siccità va da maggio ad agosto.

8.2.2. Temperature

I dati delle temperature sono stati mediati, mese per mese, nell'arco di oltre un cinquantennio (1956-2005) di osservazioni. La temperatura media annuale è di 15,5 °C; le temperature medie mensili variano da 8,0 °C di gennaio, il mese più freddo, a 24,3 °C di agosto, il mese più caldo.



La lettura del diagramma stellare di Fig. 14 evidenzia la forte asimmetria, nella distribuzione delle temperature, a vantaggio dei mesi estivi.

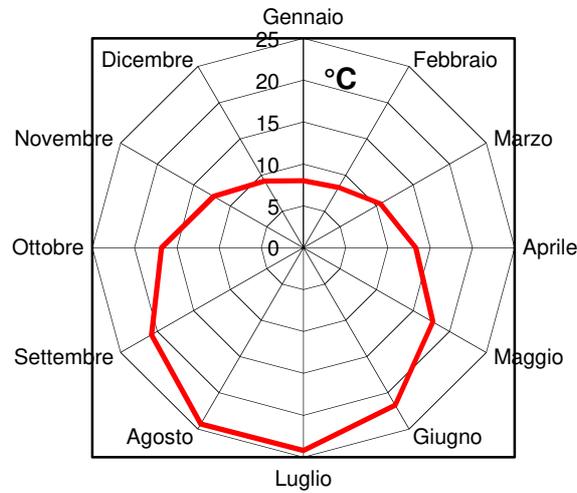


Fig. 14 - Temperature medie mensili in °C.

8.2.3. Umidità media stagionale - Radiazione solare media stagionale

	Umidità media stagionale (in %)	Radiazione solare media stagionale
Inverno	79%	3h 55'
Primavera	78%	7h 45'
Estate	74%	9h 20'
Autunno	80%	4h 00'

9. USO DEL SUOLO, CARATTERI PEDOLOGICI DELL'AREA, VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO

9.1. Carta di uso del suolo

L'analisi della carta di uso del suolo della Regione Puglia evidenzia la presenza, in area di intervento, di un uso del suolo esclusivamente agricolo con seminativi semplici in aree irrigue.



Fig. 15 – Stralcio della Carta di uso del Suolo (Regione Puglia, 2011)

9.2. Caratteri pedologici dell'area

9.2.1. Caratterizzazione pedologica generale

Per la caratterizzazione pedologica della Regione Puglia è stata consultata "La banca dati delle Regioni Pedologiche d'Italia" redatta dal Cncp - Centro Nazionale Cartografia Pedologica, che fornisce un primo livello informativo della Carta dei Suoli d'Italia e, allo stesso tempo, uno strumento per la correlazione dei suoli a livello continentale (Fig. 16). Le Regioni Pedologiche sono state definite in accordo con il "Database georeferenziato dei suoli europei, manuale delle procedure versione 1.1"; queste sono delimitazioni geografiche caratterizzate da un clima tipico e specifiche associazioni di materiale parentale. Relazionare la descrizione dei principali processi di degrado del suolo alle regioni pedologiche invece che alle unità amministrative,

permette di considerare le specificità locali, evitando al contempo inutili ridondanze. La banca dati delle regioni pedologiche è stata integrata con i dati del Corine Land Cover e della Banca dati Nazionale dei Suoli per evidenziare le caratteristiche specifiche dei suoli. La Regione Puglia ricade nelle regioni pedologiche 62.1 Piane di Metaponto, Taranto e Brindisi, 72.2 Versanti della Murgia e Salento e 72.3 Versanti del Gargano. L'area di nostro interesse ricade nella regione pedologica 62.1.

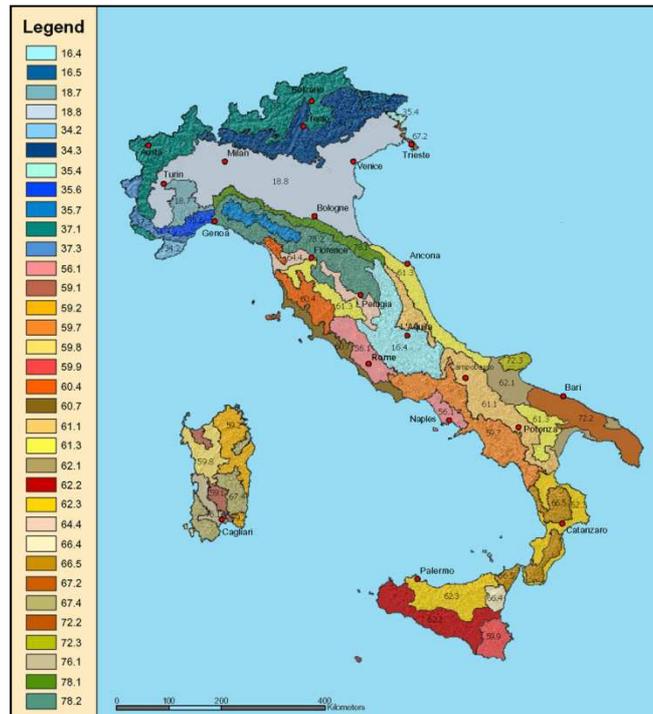


Fig. 16 – Regioni pedologiche d'Italia

9.2.2. Inquadramento pedologico della regione pedologica 62.1

L'area di nostro interesse ricade nella **regione pedologica 62.1** che interessa il Tavoliere, le piane di Metaponto, del tarantino e del brindisino.

Tale regione pedologica presenta le seguenti caratteristiche:

- Clima: mediterraneo subtropicale, media annua delle temperature medie medie: 12-17°C; media annua delle precipitazioni totali: 400-800 mm; mesi più piovosi: ottobre e novembre; mesi siccitosi: da maggio a settembre; mesi con temperature medie al di sotto dello zero: nessuno.
- Pedoclima: regime idrico e termico dei suoli: xerico e xerico secco, termico.
- Geologia principale: depositi alluvionali e marini prevalentemente argillosi e franchi del Quaternario, con travertini.
- Morfologia e intervallo di quota prevalenti: pianeggiante, da 0 a 200 m s.l.m.

- Suoli principali: suoli con proprietà vertiche e riorganizzazione dei carbonati (Calcic Vertisols; Vertic, Calcic e Gleyic Cambisols; Chromic e Calcic Luvisols; Haplic Calcisols); suoli alluvionali (Eutric Fluvisols).
- Capacità d'uso più rappresentative e limitazioni principali: suoli di 1^a, 2^a e 3^a classe, con limitazioni per tessitura eccessivamente argillosa, pietrosità, aridità e salinità.
- Processi degradativi più frequenti: regione a forte competizione tra usi diversi e per l'uso della risorsa idrica; localizzati i fenomeni di degradazione delle qualità fisiche e chimiche dei suoli causati dall'uso irriguo di acque salmastre, generalizzato lo scarso contenuto in sostanza organica nei suoli agrari.

9.2.3. Unità Tassonomica di riferimento (Progetto ACLA 2)

Il progetto ACLA 2 ha riguardato la caratterizzazione agroecologica del territorio della regione Puglia in funzione della potenzialità produttiva: attraverso l'uso di modelli matematici e l'analisi dei principali fattori ambientali che regolano la produttività stessa (clima, suolo, esigenze idriche delle singole colture) sono state identificate le aree a medesima capacità produttiva per singole colture.

I suoli sono stati classificati secondo due sistemi tassonomici: la *Soil Taxonomy* (USDA 1998) e il *World Reference Base for Soil Resources* (FAO-ISSDS 1999). La prima consente, al livello tassonomico adottato che è quello della famiglia, di esplicitare sufficientemente le differenze esistenti tra i suoli rilevati, anche in termini applicativi. Il sistema FAO-ISSDS, sebbene di introduzione molto recente e in parte ancora sperimentale, rappresenta un'ulteriore possibilità di effettuare correlazioni a livello sovranazionale.

Nella scheda successiva è riportato l'inquadramento tassonomico delle unità tipologiche e delle relative fasi dei suoli localmente presenti in zona di intervento secondo la *Soil Taxonomy* (1998).

SUOLI COSEME

Unità tipologica di suolo: Coseme (COS)

Caratteri identificativi della serie: suoli molto profondi, calcarei. Presentano colori scuri, tessiture fini e slickensides. I carbonati secondari sono sotto forma di concrezioni soffici e dure, talvolta le soffici in forma pseudomicelica; il drenaggio è mediocre. Rappresentano la fase più evoluta dei suoli PAR in cui si è avuto un processo di ridistribuzione dei carbonati con la formazione di un orizzonte calcico.

Substrato geolitologico: depositi alluvionali recenti (Olocene)

Distribuzione geografica: i suoli COS sono presenti sui terrazzi alluvionali recenti del Basso e Alto Tavoliere

Classificazione Soil Taxonomy (1998): Typic Calcixererts, fine, mixed, thermic

Classificazione WRB (1998): Endocalcic Vertisols

Pedon Tipico: P0098 (ACLA2)

N° FOGLIO 1:50.000	408
LOCALITÀ	Sementificio Coseme
SISTEMA GEOMORFOLOGICO	Superficie di raccordo
PIETROSITÀ	0% d>25 cm; 0% 7,5 cm < d <25 cm; 0% d<7,5 cm
USO DEL SUOLO	Vivai e semenzai
DRENAGGIO	Buono
LIMITI ALLA RADICAZIONE	Nessuno
FALDA	Assente

Ap da 0 cm a 35 cm; umido; colore matrice 10YR 3/1; franco argilloso, friabile, molto adesivo, debolmente plastico; molto calcareo; pori comuni fini; radici molte molto fini; limite inferiore chiaro lineare;

Bss da 35 cm a 80 cm; umido; colore matrice 10YR 3/2; franco argilloso, friabile, molto adesivo, debolmente plastico; molto calcareo; pori comuni fini; radici poche fini; limite inferiore graduale lineare;

Bk da 80 cm a 130 cm; umido; colore matrice 2,5Y 5/3; screziature principali 2,5Y 3/2, comuni, piccole; franco argilloso, friabile, adesivo, plastico; molto calcareo; pori comuni fini; comuni concrezioni soffici di carbonato di Calcio principali, piccole; facce di pressione poche; limite inferiore graduale lineare;

Ck1 da 130 cm a 160 cm; umido; colore matrice 2,5Y 4/4; argilloso, friabile, adesivo, molto plastico; molto calcareo; pori comuni fini; comuni concrezioni soffici di carbonato di Calcio principali, molto piccole; facce di pressione comuni; limite inferiore chiaro lineare;

Ck2 da 160 cm a 200 cm; umido; colore matrice 2,5Y 5/4; franco argilloso, molto friabile; molto calcareo; pori comuni fini; comuni concrezioni di carbonato di Calcio principali, piccole; facce di pressione poche; limite inferiore sconosciuto;

Disponibilità di ossigeno: moderata

Orizzonti genetici: Ap-Bss-(Bkss)-Ck

Orizzonti diagnostici: epipedon mollico, orizzonte calcico.

Caratteri di variabilità degli orizzonti genetici:

- gli orizzonti **Ap** hanno spessore variabile da 30 a 55 cm. Colore Hue 2.5 Y e 10YR, Value 3 e chroma da 1 a 3, in circa il 30 % dei casi non vengono rispettati i parametri per l'assegnazione dell'orizzonte mollico benché i colori umidi permangano scuri (2.5 Y e 10 YR 4/2), le classi tessiturali rappresentate sono FA, FLA, A; reazione all'HCl da forte a violenta, solo occasionalmente è risultata essere debole.

- gli orizzonti **Bss** hanno profondità variabili da 30 a 140 cm, colore hue 2.5 Y e 10 YR, value 4-5 e chroma 2,3 e 4; le classi tessiturali sono FA, FAL, AL, A; la reazione all'HCl è violenta . In questi orizzonti possono essere presenti concrezioni dure di carbonati di Calcio ma in percentuali generalmente inferiori al 5-6 %; comuni facce di pressione e scorrimento.
- gli orizzonti **Ck** possono mostrare o meno le slickensides. hanno profondità variabile da 80-200 cm. Colore Hue 2.5 Y e 10 YR, value 4-6, chroma 2-4. Le classi tessiturali sono FA, FLA, AL, A, la reazione all'HCl è violenta, le percentuali di carbonati secondari sotto forma di concrezioni sia soffici che dure sono del 10-30%. Talvolta gli accumuli di carbonati secondari si presentano sotto forma di concrezioni soffici pseudomiceliche.

UTS concorrenti: i suoli PAR non hanno subito il processo di redistribuzione dei carbonati, oppure tale processo non ha dato origine ad un orizzonte calcico.

I suoli LAT si differenziano per un drenaggio peggiore e per l'assenza di carbonati secondari oppure per l'assenza di orizzonte calcico.

UTS proposta da: Ezio Rusco e Riccardo Giandrini

Grado di fiducia dell'UTS: iniziale

Elenco delle fasi riconducibili all'UTS:

COS1: COSEME argillosi, molto profondi (profondi)

Profili riconducibili alla tipologia:

COS1: P0110; P0093; P0089; P0077; P0076; P0065; P0186; P0105; P0098; P0053; P0133; P0052; P0050; P0009 (ACLA2)

9.3. Vulnerabilità dell'acquifero

L'area di studio si trova nel distretto omogeneo denominato (vd. PTCP Provincia di Foggia) "Tavoliere centrale". Con questo termine si comprende il territorio di forma ovale compreso fra San Severo e Cerignola. Oltre alle caratteristiche comuni con la zona periferica, semmai qui ancora più impattanti (maggiore densità abitativa, insediamenti industriali rilevanti, intensa attività agricola, ecc.), va preso in considerazione un altro fenomeno.

A causa dell'elevatissimo numero di pozzi per acqua, autorizzati e non, stimati per difetto in 25.000 nel solo Tavoliere ed in 40.000 nell'intera provincia, da tempo si manifesta un preoccupante fenomeno le cui ricadute sulla vulnerabilità della falda idrica non sono ancora ben chiare.

Si tratta della subsidenza di vaste aree, in parte non comprese in questa unità territoriale: zona del Santuario dell'Incoronata a Sud di Foggia, zona del Castello di Lucera, numerose zone presso Cerignola e nei pressi di Candela e di Ascoli Satriano. Il

cedimento del terreno è legato sia all'emungimento di acque che all'estrazione di gas dal sottosuolo.

Tutto ciò non può che sconvolgere la geometria e le altre caratteristiche dei livelli idrici del sottosuolo.

Classe di rischio **E3 - elevata**

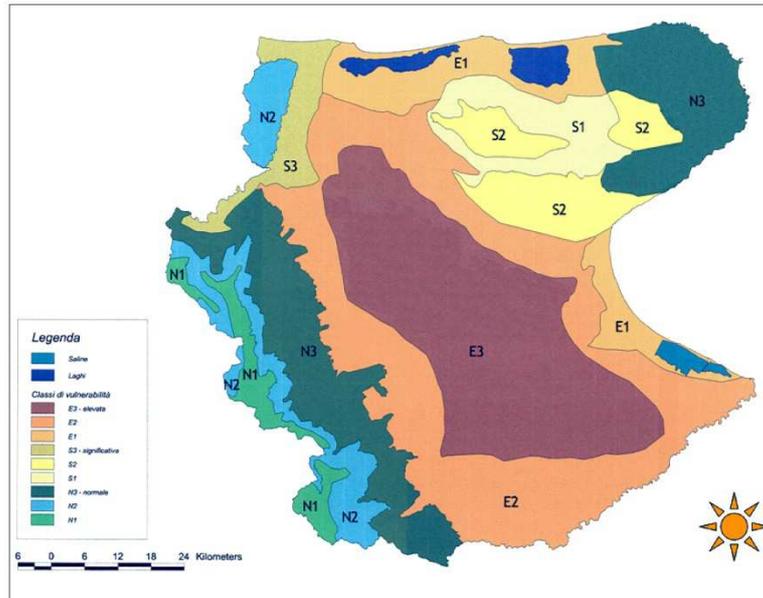


Fig. 17 – Carta di vulnerabilità della falda per distretti omogenei. (Estratto dal PTCP della Provincia di Foggia)

10. INDAGINI IN SITU E DI RIFERIMENTO

10.1. Premessa

Nel presente paragrafo saranno descritte tutte le indagini (dirette ed indirette) reperite da progetti pubblici e/o privati eseguite in zone molto prospicienti l'area di studio e che si utilizzeranno per la definizione del modello litostratigrafico e sismico locale. A tale mole di dati si aggiungono le indagini sismiche eseguite in campagna in data 26/11/2019 che contribuiranno a migliorare e ad ottimizzare l'attuale quadro delle conoscenze.

In particolare sono stati consultati progetti, con procedura di VIA in corso o terminata, pubblicati sul Portale del Ministero dell'Ambiente o sul Portale Ambientale della Regione Puglia. I progetti consultati sono relativi ad impianti eolici e/o fotovoltaici.

10.2. Stratigrafia locale

Tra gli studi geologici consultati per la realizzazione di un parco eolico in Località "Macchia Rotonda", ce n'è uno in cui sono stati eseguiti n. 5 carotaggi geognostici da cui si rileva la generale litostratigrafia locale costituita da:

da 0.00 a 1.00 m terreno organico e/o di riporto;

da 1.00 a 9.00 m limo con argilla con presenza di livelletti limoso-sabbiosi;

da 9.00 a 20.00 m ghiaia poligenica eterometrica in matrice limo-sabbiosa.

10.3. Standard Penetration Test (SPT)

Durante l'esecuzione dei sondaggi dello studio di riferimento, sono state eseguite alcune prove SPT (Standard Penetration Test). Le prove S.P.T. hanno dato valori non superiori ai 7 colpi per 30 cm di approfondimento; al massimo 16 laddove erano presenti le intercalazioni sabbiose nella parte basale dell'unità limosa.

Utilizzando, pertanto, tale dato (7 colpi per 30cm di approfondimento), è stato possibile caratterizzare il primo strato più superficiale (2÷3m dal p.c.) di depositi limosi con argillose.

Per l'elaborazione dei dati della prova SPT si è fatto uso di un software specifico (Dynamic Probing della Geostru software). Di seguito i risultati dell'elaborazione.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: PROVE SPT IN FORO

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5Kg
Altezza di caduta libera	0,76m
Peso sistema di battuta	4,2Kg
Diametro punta conica	50,46mm
Area di base punta	20cm ²
Lunghezza delle aste	1m
Peso aste a metro	7Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80m
Avanzamento punta	0,30 m
Numero colpi per punta	N(30)
Coeff. Correlazione	0,997
Rivestimento/fanghi	No

PROVA ...S1P1

Strumento utilizzato... PROVE SPT IN FORO
 Prova eseguita in data 19/09/2009
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi
3,15	2
3,30	3
3,45	4

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
Limo con argilla	7	0.00-3.45	Terzaghi-Peck	42.95

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
Limo con argilla	7	0.00-3.45	Stroud e Butler (1975)	3.15

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Limo con argilla	7	0.00-3.45	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m ³)
Limo con argilla	7	0.00-3.45	Meyerhof	18.24

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)
Limo con argilla	7	0.00-3.45	Meyerhof	18.63

10.4. Profili sismici a rifrazione

L'indagine sismica a rifrazione è consistita nell'esecuzione di n. 2 profili sismici con onde longitudinali (onde P).

I profili sismici hanno lunghezza di 48 metri e sono stati eseguiti con 24 geofoni distanziati tra loro di 2,0 metri.

L'**analisi della sezione sismostratigrafica** riportata nel Report delle indagini Geofisiche eseguite (allegato interno alla presente), mostra la presenza di un tre sismostrati:

- **Il primo sismostrato** (con una profondità compresa tra 2,7 e 2,9 mt dal p.c.) ha velocità Vp compresa tra 390-400 m/s e Vs compresa tra 94-105 m/s;
- **Il secondo sismostrato** (con una profondità compresa tra 8,7 e 9,0 mt dal p.c.) ha velocità Vp compresa tra 760-810 m/s e Vs compresa tra 258-273 m/s;
- **Il substrato rifratore** ha velocità Vp compresa tra 1420-1440 m/s e Vs compresa tra 393-400 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche, ricordando che un sismostrato non corrisponde necessariamente ad uno strato litologicamente omogeneo, si può ritenere che:

- *Il primo sismostrato è associabile a terreno agrario sabbioso-limoso;*
- *Il secondo sismostrato è associabile a limo sabbioso-argilloso;*
- *Il substrato rifratore è associabile a ghiaia in matrice limo-sabbiosa.*

10.5. Indagine sismica MASW

Per la definizione delle **caratteristiche sismiche** del **terreno oggetto del nostro studio** (profilo stratigrafico secondo le categorie previste dalle NTC2018) si è eseguita una prova sismica MASW, condotta con la metodologia passiva (tecnica Re.Mi.).

La metodologia Re.Mi. è una MASW con tecnica "passiva" in quanto si basa sulla registrazione del rumore sismico indotto dalle attività antropiche (traffico, fabbriche ecc.). E' adatta in ambienti fortemente antropizzati e consente elevate profondità di indagine, anche in presenza di terreni con bassa velocità delle onde di taglio (Vs), per la capacità di campionare basse frequenze.

Nel progetto in esame le indagini geofisiche sono state eseguite in collaborazione con la società Pro Geo s.a.s., società operante da tempo nel settore della geofisica applicata. Per quanto attiene alla descrizione metodologica delle tecniche di

prospezione sismica utilizzate e alla lettura di tutti gli elaborati grafici ottenuti **si rimanda al Report geofisico allegato, parte integrante del presente studio.**

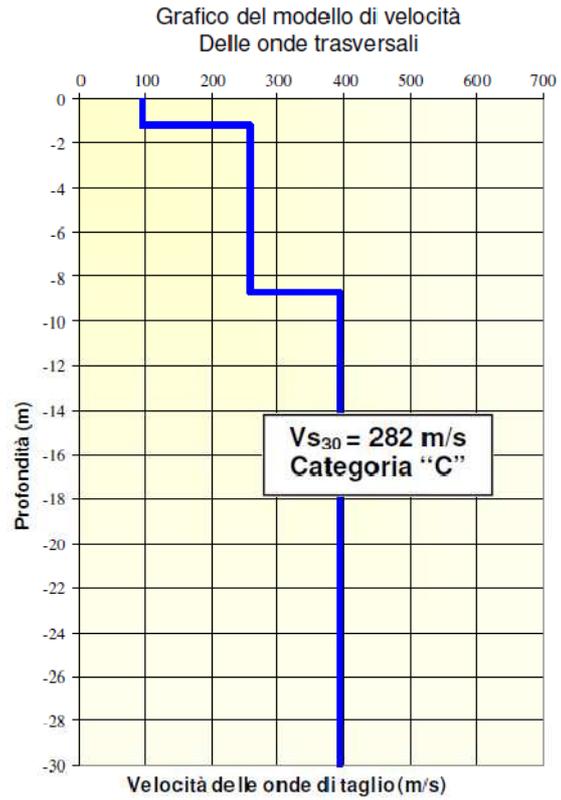
L'ubicazione degli stendimenti sismici è visualizzato negli allegati.

La prova Re.Mi. (*Refraction Microtremor*) è una prova sismica di recente introduzione nel campo delle indagini geofisiche che consente di valutare la velocità delle onde di taglio Vs con la profondità mediante la registrazione del rumore di fondo ambientale con uno stendimento sismico normalmente utilizzato per la sismica a rifrazione. La metodologia d'indagine più applicata per la determinazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio Vs, è stata proposta e sperimentata da *J.N.Louie del Seismological Laboratory and Dept. of Geological Sciences dell'Università del Nevada*, ed è basata su due aspetti fondamentali:

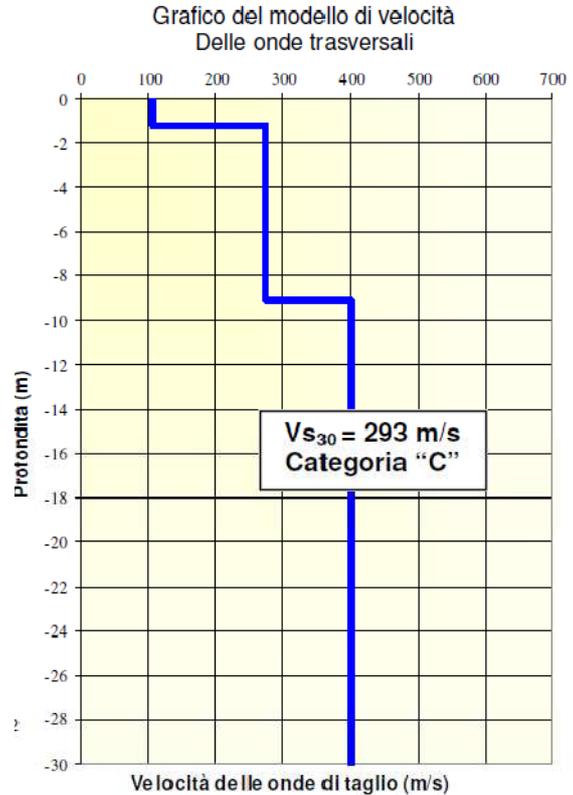
- uno pratico, rappresentato dal fatto che alcuni sistemi di acquisizione di sismica a rifrazione (con dinamica a 24bit) sono in grado di registrare onde di superficie con frequenze fino a 2 Hz per intervalli di tempo sufficientemente lunghi (30 sec);
- uno teorico, sulla base del quale una semplice trasformata bidimensionale (p-f) slowness-frequency della registrazione di un rumore di fondo (microtremor) è in grado di separare le onde di Rayleigh (onde di superficie) da altri tipi di onde che compongono il sismogramma, rendendo possibile il riconoscimento delle vere velocità di fase dalle velocità apparenti.

I modelli di Vs-profondità, ottenuti mediante l'analisi MASW sono schematizzati di seguito:

Masw 1	
Profondità (mt)	Vs (m/s)
0.0÷2.7	94
2.7÷8.7	258
8.7÷30.0	393



Masw 2	
Profondità (mt)	Vs (m/s)
0.0÷2.9	105
2.9÷9.0	273
9.0÷30.0	400



Pertanto il sito in esame rientra nella **categoria di sottosuolo C** con i seguenti valori:

- **MASW 1 – VS₃₀= 282 m/s**
- **MASW 2 – VS₃₀= 293 m/s**

10.6. Parametri dinamici del sottosuolo

Combinando l'informazione derivante dall'analisi della sismica a rifrazione con quella scaturita dall'analisi delle onde superficiali con il metodo MASW è stato possibile effettuare una caratterizzazione dinamica dei terreni investigati ottenendo i parametri riportati nella tabella sottostante.

I parametri dinamici sono stati calcolati considerando per il primo sismostrato una densità pari a 1,8 t/m³, per il secondo una densità pari a 1,9 t/m³ e per il terzo una densità pari a 2,0 t/m³.

Di seguito i parametri calcolati.

	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson (σ)	Modulo di Young (E _{din})	Modulo di taglio (G _{din})	Modulo di incompressibilità (K)
Terreno agrario sabbioso-limoso	≈ 3,0	390	100	0,47	50 Mpa	17 Mpa	248 Mpa
Limo sabbioso-argilloso	≈ 6,0	785	266	0,44	392 Mpa	137 Mpa	1014 Mpa
Ghiaia in matrice limo-sabbiosa	> 10	1430	396	0,46	936 Mpa	321 Mpa	3746 Mpa

In letteratura esistono svariate correlazioni che permettono di ricavare dal modulo di Young e di taglio calcolati in regime dinamico gli equivalenti parametri in regime statico.

Tra queste si ricordano:

$$E_{din} = (1.10 + 0,028 * a) * E_{st}$$

$$E_{din} = E_{st} + 69 \text{ [Mpa]}$$

Per cui:

	Modulo di Young statico (E _s)	Modulo di taglio statico (G _s)
Terreno agrario sabbioso-limoso	1,3 Mpa	0,4 Mpa
Limo sabbioso-argilloso	10 Mpa	3 Mpa
Ghiaia in matrice limo-sabbiosa	23 Mpa	8 Mpa

11. D.M. 17 GENNAIO 2018 E CATEGORIA DI SUOLO

La normativa sismica italiana, D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento della «*Norme Tecniche per le Costruzioni*», la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio V_s degli strati di terreno presenti nel sito, secondo quanto richiesto dalle sopra citate normative. Il profilo delle onde di taglio V_s risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio V_s è possibile determinare una velocità equivalente $V_{s,eq}$ rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito come suolo di tipo A, B, C, D, E, secondo la normativa sismica italiana.

Il calcolo viene sviluppato utilizzando la stratigrafia V_s e la seguente formula:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} h_i / V_{s,i}$$

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati.

Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (di seguito riportata), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

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

<u>Categoria</u>	<u>Caratteristiche della superficie topografica</u>
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.II - classificazione dei suoli in base alla $V_{s,eq}$.

Pertanto il sito in esame, come già anticipato nel § 10.5, con una $V_{s,30}$ compresa tra **282 m/s** e **293 m/s**, rientra in **categoria di sottosuolo C**.

12. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

All'interno dell'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni", di cui al D.M. 17 gennaio 2018, la **pericolosità sismica** costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati.

" [...] La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{vR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa, le **forme spettrali** sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{vR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c^* valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per valori di a_g , F_o , T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti".

La pericolosità sismica sopra descritta è da intendersi come **pericolosità sismica di base**, derivante da studi condotti a livello nazionale, che hanno portato alla realizzazione del **reticolo o griglia di riferimento**. Individuata, per un determinato tempo di ritorno **TR (intervallo di riferimento)**, l'azione sismica di base, l'azione sismica di progetto viene ottenuta tenendo in considerazione la risposta sismica locale del sito in esame, ossia degli effetti di amplificazione sismica locale sopra esposti.

ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

Di seguito si riportano i risultati di analisi di pericolosità sismica di base calcolati in base alle coordinate geografiche del sito in esame ed impostando una categoria di sottosuolo di tipo **C** (determinata dalla indagine sismica eseguita in situ) e una categoria topografica **T1**.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni
Muro rigido: 0

Sito in esame.

latitudine: 41,725742
longitudine: 15,276465
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 29219	Lat: 41,7218	Lon: 15,2320	Distanza: 3715,211
Sito 2 ID: 29220	Lat: 41,7208	Lon: 15,2990	Distanza: 1949,441
Sito 3 ID: 28998	Lat: 41,7708	Lon: 15,3004	Distanza: 5385,829
Sito 4 ID: 28997	Lat: 41,7718	Lon: 15,2334	Distanza: 6246,312

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,058 g
Fo: 2,469
Tc*: 0,280 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,076 g
Fo: 2,491
Tc*: 0,292 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,208 g
Fo: 2,457
Tc*: 0,336 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,274 g
Fo: 2,437
Tc*: 0,345 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,017
Kv: 0,009
Amax: 0,852
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,023
Kv: 0,011
Amax: 1,120
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,390
Cc: 1,510
St: 1,000
Kh: 0,081
Kv: 0,040
Amax: 2,830
Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,300
Cc: 1,490
St: 1,000
Kh: 0,100
Kv: 0,050
Amax: 3,487
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84
latitudine: 41.724770
longitudine: 15.275604

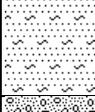
13. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

I terreni presenti in zona presentano disuniformità di comportamento geotecnico dovuto alla loro origine, alle modalità di deposizione e ai diversi rapporti che essa ha creato tra i sedimenti.

Dallo studio effettuato, integrando opportunamente i dati stratigrafici desunti dalle indagini geognostiche e sismiche eseguite in loco, si evince come la situazione litostratigrafica locale possa essere schematizzabile ipotizzando: un primo strato superficiale di terreno vegetale passante e terreni sabbioso-limosi di circa 3 metri di spessore; un secondo strato di limi sabbioso-argillosi il cui spessore è di circa 6 metri; tali depositi poggiano su ghiaie poligeniche eterodimensionali in matrice limo-sabbiosa rinvenibili da circa 9 metri dal p.c..

Di seguito si riporta, quindi, una “stratigrafia geologica e geotecnica di sintesi” relativa alla sequenza litostratigrafica locale con una preliminare indicazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Spessore (m)	Stratigrafia	descrizione terreno	Angolo di attrito in condizioni drenate (ϕ)	Coesione drenata (kPa)	Coesione non drenata (kPa)	Peso di Volume (kN/m ³)	Modulo di Poisson	Modulo di Elasticità (Mpa)
--------------	--------------	---------------------	--	------------------------	----------------------------	-------------------------------------	-------------------	----------------------------

1,0÷3,0		Terreno vegetale passante a terreni limoso-sabbiosi	20°	0	20÷40	18	0,47	1,3
6,0		Limi sabbioso-argillosi	20÷23°	15÷20	50÷60	19,5	0,44	10
> 10		Ghiaie poligeniche in matrice limo-sabbiosa	35°÷36°	2÷4	-	20	0,46	23

In fase esecutiva si prescrive un approfondimento di indagini onde meglio “parametrizzare” i primi due litostrati in relazione alla opere a realizzarsi.

14. CONCLUSIONI

Lo studio effettuato al fine di conoscere la natura e le caratteristiche fisico-tecniche del sottosuolo, unitamente a tutte le notizie di carattere geologico acquisite preliminarmente e in relazione al tipo di opera da realizzare, consentono di formulare le seguenti considerazioni conclusive.

A. CARATTERISTICHE DELL'OPERA

Il progetto in esame prevede la realizzazione di un impianto di produzione agro-energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (Fg) in località "Borgo Mezzanone - Macchia Rotonda.

B. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E VINCOLI PRESENTI IN ZONA

L'area indagata è compresa nella tavoletta topografica Il N.O. "Borgo Mezzanone" del Foglio N°164 della Carta d'Italia dell'I.G.M.I.. La quota topografica è di circa 32 m s.l.m. L'area è pressoché pianeggiante.

C. INDAGINE ESEGUITE E MODELLO GEOLOGICO

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione sono state effettuate prove nel rispetto di precise norme e standard di riferimento.

La stratigrafia locale è la seguente:

- da 0.00 a 1.00 m terreno organico e/o di riporto;
- da 1.00 a 9.00 m limo con argilla con presenza di livelletti limoso-sabbiosi;
- da 9.00 a 20.00 m ghiaia poligenica eterometrica in matrice limo-sabbiosa.

Di seguito si riporta una "stratigrafia geologica e geotecnica di sintesi" relativa alla sequenza litostratigrafica locale con l'indicazione dei principali parametri geotecnici.

Spessore (m)	Stratigrafia	descrizione terreno	Angolo di attrito in condizioni drenate (ϕ)	Coesione drenata (kPa)	Coesione non drenata (kPa)	Peso di Volume (kN/m ³)	Modulo di Poisson	Modulo di Elasticità (Mpa)
--------------	--------------	---------------------	--	------------------------	----------------------------	-------------------------------------	-------------------	----------------------------

1,0÷3,0		Terreno vegetale passante a terreni limoso-sabbiosi	20°	0	20÷40	18	0,47	1,3
6,0		Limi sabbioso-argillosi	20÷23°	15÷20	50÷60	19,5	0,44	10
> 10		Ghiaie poligeniche in matrice limo-sabbiosa	35°÷36°	2÷4	-	20	0,46	23

Di seguito si riporta, invece, la "sismostratigrafia" evidenziata dall'indagine sismica oltre che i principali parametri **dinamici** dei terreni investigati.

Quota dal p.c.	descrizione terreno	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coefficiente di Poisson (σ)	Modulo di Young (E_{din})	Modulo di taglio (G_{din})	Modulo di incompressibilità (K)
da 0 a -3m	Terreno agrario passante a depositi sabbioso-limosi	390	390	0,47	50 MPa	17 MPa	248 MPa
da -3 a -9m	Limo sabbioso-argilloso	785	266	0,44	392 MPa	137 MPa	1014 Mpa
da -9 a -30m	Ghiaia in matrice limo-sabbiosa	1430	396	0,46	936 MPa	321 MPa	3746 MPa

D. CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE (D.M. 17.01.2018)

I valori di $V_{s,30}$ ricavati dall'analisi sismica con i microtremori ci permettono di attribuire i suoli indagati alla categoria, come da riferimento alla nuova normativa sismica:

- **classe C** con $V_{s,30}$ pari a **288 m/s** ($180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$).

La presente relazione è composta da 48 pagine e dai seguenti allegati:

- corografia della zona in scala 1:25.000;
- stralcio Carta Tecnica Regionale in scala 1:15.000;
- stralcio ortofoto con ubicazione sondaggi in scala 1:2.000;
- documentazione fotografica;
- report indagini geofisiche.

Si riconoscono come originali i soli elaborati firmati e vidimati dall'autore, con inchiostro bluastro, con timbro circolare dell'Ordine Regionale dei Geologi - Puglia. Senza il consenso dello stesso non è consentita la riproduzione, anche parziale, dell'elaborato.

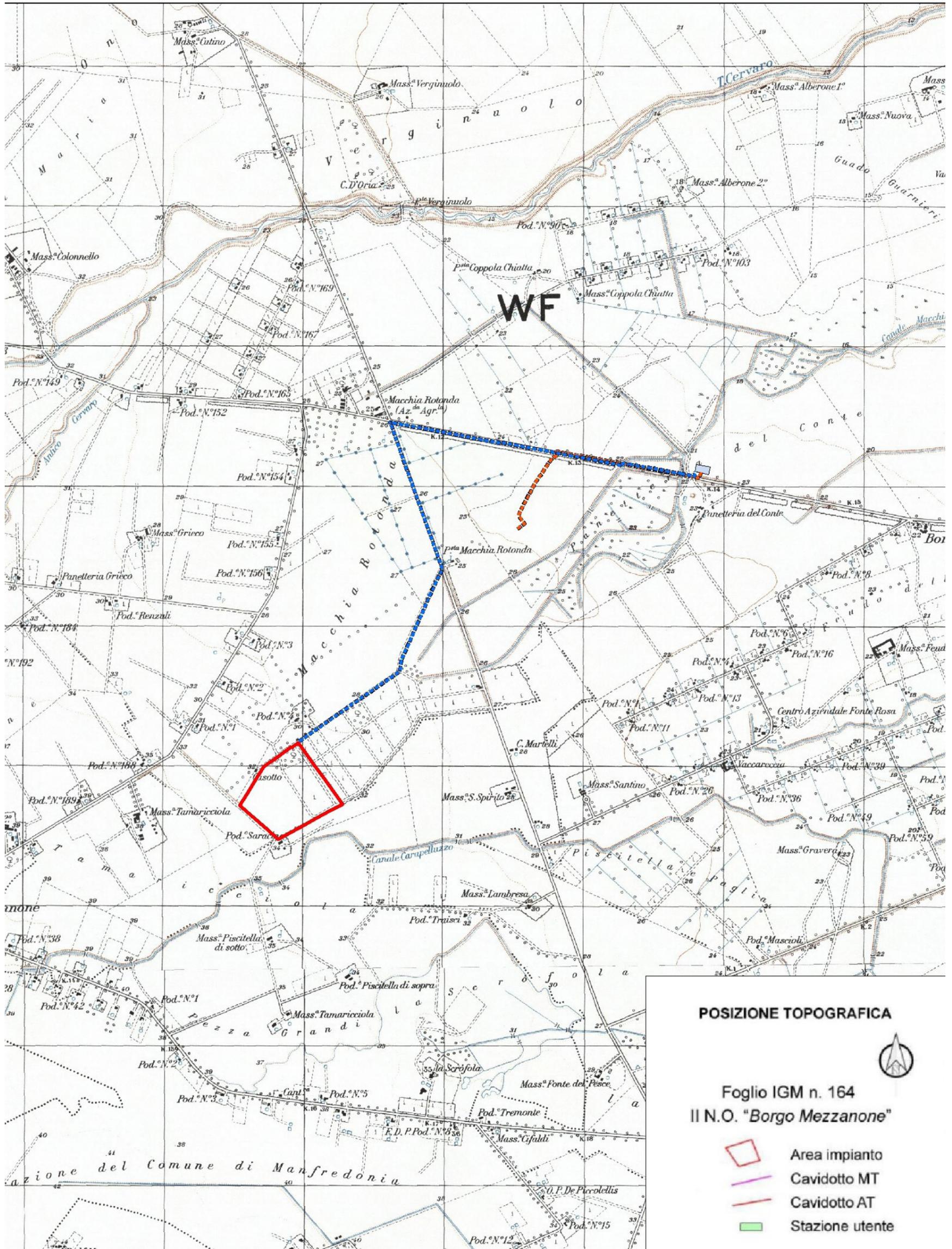
Foggia, 28 novembre 2019.

dott. geol. Domenico Paolo Impagnatiello

Comune di
Manfredonia (FG)

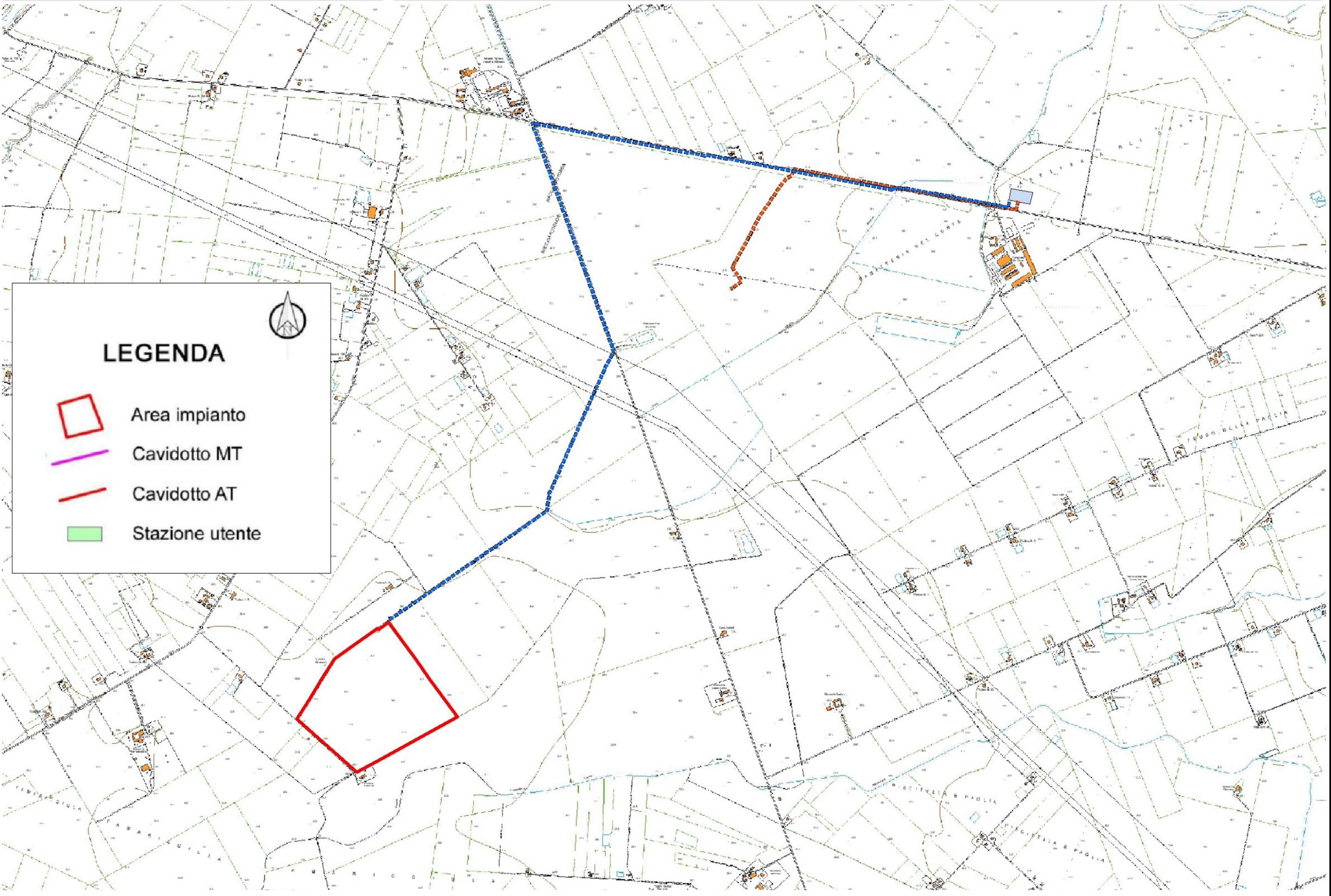
Stralcio aerofotogrammetrico

Scala 1:25.000

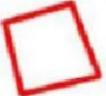


Proponente:
IPC Puglia Srl

Il professionista incaricato:
geol. Domenico Paolo Impagnatiello



LEGENDA

-  Area impianto
-  Cavidotto MT
-  Cavidotto AT
-  Stazione utente



LEGENDA 

 S1 Sondaggi sismici eseguiti

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n. 1 – paesaggio tipico dell'area di impianto



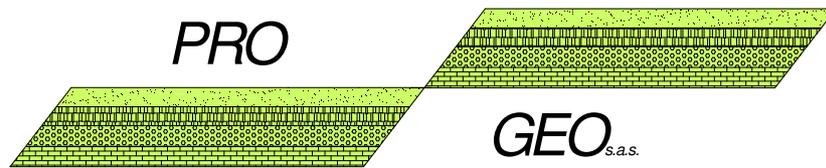
Foto n. 2 – strada brecciata lungo la quale sarà posizionato il cavidotto



Foto n. 3 – SSE Terna



Foto n. 4 – ponticello attraversamento su reticolo idrografico (Canale Macchia Rotonda)



di Alberto Quarto

GEOLOGIA E GEOFISICA
PROSPEZIONI GEOFISICHE IN SUPERFICIE ED IN FORO
INDAGINI IDROGEOLOGICHE E GEOLOGICO-TECNICHE

P. I.V.A.: 05578650722

Indagine geofisica

Progetto per un impianto di produzione agro-energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Manfredonia (Fg) in località "Borgo Mezzanone - Macchia Rotonda"

PRO-GEO s.a.s.
di QUARTO ALBERTO & C.
Via Indipendenza n. 20
70051 BARILETTA (BA)

NOVEMBRE 2019

GEOLOGIA E GEOFISICA

PROSPEZIONI GEOFISICHE IN SUPERFICIE ED IN FORO
INDAGINI IDROGEOLOGICHE E GEOLOGICO-TECNICHE

Indice

1	PREMESSA	2
2	AZIONE SISMICA	3
3	INDAGINE M.A.S.W	6
	3.1 Metodologia indagine	6
	3.2 Attrezzature e tecniche operative	8
	3.3 Risultati.....	9
4	PROSPEZIONE SISMICA	11
	4.1 Metodologia sismica a rifrazione	11
	4.2 Attrezzature e tecniche operative	13
	4.3 Risultati.....	14

Ubicazione area d'indagine (da CTR) - scala 1:10.000

Ubicazione misure geofisiche (da Ortofoto e CTR) - scala 1:2.000

Allegato "profilo sismico 1"

- **Sismogramma analisi MASW (metodo Re.Mi.)**
- **Analisi profilo MASW (metodo Re.Mi.)**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde P**
- **Dromocrone**
- **Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica**
- **Documentazione fotografica**

Allegato "profilo sismico 2"

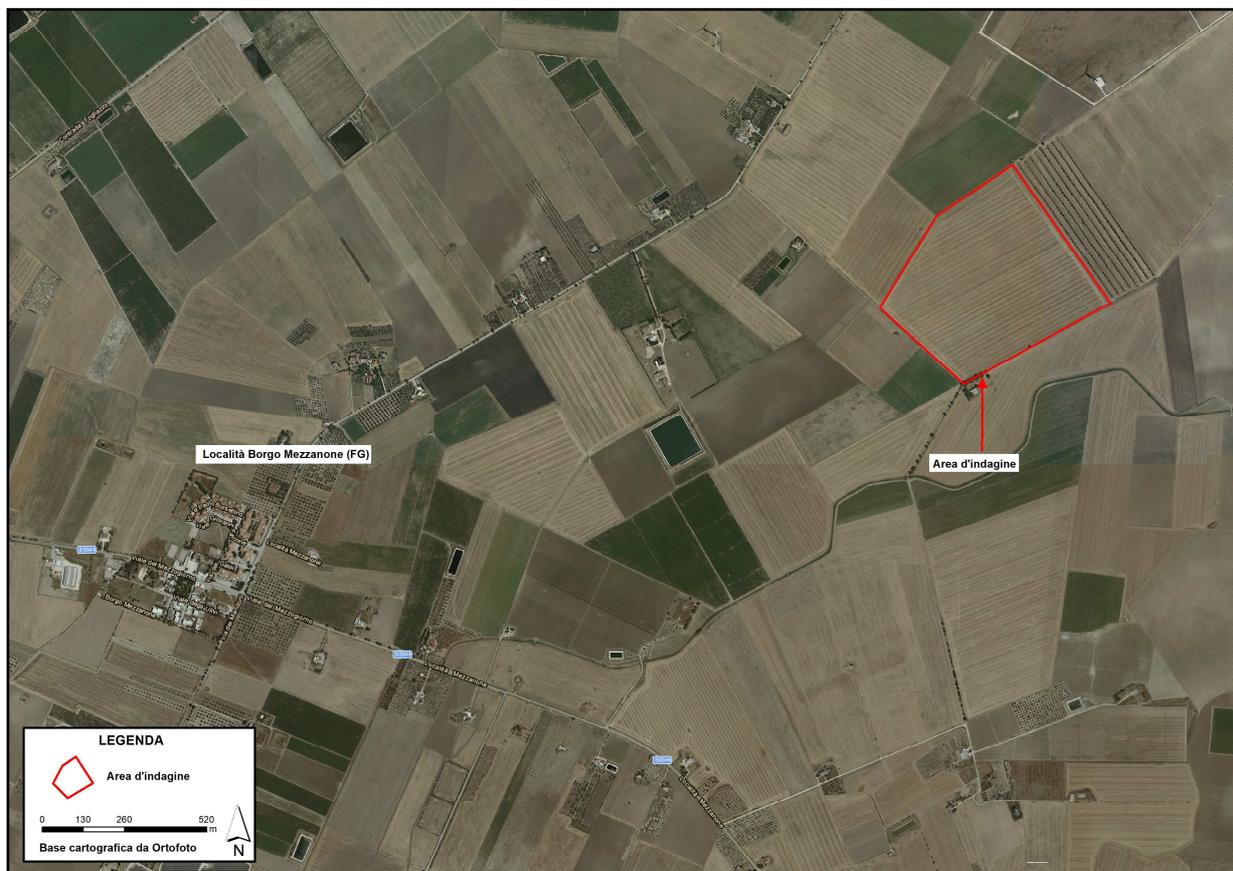
- **Sismogramma analisi MASW (metodo Re.Mi.)**
- **Analisi profilo MASW (metodo Re.Mi.)**
- **Sismogrammi sismica a rifrazione onde P**
- **Dromocrone**
- **Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica**
- **Documentazione fotografica**

1 PREMESSA

L'indagine sismica eseguita è stata mirata alla definizione delle caratteristiche fisico-dinamiche dei terreni, alla ricostruzione stratigrafica del sito e alla classificazione del sottosuolo di fondazione secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

A tal fine sono state effettuate le seguenti indagini geognostiche:

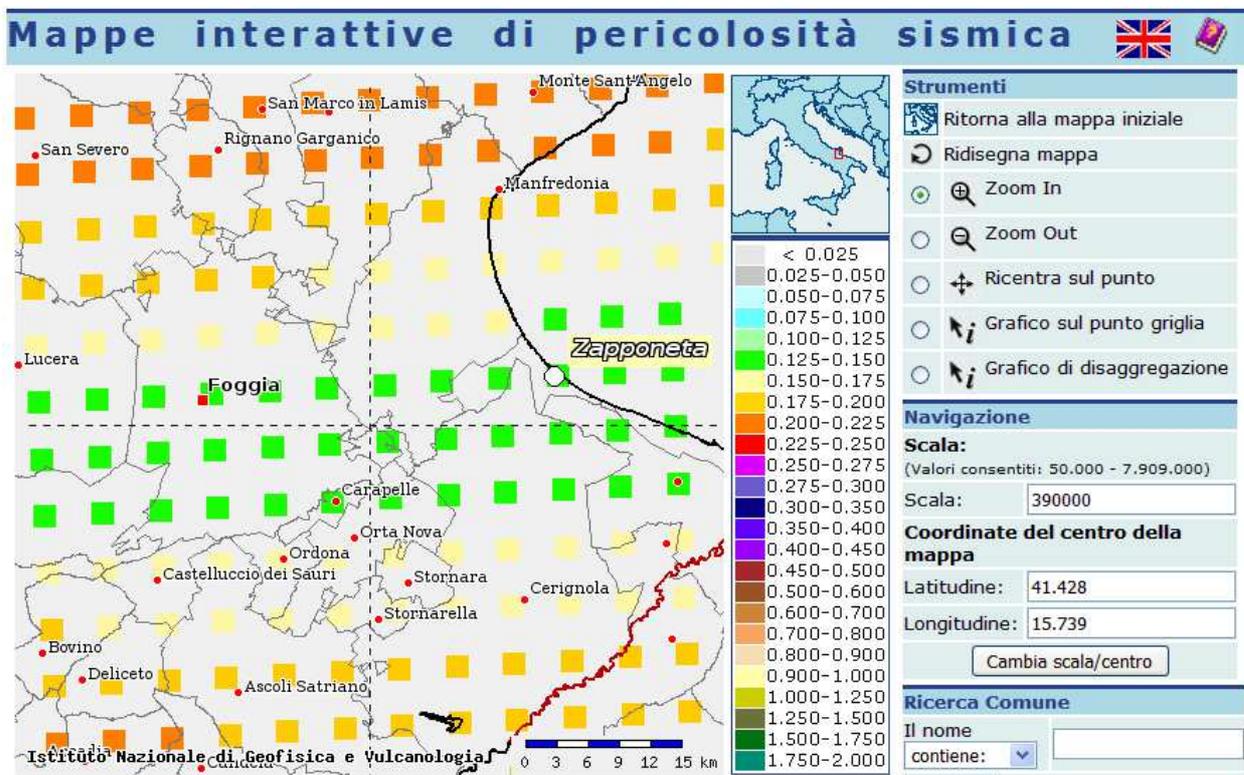
- n. 2 profili sismici con la tecnica passiva MASW (metodo Re.Mi.);
- n. 2 profili sismici a rifrazione in onde P;



Ubicazione area di progetto

2 AZIONE SISMICA

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e l'OPCM del 20 marzo 2003 n. 3274, superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3274)

Secondo le NTC l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra **0.050-0.075 g**, come evidenziato nella figura a, in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (riferita a suoli rigidi - categoria A).

Tale mappa di pericolosità sismica è riferita ad un periodo di ritorno $TR=975$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N=50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_U=1.5$ (strutture importanti), parametri legati tra loro dalla seguente formula:

$$TR = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) \text{ dove } V_R = V_N \cdot C_U$$

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno		
P_{V_r} (Stato Limite)	C_U	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in precedenza, sono menzionati nelle "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2018", entrate ufficialmente in vigore in data 22/03/2018, per le quali è necessario, inoltre, caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione ai differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata mediante l'applicazione della GEOSTRU al seguente link

<http://www.geostru.com/geoapp/parametri-sismici.aspx>

Essa fornisce i parametri sismici (a_g , F_0 e T_C^*) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame.

Di seguito vengono mostrati i risultati riferiti al sito in esame in coordinate WGS 84: **Lat. 41.428538° - Lng. 15.739535°**

Indirizzo Coordinate Isole

Latitudine 41.428538° Longitudine 15.739535°

WGS84: Lat 41.428538 - Lng 15.739534

ED50: Lat 41.429514 - Lng 15.740380

Mappa Satellite

Borgo Mezzanone

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pur...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.044	2.466	0.290
Danno (SLD)	50	0.055	2.541	0.327
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.132	2.607	0.435
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.169	2.622	0.448

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Coefficienti sismici

Tipo Muri di sostegno NTC 2008

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,49	1,43
CC Coeff. funz. categoria	1,58	1,52	1,38	1,37
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

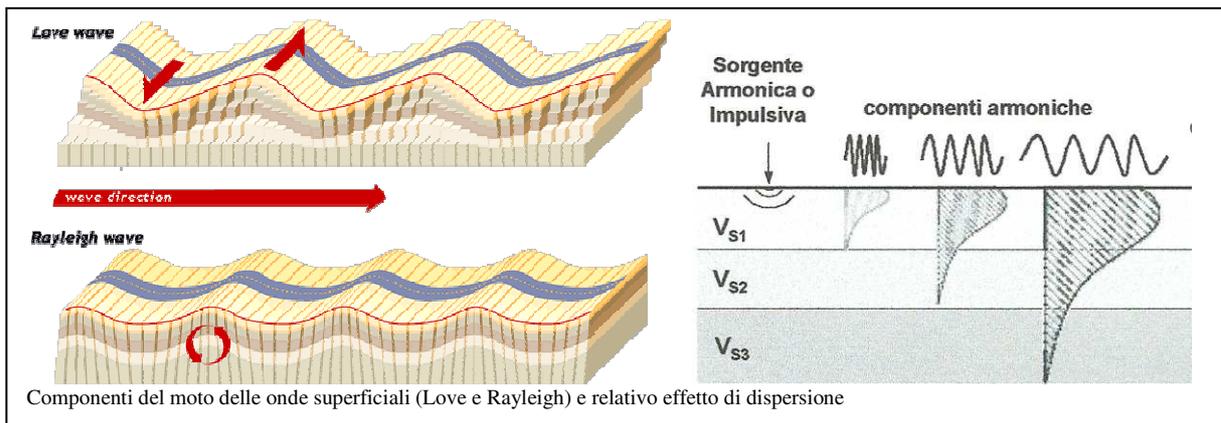
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.047	0.058
kv	0.006	0.007	0.024	0.029
Amax [m/s²]	0.652	0.815	1.933	2.364
Beta	0.180	0.180	0.240	0.240

Ubicazione dell'area all'interno della maglia sismica di riferimento e relativi parametri sismici per la Categoria di sottosuolo C

3 INDAGINE M.A.S.W

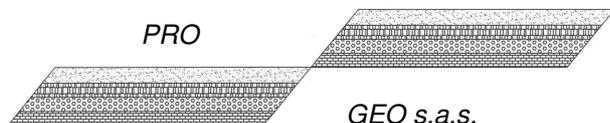
3.1 Metodologia indagine

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (nel nostro caso geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante 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 le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.



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 superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):



- Nel **“metodo attivo”** le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).
- Nel **“metodo passivo”** (Re.Mi.) lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche “microtremori”) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali). E' possibile utilizzare alcune varianti geometriche del metodo passivo (disposizione dei geofoni a cerchio, quadrato, triangolo e croce) per una valutazione più accurata del trend dispersivo delle onde superficiali (Park e Miller, 2006).

In questa indagine è stato utilizzato il **“metodo passivo”**, risultato il più idoneo nel contesto in esame. Le caratteristiche geometriche dei profili sono tabellate di seguito:

Denominazione	Sorgente	Lunghezza profili	Distanza intergeofonica
Profilo 1	rumore	48 m	2.0 m
Profilo 2	rumore	48 m	2.0 m

3.2 Attrezzature e tecniche operative

Per le misure eseguite sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).



Strumentazione utilizzata

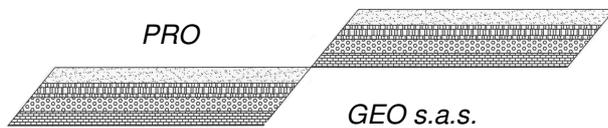
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni.
- 24 geofoni a componente verticale con frequenza di 4.5 Hz.
- SeisOpt ReMi v.2.0 della Optim LLC.

Sono state acquisite, per ogni profilo, sei registrazioni, sommate tra loro al fine di ottenere un buon rapporto segnale/rumore. Esse hanno le seguenti caratteristiche:

Metodo	Frequenza di campionamento	Lunghezza registrazioni	Sorgente
Masw “passivo”	1.0 millisecondo	20 secondi	Rumore ambientale

I sismogrammi ottenuti sono stati elaborati con una trasformazione bidimensionale dal dominio tempo-distanza (t-x), al dominio velocità di fase-frequenza (p-f). E' stato così possibile analizzare l'energia di propagazione del “rumore ambientale” lungo tutte le direzioni della linea sismica e riconoscere le onde superficiali con carattere dispersivo.

Sullo spettro (p-f) ottenuto sono stati individuati una serie di punti nell'area ad alta energia (piking). A partire da essi si è proceduti con la fase di inversione dei dati per ottenere il modello di Vs-profondità.



3.3 Risultati

I modelli di Vs-profondità, ottenuti mediante l'analisi MASW, sono schematizzati di seguito:

Masw 1		Masw 2	
Vs (m/s)	Profondità (mt)	Vs (m/s)	Profondità (mt)
94	0.0÷2.7	105	0.0÷2.9
258	2.7÷8.7	273	2.9÷9.0
393	8.7÷30.0	400	9.0÷30.0

In conformità al D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

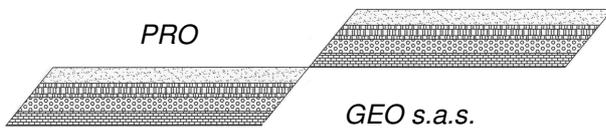
$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$ ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Poiché le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni sono chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (di seguito), si



può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

Pertanto il sito in esame rientra in **categoria di sottosuolo C**, caratterizzato da **$V_{S,30}$ di 282 m/s** (profilo 1) **$V_{S,30}$ di 293 m/s** (profilo 2).

Tab. 3.2.II – *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>

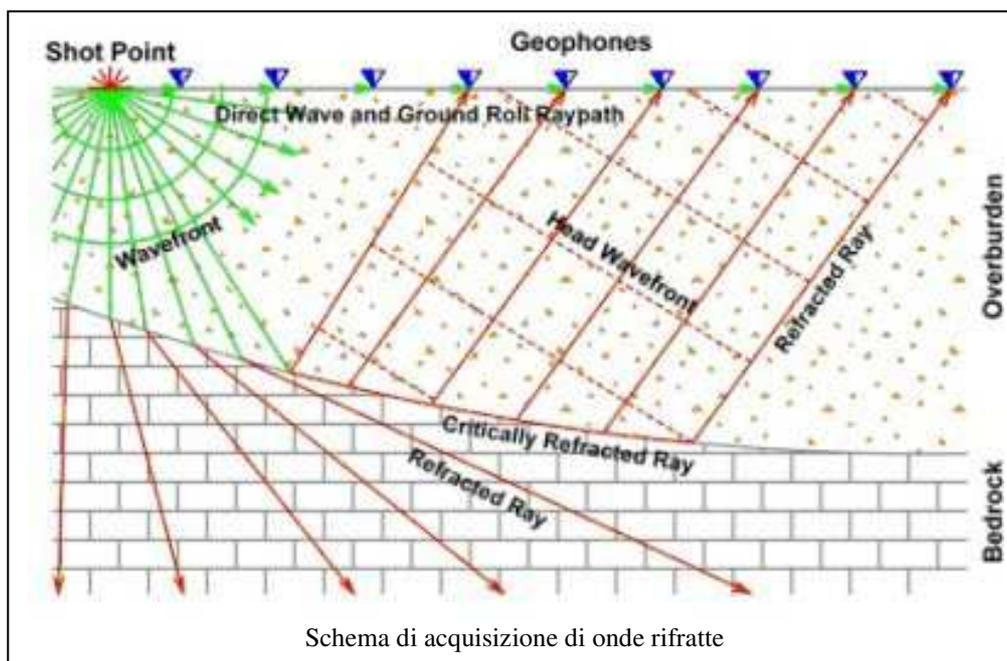
4 PROSPEZIONE SISMICA

4.1 Metodologia sismica a rifrazione

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto sorgente), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà geometriche e fisico-meccaniche dei terreni.

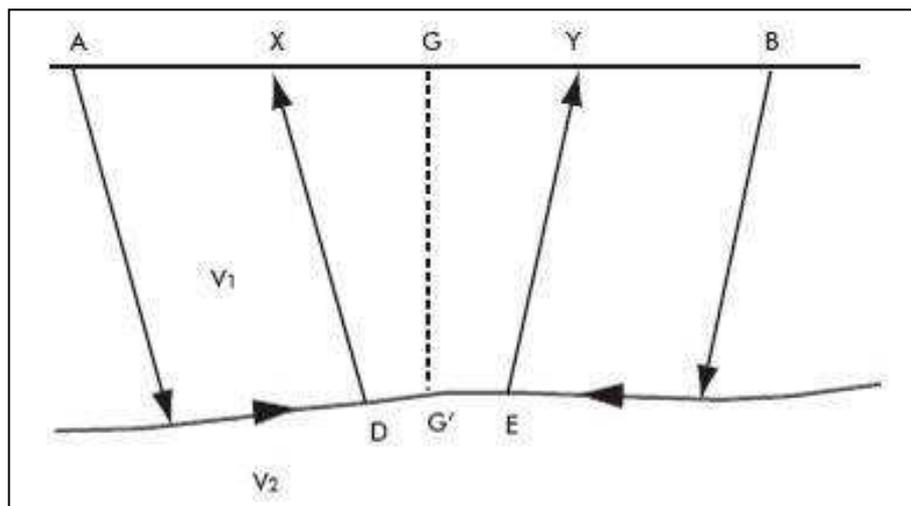
Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla composizione litologica di massa dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock").

L'unica condizione per eseguire studi di sismica a rifrazione è che la successione rocciosa da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità.



Normalmente il sottosuolo è caratterizzato da strati piano-paralleli con velocità crescente all'aumentare della profondità. In contesti più complessi (inversioni di velocità o presenza di corpi non stratificati) bisogna tener conto del modello tridimensionale del sottosuolo ed intervenire con indagini più specifiche (misure sismiche in foro), per non incorrere in errori interpretativi.

Il metodo di elaborazione utilizzato nel corso delle analisi dei dati a rifrazione è stato il Generalized Reciprocal Method (GRM: Palmer - 1980). L'analisi GRM (metodo reciproco generalizzato) si basa sulla determinazione del tempo di tragitto delle onde sismiche tra due geofoni separati da una distanza variabile XY ottimale per la quale i segmenti dei raggi che viaggiano verso l'alto e arrivano a ciascun geofono, emergano quasi dallo stesso punto del riflettore (G'). Ciò permette di valutare tutte le eventuali variazioni laterali di velocità del rifrattore, e quindi di ricostruire anche morfologie complesse.



Successivamente, con l'ausilio del software "Rayfract" della Intelligent Resources Inc., si è proceduti all'analisi del sottosuolo in tomografia sismica. Il software, utilizzando i tempi d'arrivo delle onde lette sui sismogrammi sperimentali, permette di eseguire delle ottimizzazioni del modello di velocità. Tali interpretazioni danno modo di rappresentare le velocità sismiche sia secondo sismostrati e sia secondo un'imaging bidimensionale a colori.

4.2 Attrezzature e tecniche operative

Per i profili eseguiti sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “Seismic Source Co” con intervallo minimo di campionamento di 0.0208 ms e altissima risoluzione (118 db).

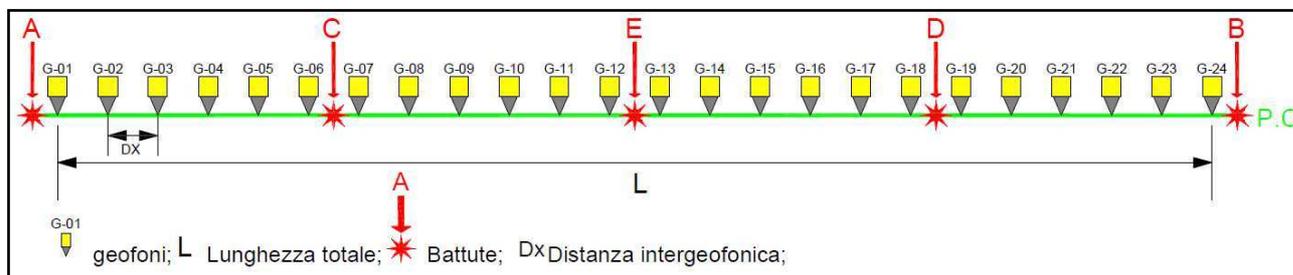


Strumentazione utilizzata

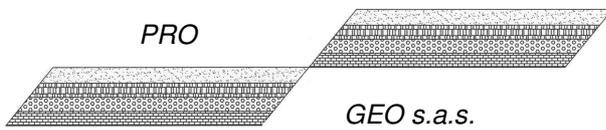
- Un cavo con 24 collegamenti per i geofoni;
- Ventiquattro geofoni a componente verticale con frequenza di 14 Hz;
- Un piattello in alluminio;
- Un martello di 8 Kg dotato di trigger.
-

Denominazione	Lunghezza (metri)	Distanza geofonica (metri)
Profilo sismico 1	48	2.0
Profilo sismico 2	48	2.0

Di seguito è mostrato lo schema geometrico di acquisizione:



Il picking delle onde sismiche è stato effettuato sui sismogrammi sperimentali (vedi allegato) mediante il software TomTime della Geotom, LCC, dopo un opportuno filtraggio delle tracce. I primi arrivi sono riportati nei diagrammi tempo-distanza “dromocrone” (vedi allegato).



4.3 Risultati

L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo secondo 3 "sismostrati", così caratterizzati:

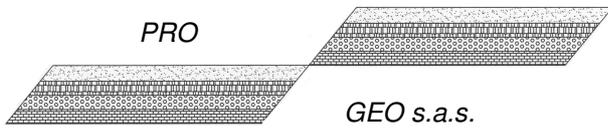
1. **Il primo sismostrato** (con una profondità di 2.7-2.9 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 390-400 m/s e V_s compresa tra 94-105 m/s;
2. **Il secondo sismostrato** (con una profondità di 8.7-9.0 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 760-810 m/s e V_s compresa tra 258-273 m/s;
3. **Il substrato rifratore** ha velocità V_p compresa tra 1420-1440 m/s e V_s compresa tra 393-400 m/s.

Per ciò che concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. **Il primo sismostrato** è associabile a depositi alluvionali di natura sabbioso-limoso;
2. **Il secondo sismostrato** è associabile a limi sabbioso-argillosi;
3. **Il substrato rifratore** è associabile a ghiaia in matrice limo-sabbiosa.

Nella tabella che segue sono mostrati tutti i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di Poisson ed i valori dei moduli dinamici E (di Young), G (di taglio) e K (di compressibilità), espressi in Kg/cm^2 . Questi valori sono calcolati considerando un peso di volume unitario, pertanto per ottenere i moduli corretti è necessario moltiplicare i valori dei moduli dinamici per il peso di volume reale dei terreni.

La velocità V_s è stata ricavata dall'indagine MASW precedentemente descritta.



Profilo 1

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.7	400	94	0.47	1.0	265	90	1512
2° sismostrato 2.7÷8.7	810	258	0.44	1.0	1961	679	5789
substrato >8.7	1440	393	0.46	1.0	4601	1576	19058

Profilo 2

Profondità media (m)	Vp	Vs	σ	γ	E	G	K
1° sismostrato 0÷2.9	390	105	0.46	1.0	329	113	1402
2° sismostrato 2.9÷9.0	760	273	0.43	1.0	2169	761	4880
substrato >9.0	1420	400	0.46	1.0	4757	1633	18399

Vp = velocità onde longitudinali in m/s

Vs = velocità onde trasversali in m/s

σ = coefficiente di Poisson

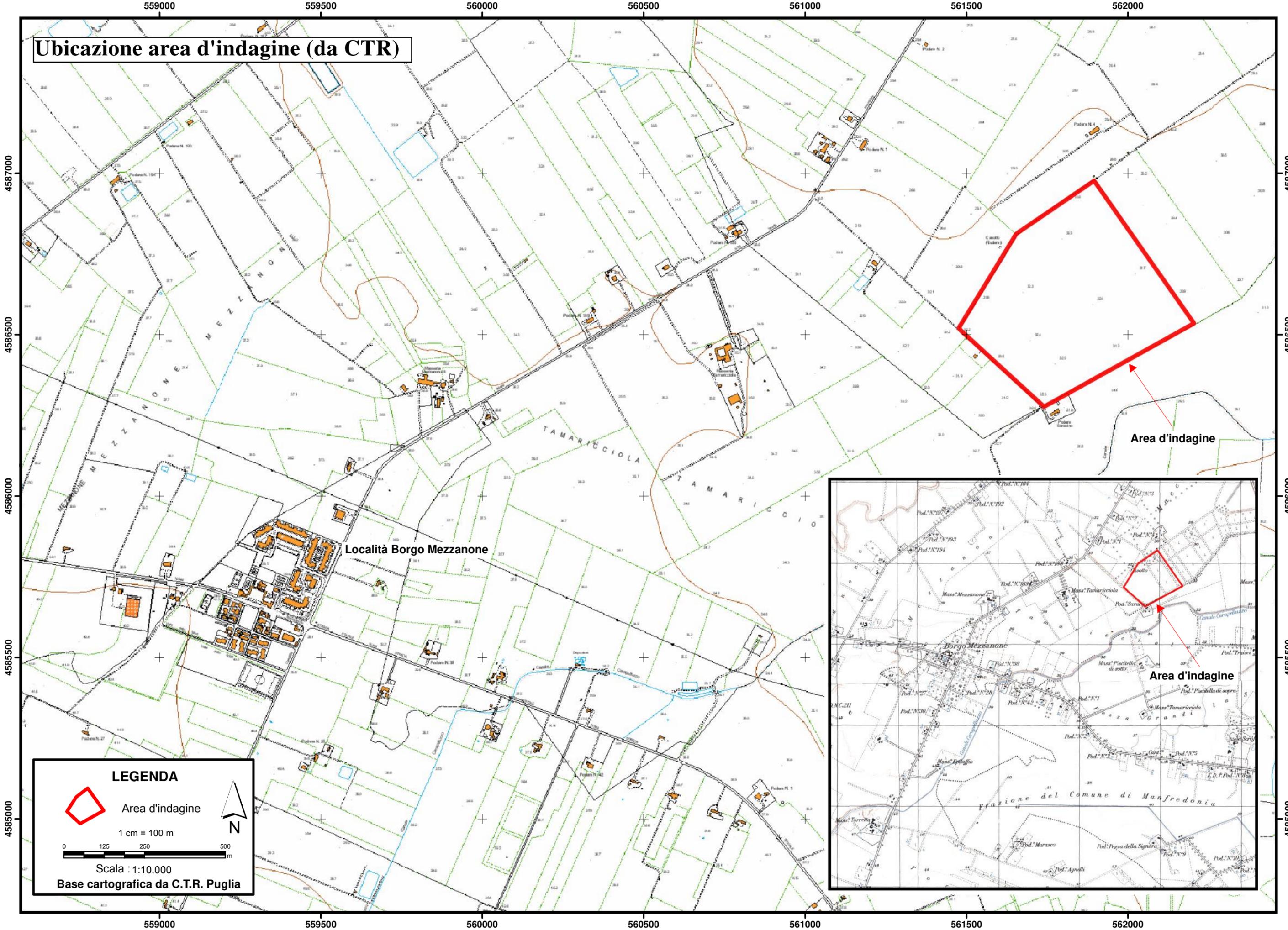
γ = peso di volume in g/cm³

E = modulo dinamico di Young in Kg/cm²

G = modulo dinamico di taglio in Kg/cm²

K = modulo dinamico di compressibilità in Kg/cm²

Ubicazione area d'indagine (da CTR)

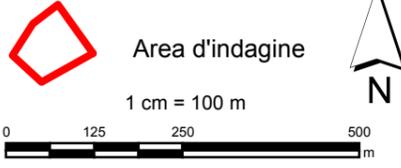


Località Borgo Mezzanone

TAMARICCIOLA

Area d'indagine

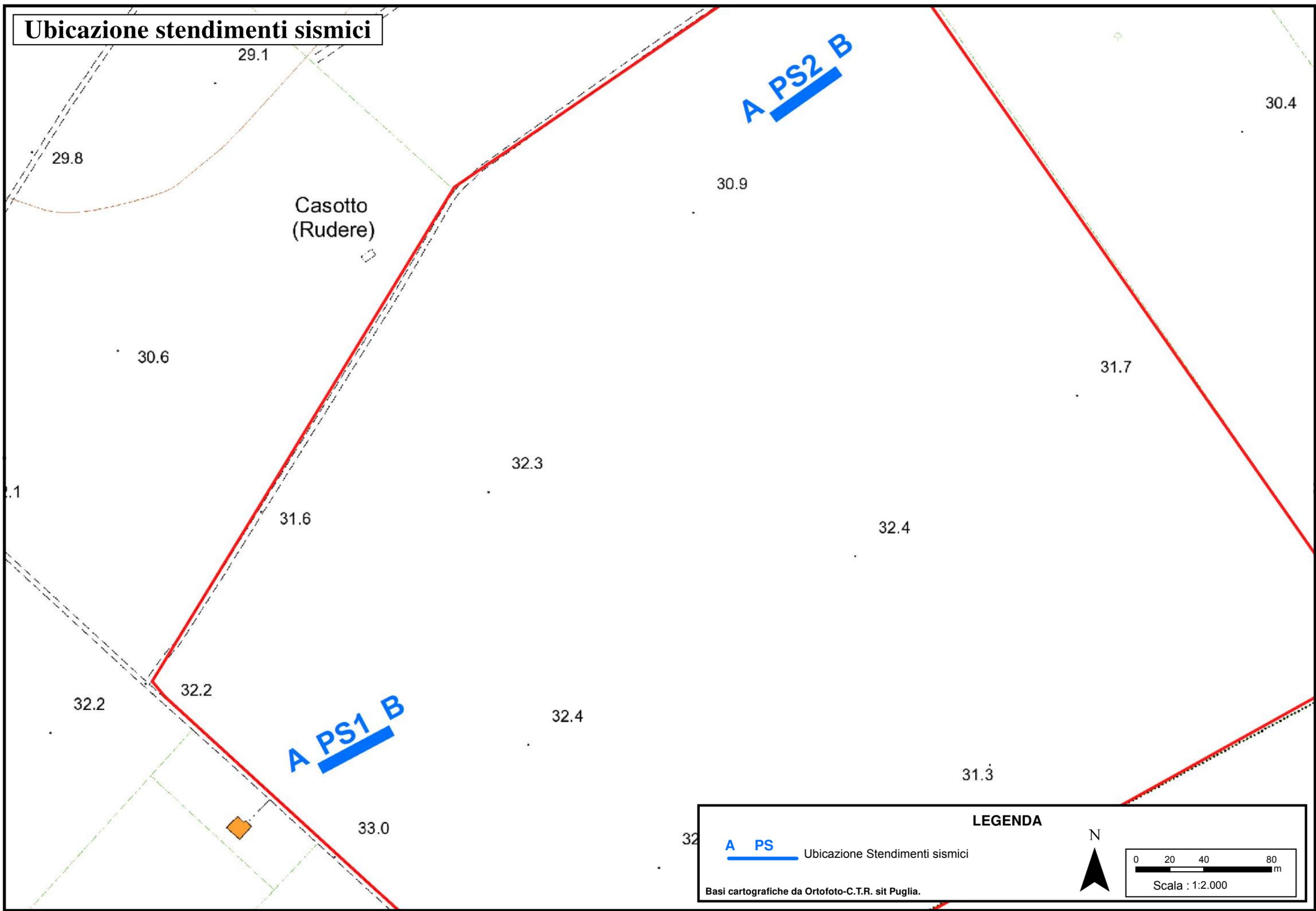
LEGENDA



Area d'indagine

Comune di Manfredonia

Ubicazione stendimenti sismici



LEGENDA

A PS Ubicazione Stendimenti sismici

Basi cartografiche da Ortofoto-C.T.R. sit Puglia.

N

0 20 40 80 m

Scala : 1:2.000

Ubicazione stendimenti sismici



LEGENDA

A PS Ubicazione Stendimenti sismici

Basi cartografiche da Ortofoto-C.T.R. sit Puglia.

N

0 20 40 80 m

Scala : 1:2.000

ALLEGATO "PROFILO SISMICO 1"

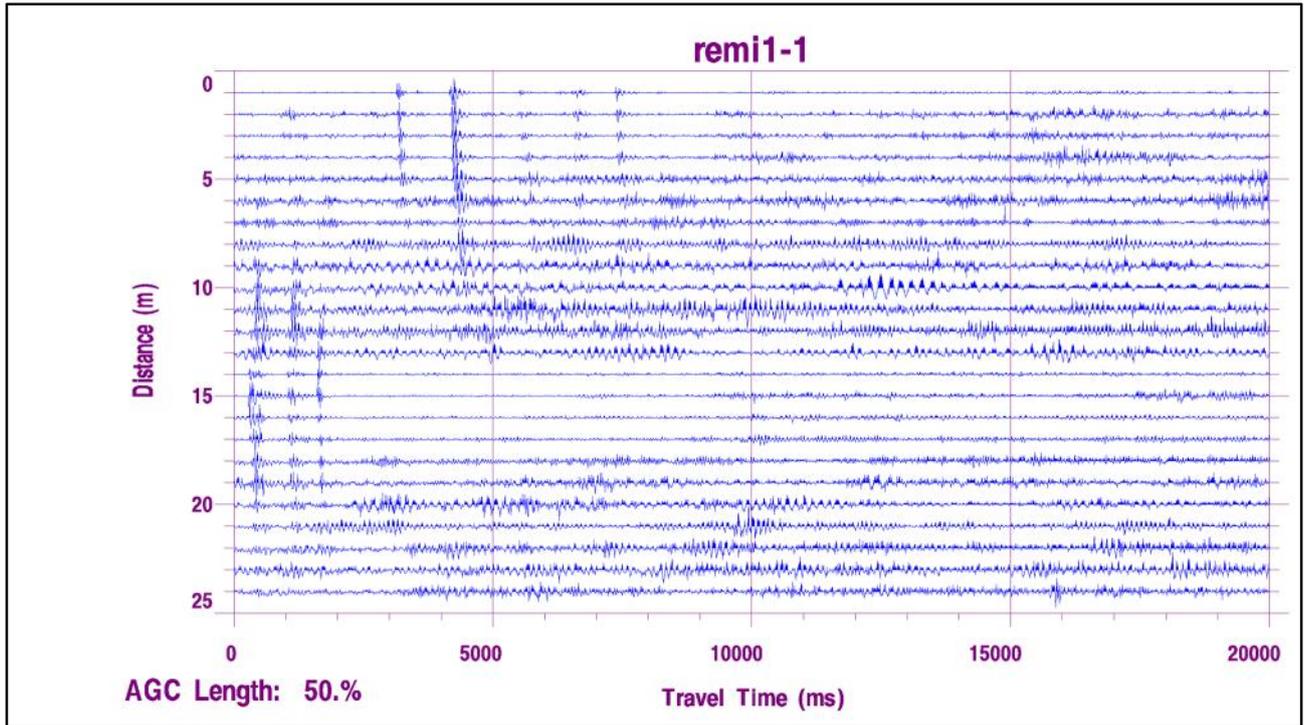
-
- **Sismogrammi analisi MASW (Re.Mi)**
 - **Analisi profilo MASW (Re.Mi)**
 - **Sismogrammi sismica a rifrazione onde P**
 - **Dromocrone P**
 - **Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica**
 - **Documentazione fotografica**
-

PRO

GEO s.a.s.

di Alberto Quarto

SISMOGRAMMI ANALISI MASW 1 (METODO RE.MI.)



Indagine MASW 1 "Analisi Re.Mi."

Immagine p-f

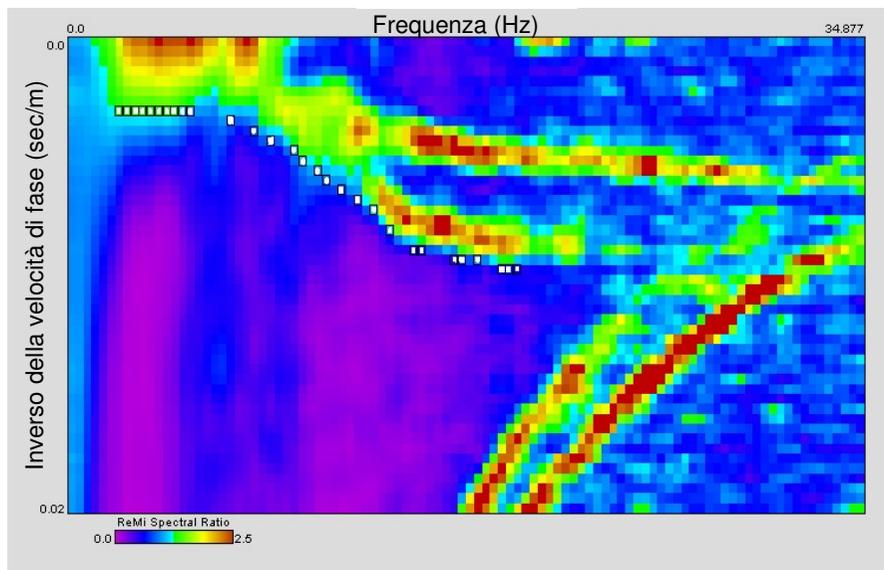


Grafico del modello di velocità
Delle onde trasversali

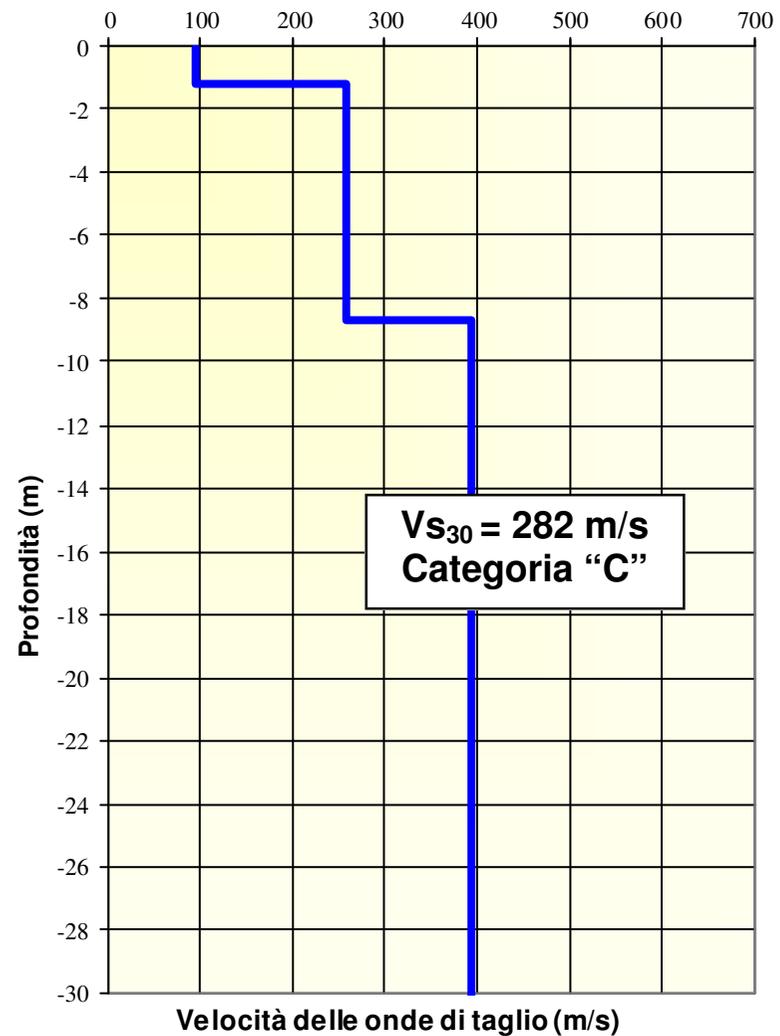
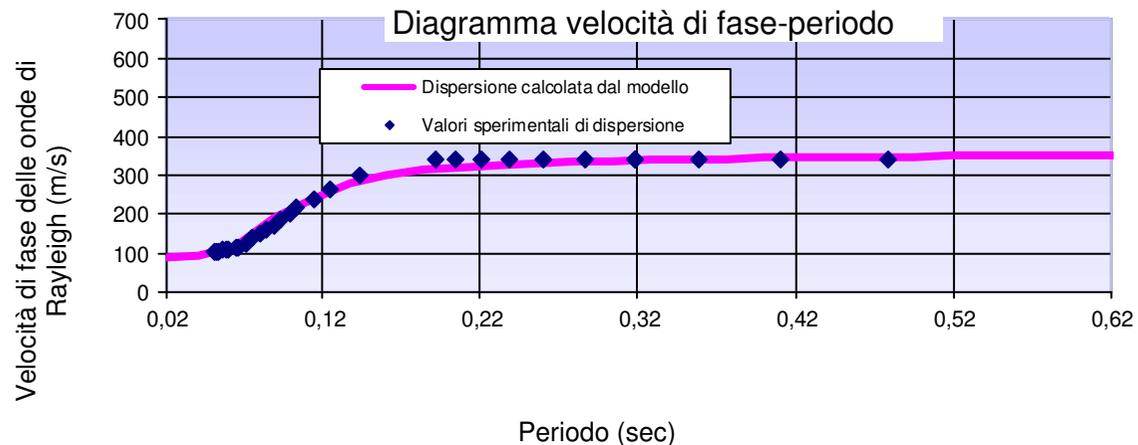
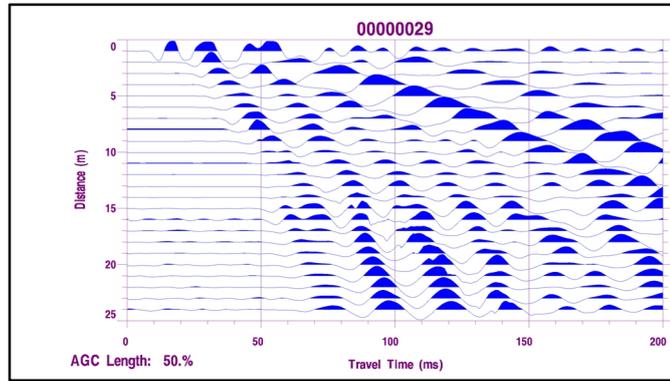


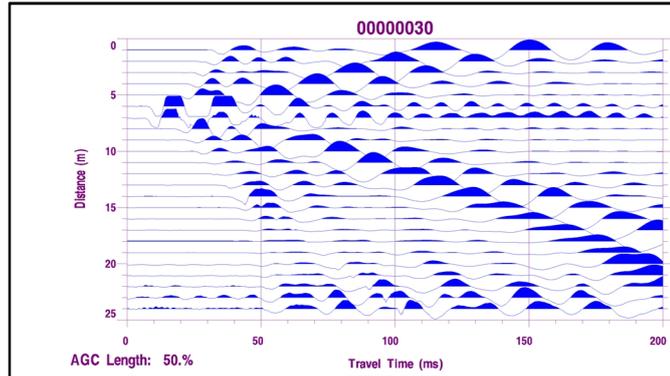
Diagramma velocità di fase-periodo



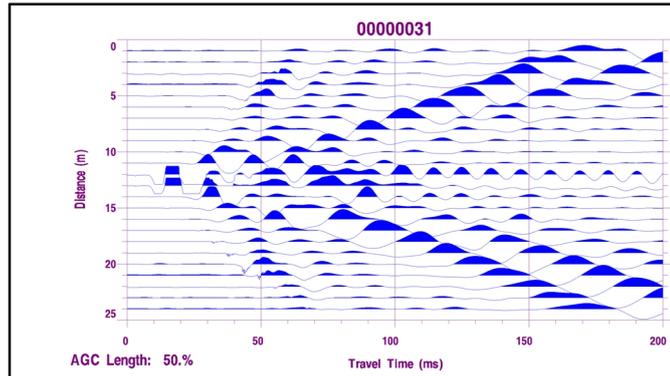
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 1



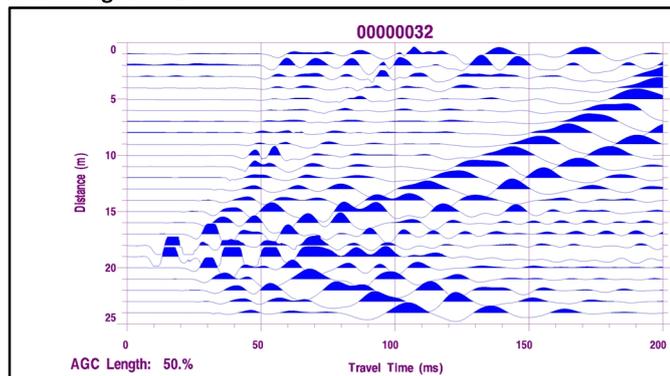
Punto sorgente "A"



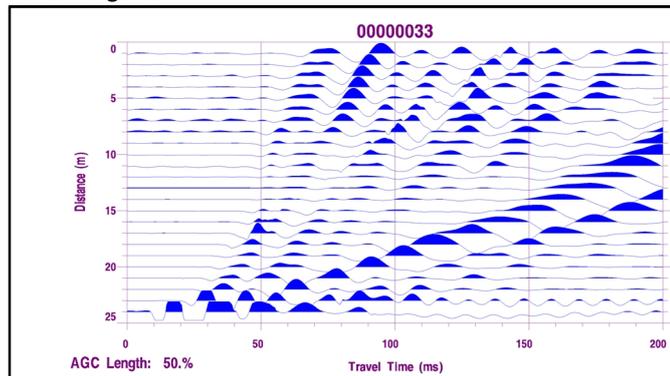
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

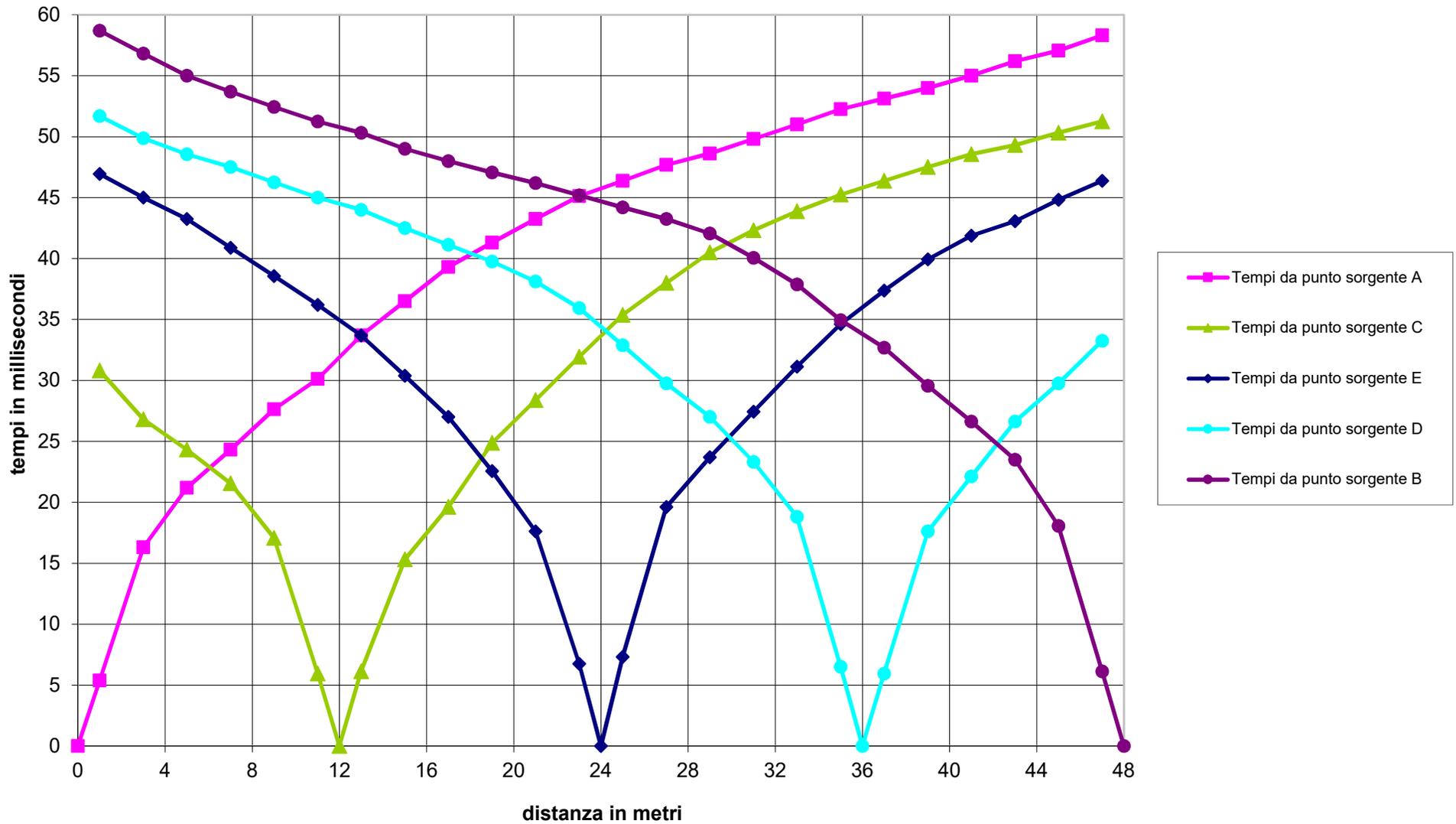


Punto sorgente "D"

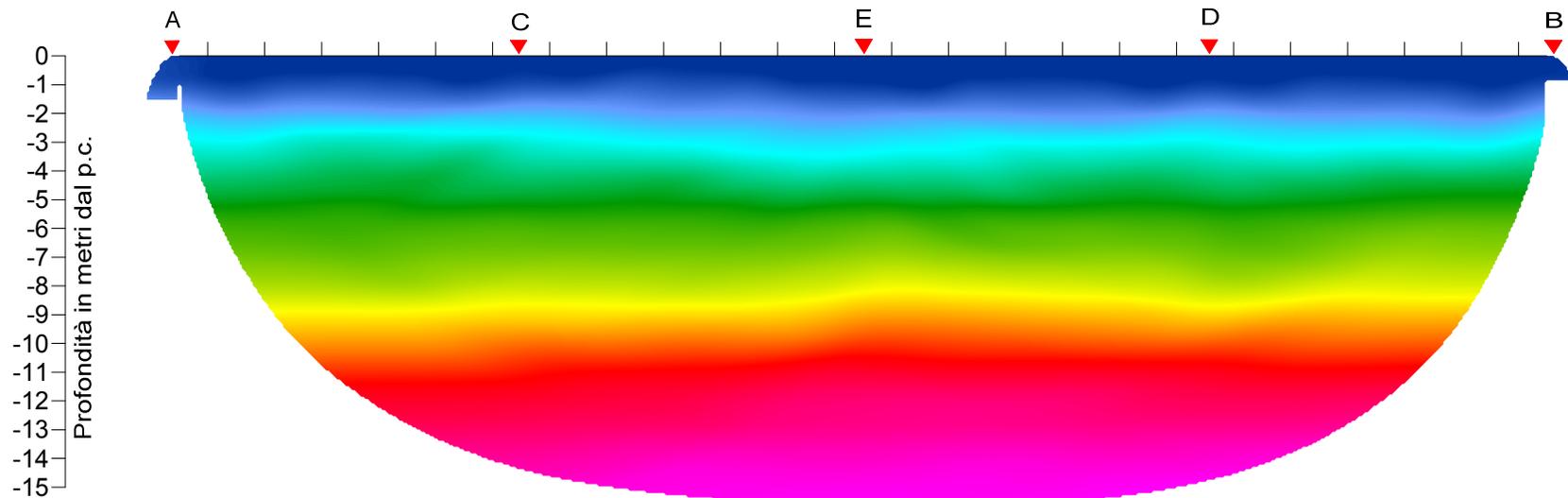


Punto sorgente "B"

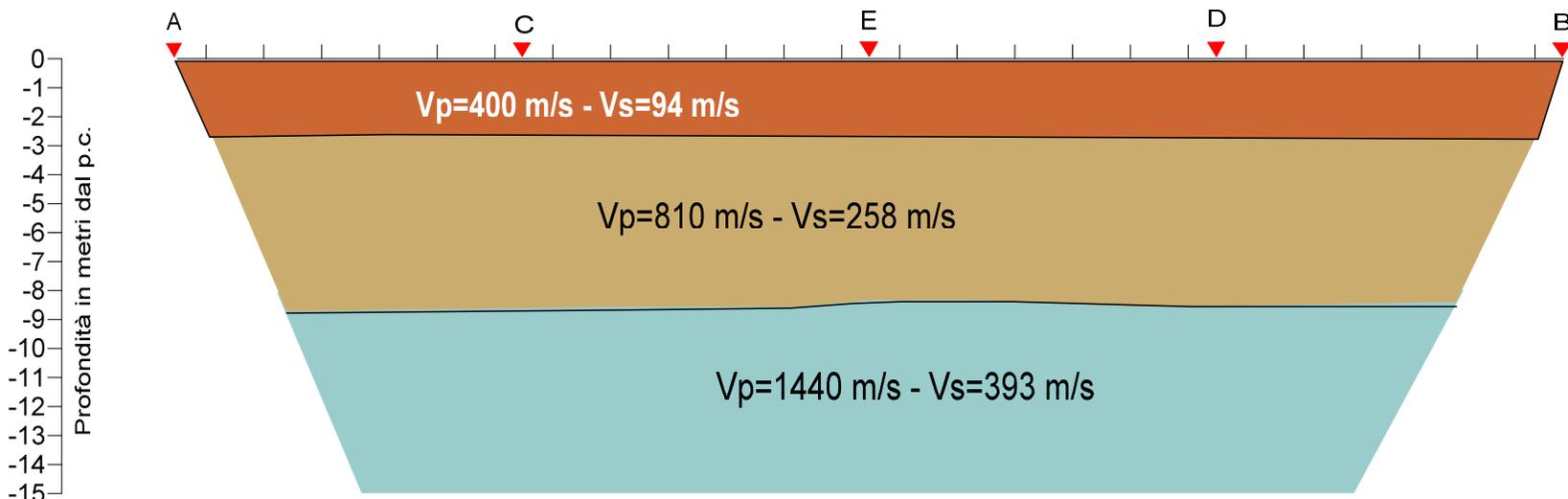
Dromocrone profilo sismico 1 - ONDE LONGITUDINALI



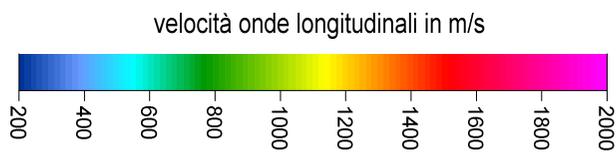
SEZIONE TOMOGRAFICA 1



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 1



- Depositi alluvionali sabbioso-limosi
- Limi sabbioso-argillosi
- Ghiaia in matrice limo-sabbiosa



| STAZIONE GEOFONICA

▼ PUNTO SORGENTE

0

 8m

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STENDIMENTO SISMICO 1

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) E MASW (REMI).



Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione con mazza battente onde longitudinali (Onde P)

ALLEGATO "PROFILO SISMICO 2"

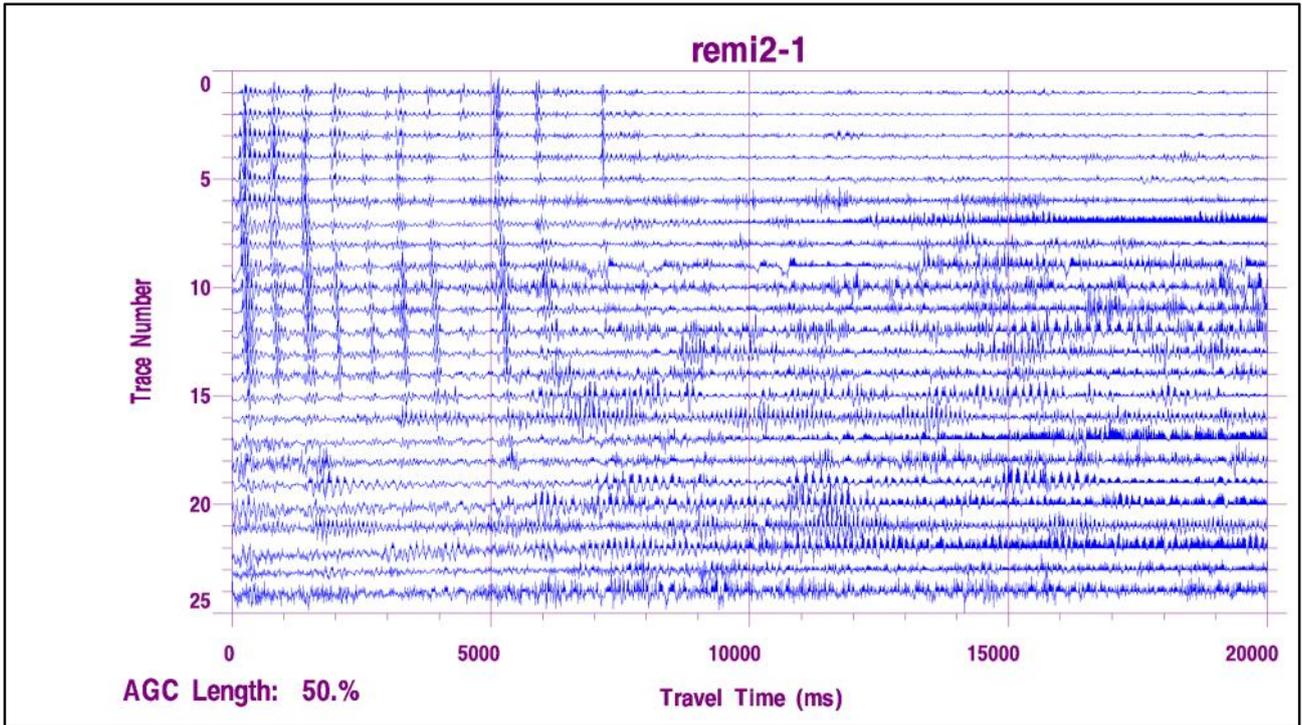
- **Sismogrammi analisi MASW (Re.Mi)**
 - **Analisi profilo MASW (Re.Mi)**
 - **Sismogrammi sismica a rifrazione onde P**
 - **Dromocrone P**
 - **Tomografia sismica ed interpretazione sismostratigrafica**
 - **Documentazione fotografica**
-

PRO

GEO s.a.s.

di Alberto Quarto

SISMOGRAMMI ANALISI MASW 2 (METODO RE.MI.)



Indagine MASW 2 "Analisi Re.Mi."

Immagine p-f

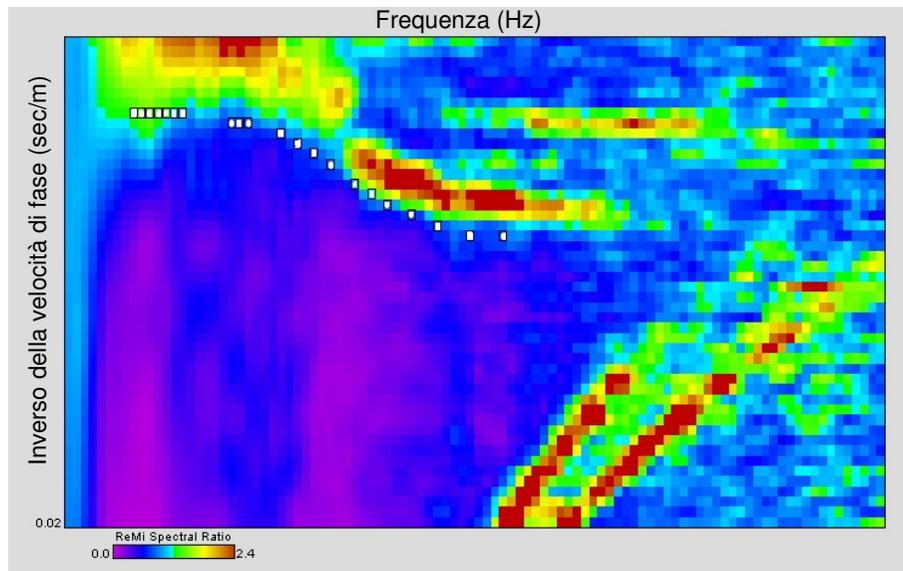


Grafico del modello di velocità
Delle onde trasversali

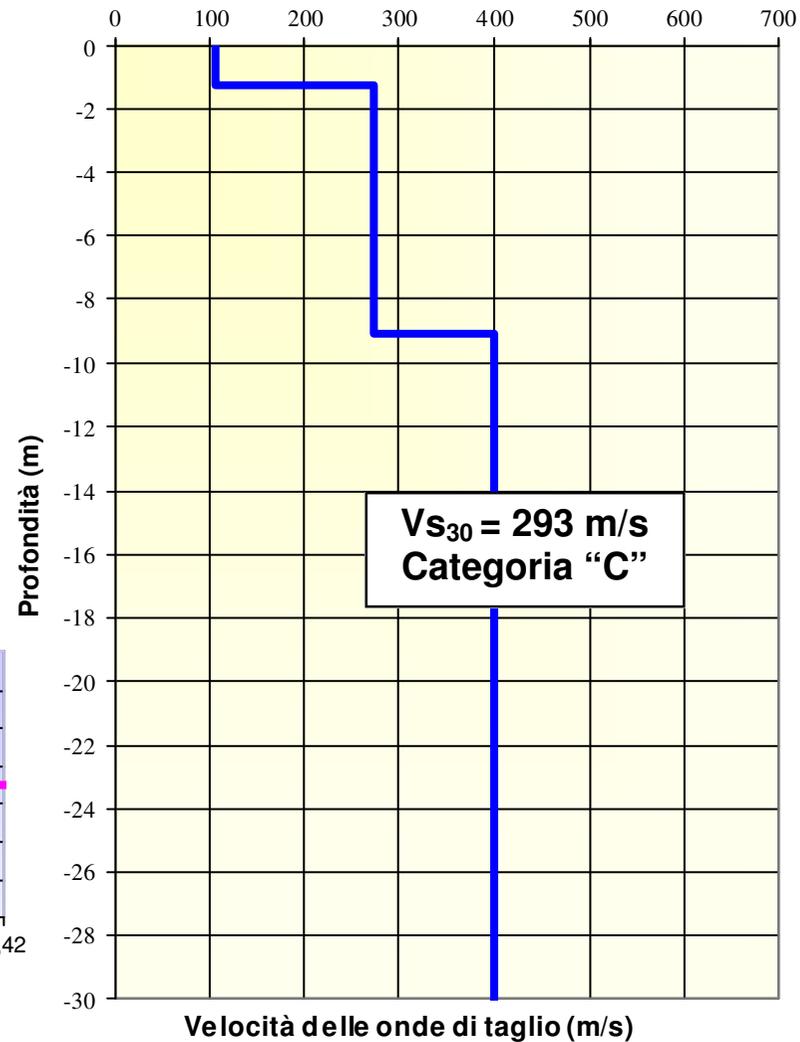
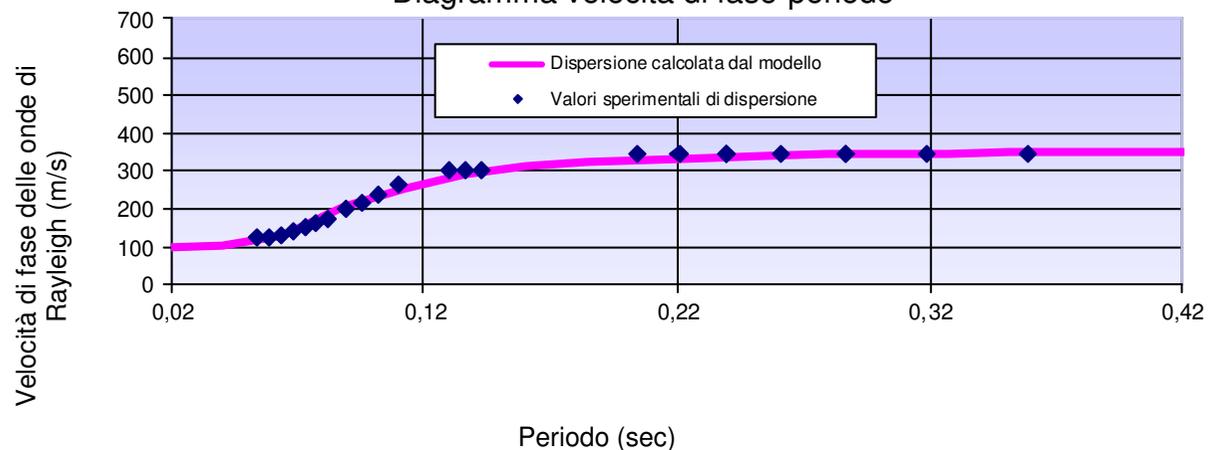
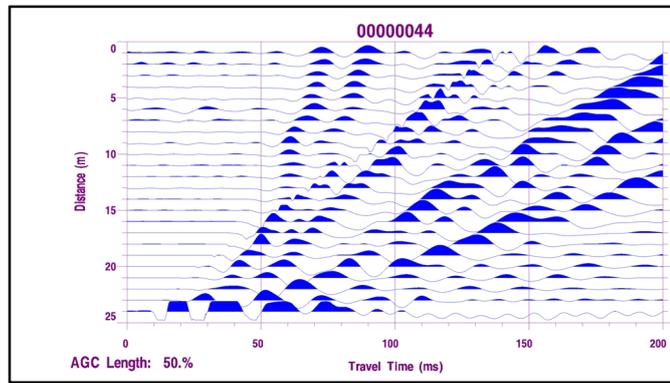


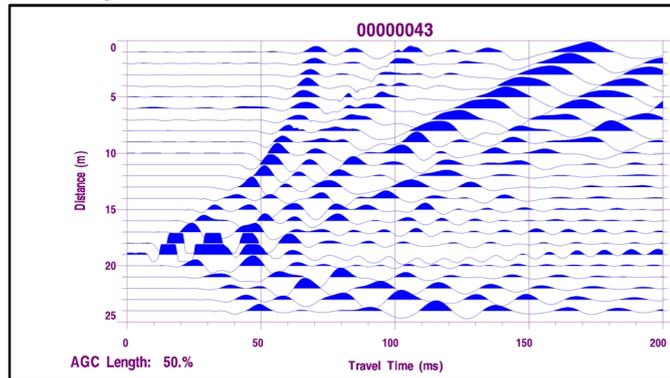
Diagramma velocità di fase-periodo



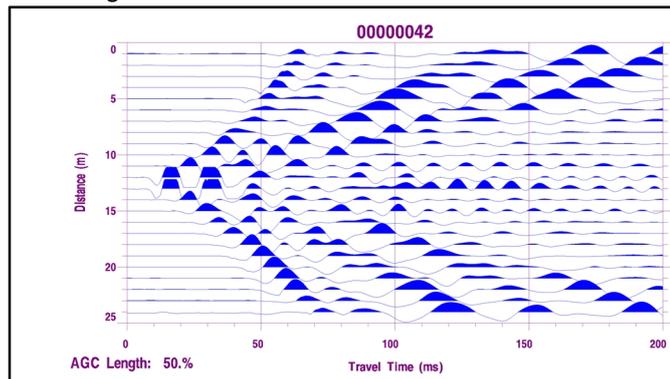
SISMOGRAMMI SISMICA A RIFRAZIONE ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) PROFILO 2



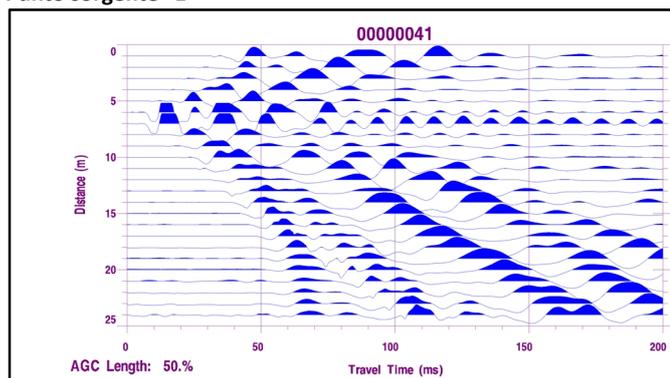
Punto sorgente "A"



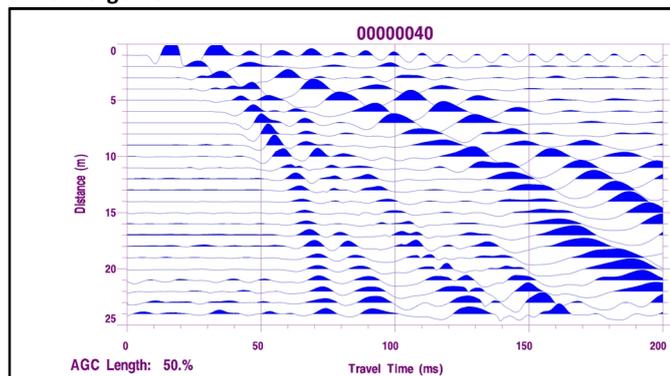
Punto sorgente "C"



Punto sorgente "E"

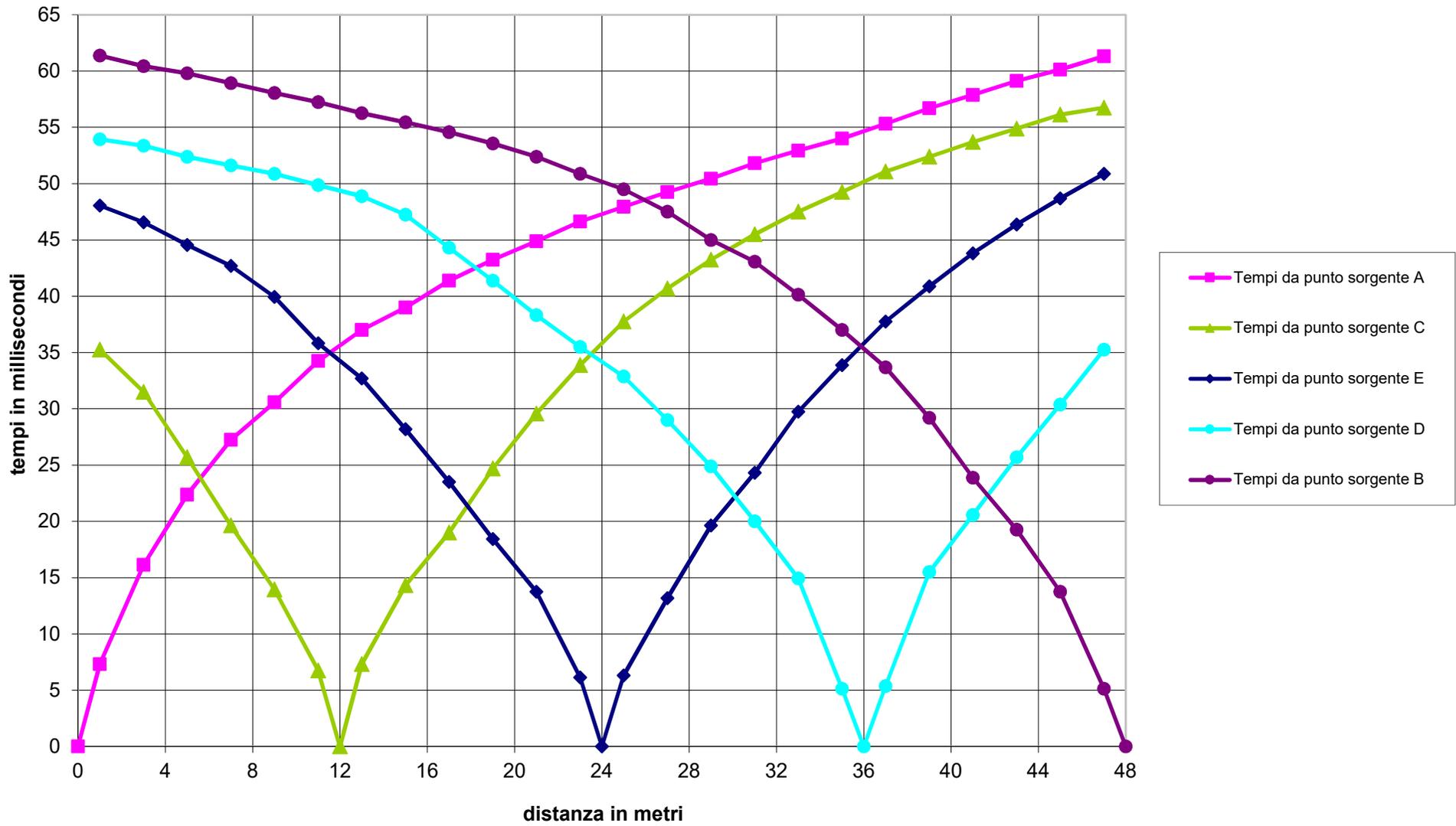


Punto sorgente "D"

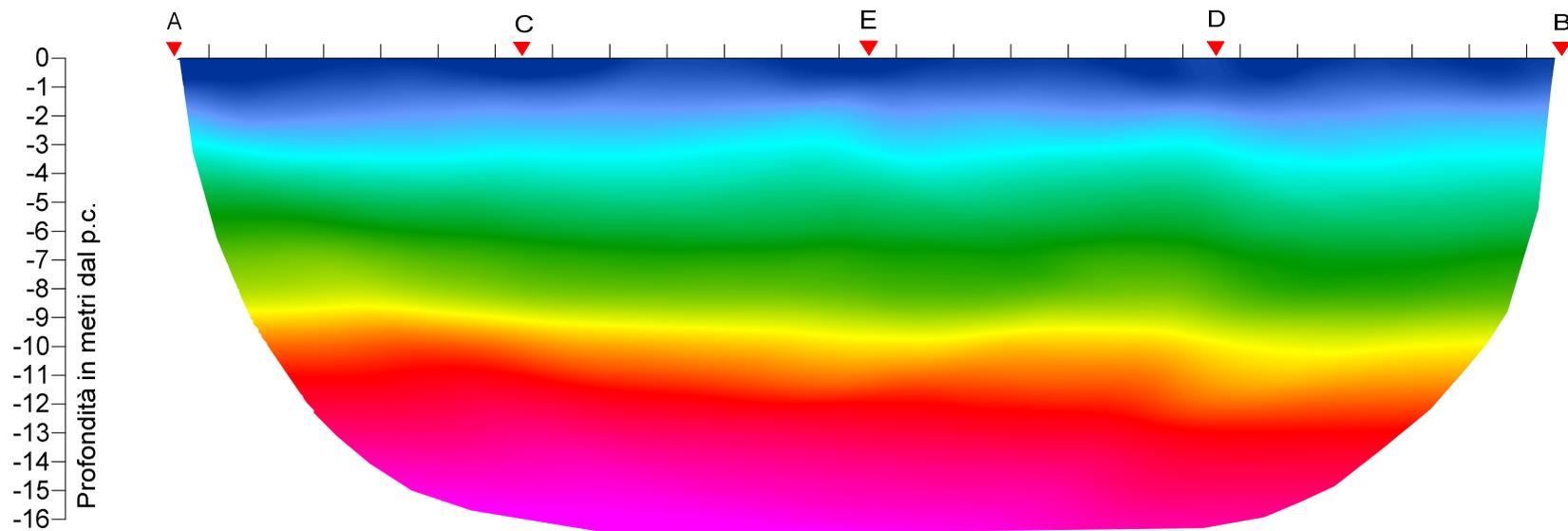


Punto sorgente "B"

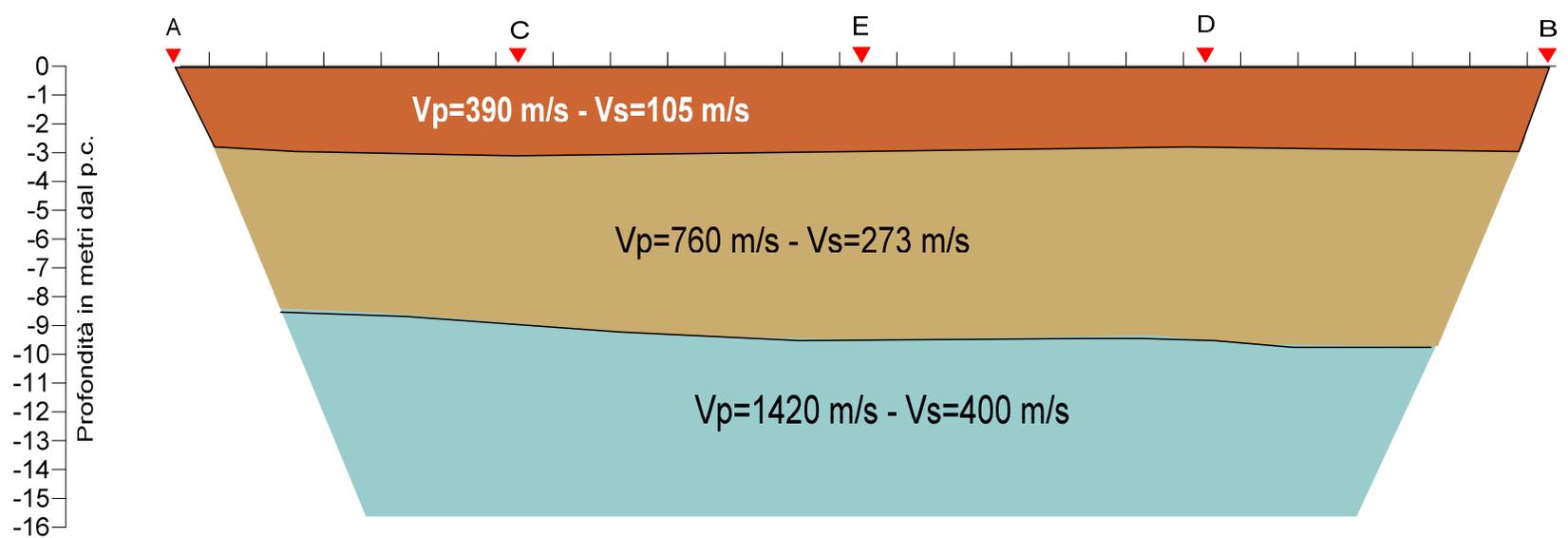
Dromocrone profilo sismico 2 - ONDE LONGITUDINALI



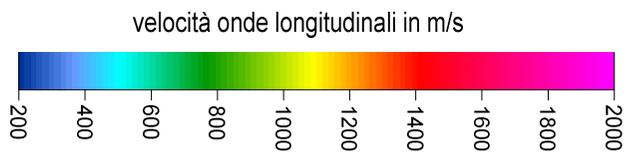
SEZIONE TOMOGRAFICA 2



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA 2



-  Depositi alluvionali sabbioso-limosi
-  Limi sabbioso-argillosi
-  Ghiaia in matrice limo-sabbiosa



| STAZIONE GEOFONICA

▼ PUNTO SORGENTE



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA STENDIMENTO SISMICO 2

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE LONGITUDINALI (ONDE P) E MASW (REMI).



Acquisizione dati misure sismiche



Energizzazione con mazza battente onde longitudinali (Onde P)