

REGIONE PUGLIA**PROVINCIA DI FOGGIA****COMUNI DI MANFREDONIA
ED ORTA NOVA**

Denominazione impianto:

LA PESCIA

Ubicazione:

**Comuni di Manfredonia (FG) ed Orta Nova (FG)
Località "La Pescaia"**Fogli: **134 - 135 / 2**Particelle: **varie****PROGETTO DEFINITIVO**

**per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da ubicare in agro
dei comuni di Manfredonia (FG) ed Orta Nova (FG) in località "La Pescaia",
potenza nominale pari a 39,8268 MW in DC e potenza in immissione pari a 37,8 MW in AC,
e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti negli stessi comuni.**

PROPONENTE

**SORGENIA RENEWABLES S.R.L.**

Milano (MI) Via Algardi Alessandro 4 - CAP 20148

Partita IVA: 10300050969

Indirizzo PEC: sorgenia.renewables@legalmail.it**Codice Autorizzazione Unica 34FUQ35**

ELABORATO

Relazione Geologica

Tav. n°

3RG

Scala

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Ottobre 2022	Istanza VIA art.23 D.Lgs 152/06 – Istanza Autorizzazione Unica art.12 D.Lgs 387/03			

PROGETTAZIONE

GRM GROUP S.R.L.
Via Caduti di Nassiriya n. 179
70022 Altamura (BA)
P. IVA 07816120724
PEC: grmgroupsrl@pec.it
Tel.: 0804168931



Spazio riservato agli Enti

IL TECNICO

Dott. Ing. **ANTONIO ALFREDO AVALLONE**
Contrada Lama n.18 - 75012 Bernalda (MT)
Ordine degli Ingegneri di Matera n. 924
PEC: antonioavallone@pec.it
Cell: 339 796 8183



Dott. Pasquale **TRIGGIANI**
Via G. Matteotti, 12
71010 – Ischitella (FG)
Ordine dei Geologi della Regione Puglia, n. 552
PEC: pasqualetriggiani@epap.sicurezzaapostale.it
Cell: 3466431824



INDICE

<i>1 – PREMESSA</i>	<i>pag. 2</i>
<i>2 – UBICAZIONE</i>	<i>pag. 3</i>
<i>3 – DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 5</i>
<i>4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE</i>	<i>pag. 6</i>
<i>5 - INQUADRAMENTO TETTONICO – SISMICITA' DELL'AREA</i>	<i>pag. 10</i>
<i>6 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE</i>	<i>pag. 14</i>
<i>7 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</i>	<i>pag.18</i>
<i>8 – IDROGEOLOGIA</i>	<i>pag.19</i>
<i>9 - CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE</i>	<i>pag.22</i>
<i>10 – PIANO DI BACINO - STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO</i>	<i>pag.25</i>
<i>11 – CARATTERIZZAZIONE SISMICA SPECIFICA DEI SITI</i>	<i>pag.26</i>
<i>12 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE</i>	<i>pag.26</i>
<i>13 – CONCLUSIONI</i>	<i>pag.27</i>
 <i>ALLEGATI:</i>	
<i>- UBICAZIONE C.P.T. E SONDAGGI SISMICI</i>	<i>fogli 1;</i>
<i>- DESCRIZIONE PROVE C.P.T.</i>	<i>fogli 8;</i>
<i>- INDAGINE GEOFISICA</i>	<i>fogli 31;</i>
<i>- STRATIGRAFIE E PROVE DI LAB. IN LOC. “BECCARINI RAMATOLA”</i>	<i>fogli 3;</i>
<i>- STRATIGRAFIE POZZI (ARCHIVIO ISPRA)</i>	<i>fogli 2.</i>

1 - PREMESSA

Ottemperando all'incarico ricevuto dalla SORGENIA RENEWABLES S.R.L. con sede in via Algardi Alessandro, 4, 20148 Milano (MI), partita IVA: 10300050969, pec: sorgenia.renewables@legalmail.it, lo scrivente dott. geologo Pasquale Triggiani, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Puglia con il n. 552 e al Collegio dei Geometri di Lucera n. 1296, ha redatto la presente relazione geologica, necessaria per la richiesta di autorizzazione relativa al progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da ubicare in agro dei comuni di Manfredonia (FG) ed Orta Nova (FG) in località "La Pescia" e delle relative opere di connessione alla RTN.

Il lavoro si è svolto in due fasi, preliminarmente è stato effettuato un rilievo geologico dell'area per valutare eventuali problemi connessi con la natura e le caratteristiche dei terreni che possono gravare in modo significativo sulla progettazione delle opere che si intendono realizzare, successivamente sono state reperite le informazioni sugli studi e lavori svolti nell'area.

Nello specifico è stato svolto il seguente lavoro:

- ricerca bibliografica;
- rilevamento geomorfologico di superficie delle aree interessate;
- riesame e confronto di alcuni studi di natura geologico - tecnica eseguiti in zone limitrofe;
- studio di compatibilità PAI;
- definizione dei parametri geotecnici – sismici ricavati dalla bibliografia e/o da indagini eseguite in zone limitrofe su terreni similari;
- esecuzione di n. 2 sondaggi sismici;
- esecuzione di n. 2 CPT;
- stesura della relazione geologica in riferimento alla normativa vigente (DM 17.01.2018 – DPR 380/01 – L.02.02.1974 n 64 e successive modificazioni).

2 – UBICAZIONE

Le zone oggetto di studio denominate A1 e A2 trovano riferimento in due distinte tavolette appartenenti al Foglio 164, nello specifico, l'area A1 è ubicata in agro del comune di Manfredonia ed è identificata dalla tavoletta IGM 164 II NO (fig. 1), mentre, l'area A2 è ubicata in agro del comune di Orta Nova e rientra nella tavoletta IGM 164 II SO (fig. 2). Entrambe le suddette aree, sono caratterizzate da una morfologia pianeggiante e si posizionano rispetto al livello del mare, nel modo seguente:

A1 - quota media 25 m circa s.l.m.;

A2 - quota media 35 m circa s.l.m..

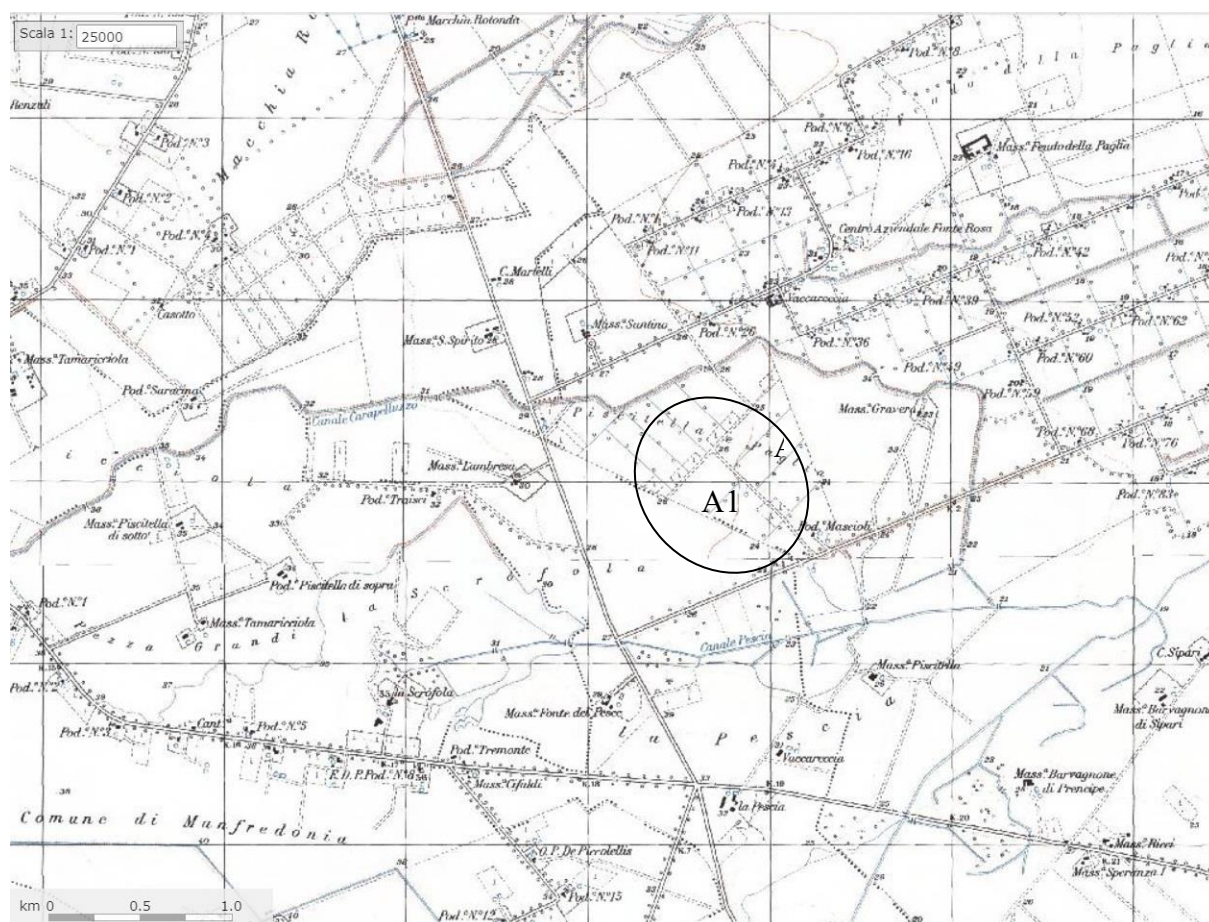


Fig.1 - Stralcio topografico dell'area A1 (IGM 25.000-Tavoletta IGM 164 II NO)

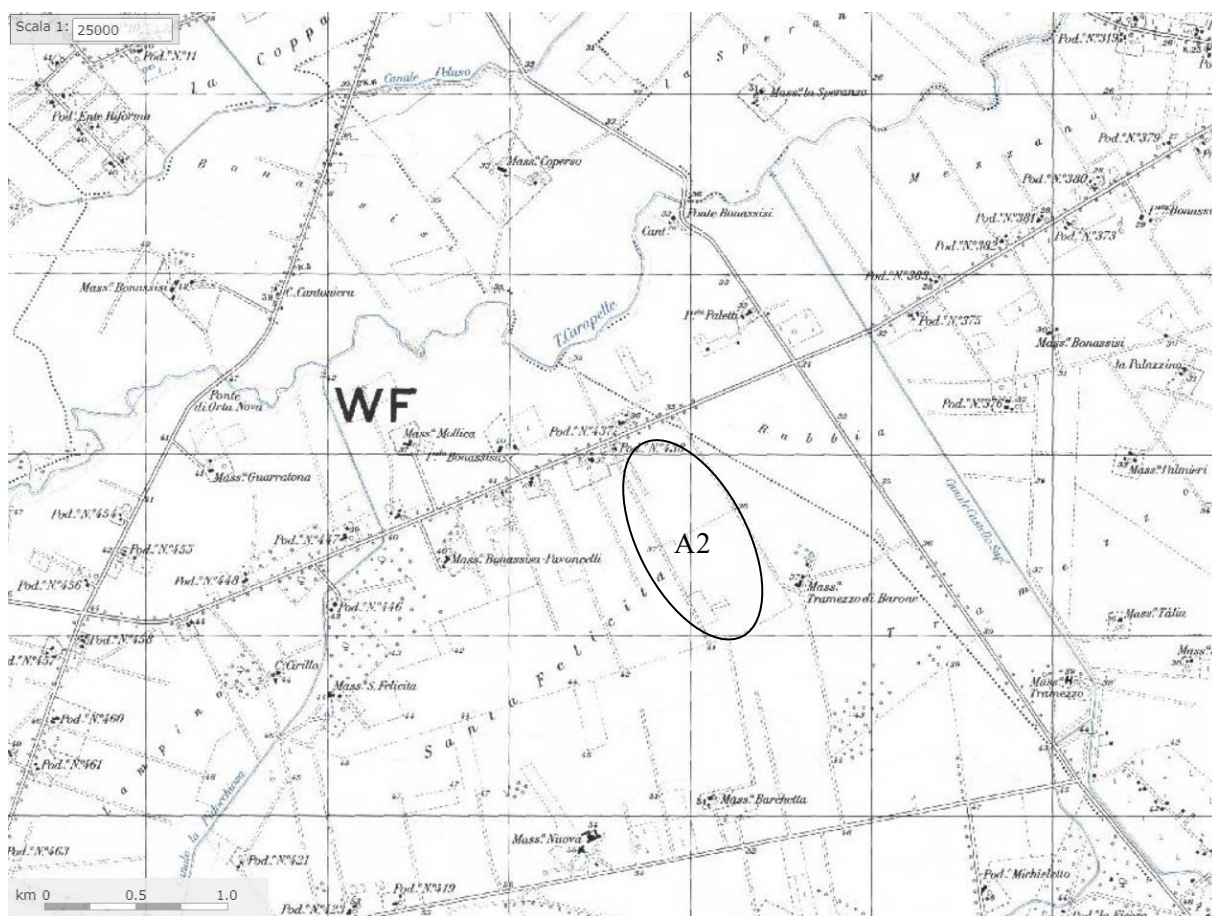


Fig.2 - Stralcio topografico dell'area A2 (IGM 25.000-Tavoletta IGM 164 II SO)

Le aree A1 e A2 sono catastalmente individuate dalle p.lle di seguito riportate:

Fogli e particelle catastali interessate dal progetto (Area impianto)	
A1	MANFREDONIA - FOGLIO 134 PARTICELLE: 56, 59, 60, 130, 131, 134; MANFREDONIA – FOGLIO 135 PARTICELLE: 69 (parte), 70 (parte), 73, 76, 85, 86, 182 (parte);
A2	ORTA NOVA - FOGLIO 2 PARTICELLE: 41, 62 (parte), 267, 268.

per una superficie complessiva di circa 57 ha.

3 – DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'intervento in questione, riguarda la realizzazione di un impianto agrovoltaiico suddiviso in due aree (A1 e A2) connesso alla RTN della potenza di picco pari a 39,8268 MW in DC da ubicare in agro dei comuni di Manfredonia (FG) Orta Nova (FG), e delle opere connesse e di infrastrutture indispensabili, il tutto riportato in (fig. 3).

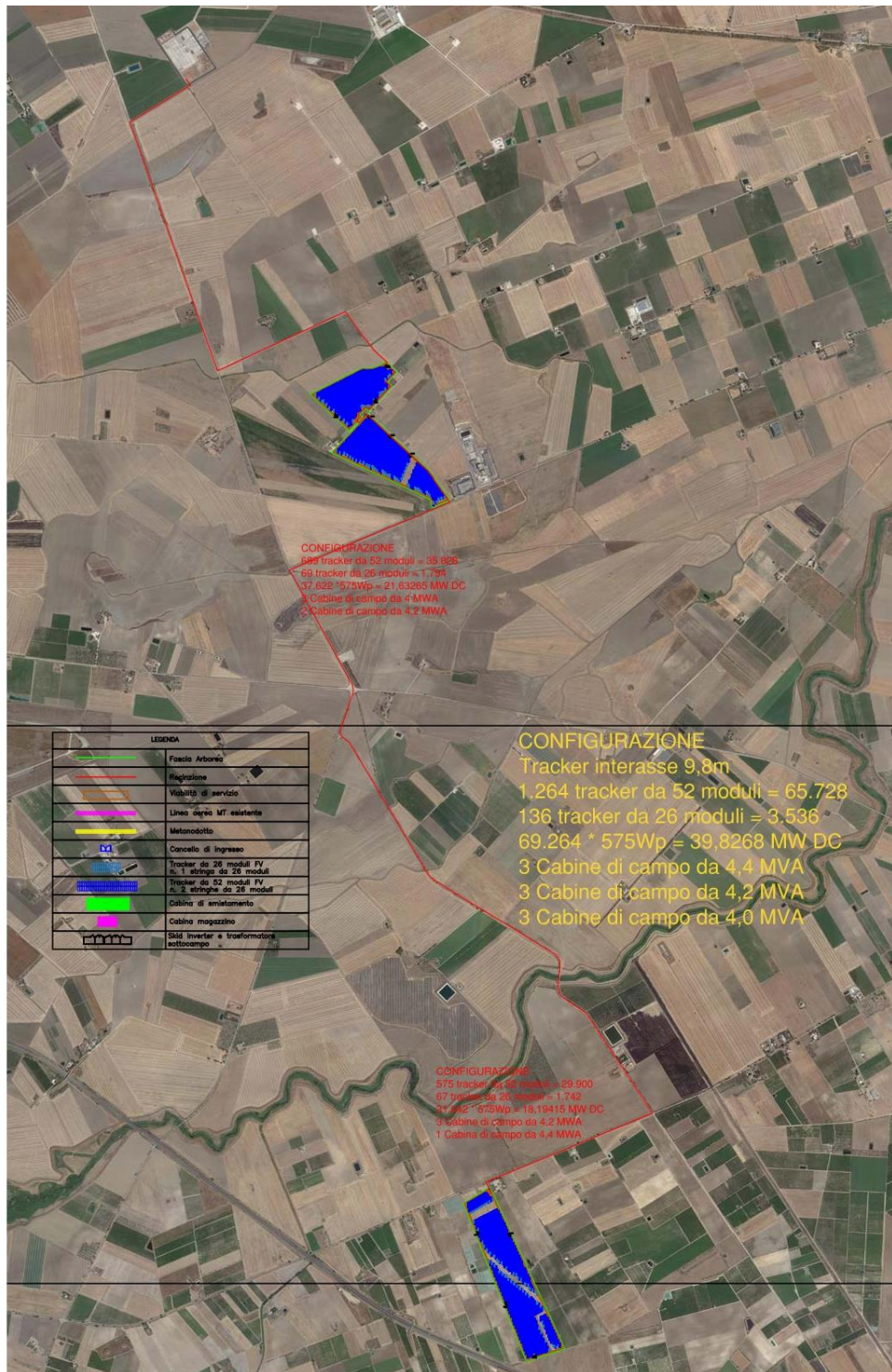


Fig. 3 – Layout impianto

4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'area di studio risulta ubicata nella 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 delinearasi agli inizi del Terziario nel corso dell'orogenesi appenninico - dinarica contestualmente all'avanzare delle falde appenniniche verso est (Ricchetti et al., 1988). 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 stata 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.



Fig.4 - Inquadramento geologico (in rosso l'area di studio)

Nel Tavoliere affiorano litotipi di diversa natura ed età, come desumibile dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Sulla base dei caratteri litostratigrafici e in considerazione dell'area geografica di appartenenza, i terreni localmente affioranti sono stati riferiti alle seguenti unità:

UNITÀ APPENNINICHE (Cretaceo - Pliocene medio)

Sono rappresentate sia dalle associazioni litologiche in facies di flysch, a giacitura caotica e a prevalente componente argillosa, e sia dalle sabbie e dai conglomerati di età infra-meso pliocenica. Data l'analogia nelle modalità di traslazione e messa in posto, Balduzzi et al. (1982) raggruppano tali unità sotto il generico termine di alloctono qui denominato "Complesso dei Monti della Daunia".

UNITÀ DELL'AVAMPAESE APULO (Cretaceo – Pliocene sup.)

Sono rappresentate dai calcari della piattaforma carbonatica apula del Cretaceo e dai depositi calcarenitici del Miocene e del Plio-Pleistocene.

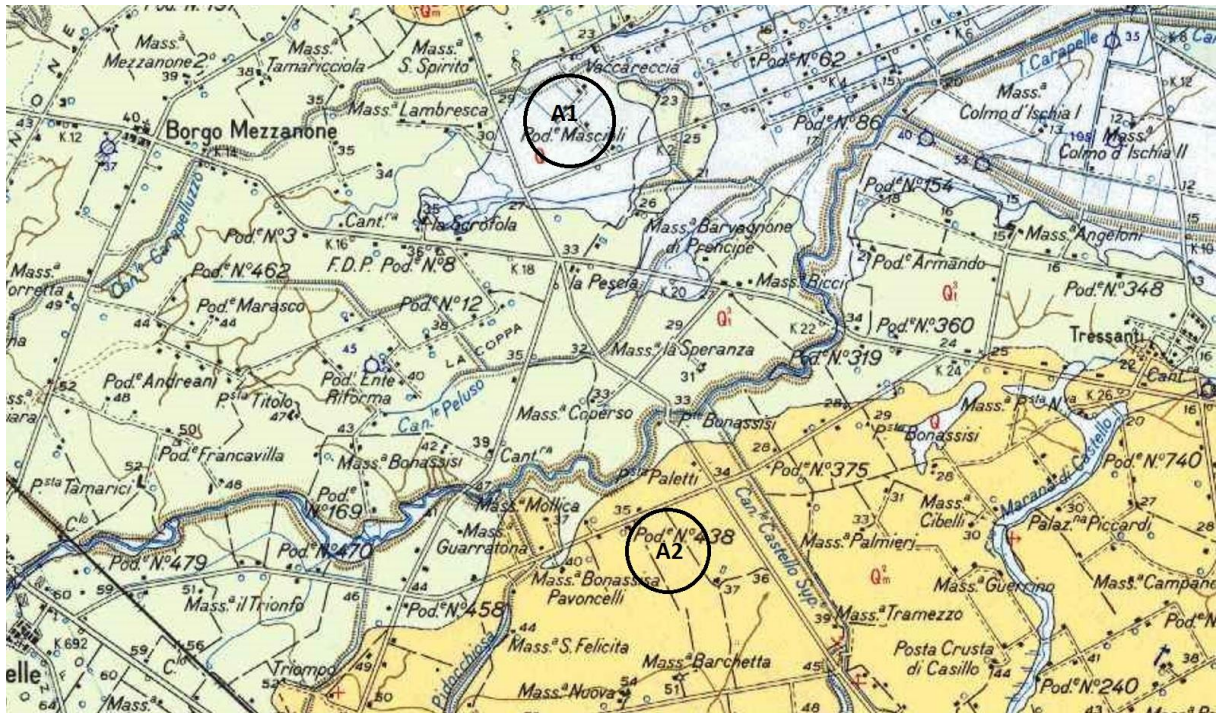
I calcari affiorano estesamente nelle limitrofe aree del Gargano e delle Murge mentre nell'area del Tavoliere sottostanno alla spessa ed estesa copertura dei sedimenti di Avanfossa (Ricchetti et al., 1988). Le calcareniti mioceniche e i depositi calcarenitici più recenti ("tufi calcarei") affiorano, invece, in lembi di limitata estensione e spessore nell'area garganica e lungo il bordo murgiano dell'area.

UNITÀ DEL TAVOLIERE (Pliocene – Olocene)

Queste unità sono costituite dai depositi di riempimento dell'avanfossa appenninica, di età pliocenica e infrapleistocenica, e dai depositi marini e alluvionali delle coperture mediosuprapleistoceniche e oloceniche della piana.

I depositi della fase di riempimento della Fossa bradanica, costituiti da alternanze sequenziali di sabbie e argille, indicate con il generico termine di "Argille grigio azzurre", affiorano principalmente lungo una larga fascia che borda i fianchi orientali dell'Appennino, lungo la bassa valle del F. Ofanto, tra Barletta e Canosa e lungo il F. Fortore. Nella parte medio-bassa della piana, le "Argille grigio-azzurre" sottostanno alla copertura alluvionale e lo spessore dell'unità si riduce in corrispondenza della fascia costiera. La serie, che assume carattere regressivo, si chiude con i terreni sabbiosi e sabbioso-conglomeratici del Pleistocene inf. che affiorano in un'estesa zona compresa tra Ascoli Satriano e Lavello ed in una sottile fascia lungo il F. Fortore e nei pressi di Ser-

racapriola. Lungo la fascia settentrionale del Tavoliere (nei pressi di Poggio Imperiale, Chieuti e S. Severo) e a SE del F. Ofanto si rinvengono depositi marini terrazzati del Pleistocene medio-sup. costituiti in prevalenza da limi, sabbie limose e sabbie. Lungo il bordo occidentale del Tavoliere, s'individuano, inoltre, i depositi terrazzati alluvionali e deltizi del Pleistocene sup. che formano strutture prevalentemente allungate in direzione W-E ed interrotte dalle numerose incisioni prodotte dagli attuali corsi d'acqua. In tutta l'area, specialmente quella orientale, prendono particolare sviluppo i sedimenti della pianura alluvionale, anch'essi del Pleistocene sup.-Olocene che, a partire dalle quote di circa 170-175 m, si spingono fin nei pressi della costa conferendo un aspetto pianeggiante all'intera regione. Gli spessori, variabili, tendono ad aumentare procedendo da W verso E raggiungendo valori massimi nella zona rivierasca. Tali depositi, rappresentati da un'alternanza lenticolare di sedimenti alluvionali ghiaiosi, sabbiosi e argillosi, di facies continentale (Cotecchia, 1956), rappresentano il risultato dei numerosi episodi deposizionali che hanno interessato il Tavoliere. Con riferimento alla Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 (Foglio n. 164) nell'area di studio sono presenti terreni formati nell'Olocene (alluvioni recenti - area A1 – impianto in agro di Manfredonia) e Pleistocene (sabbie giallastre - area A2 – impianto in agro di Orta Nova) vedasi fig. 5.



Alluvioni recenti e attuali (Q); conoidi di deiezione. Detriti di falda (dt).



Sabbie giallastre, pulverulente, con concrezioni calcaree e molluschi marini di facies litorale. Quasi dovunque coperte da un crostone calcareo-sabbioso straterellato.

Fig.5 - Stralcio Carta Geologica D'Italia 1:100.000 - Foglio 164

5 - INQUADRAMENTO TETTONICO – SISMICITA' DELL'AREA

L'Italia si colloca nel settore centrale del bacino Mediterraneo, caratterizzato da un complesso mosaico geodinamico, contraddistinto attualmente da zone di convergenza e di distensione con diverso grado di attività. In prevalenza, la deformazione crostale si distribuisce lungo sistemi di faglie riconoscibili in superficie, ma talvolta sepolti, e si manifesta con eventi sismici. Una mappa degli scuotimenti sismici documentati storicamente per il territorio nazionale, anche in una forma grezza come quella dei massimi di intensità (Fig. 6), evidenzia una considerevole eterogeneità delle caratteristiche di sismicità sia del territorio nazionale, sia di quello pugliese.

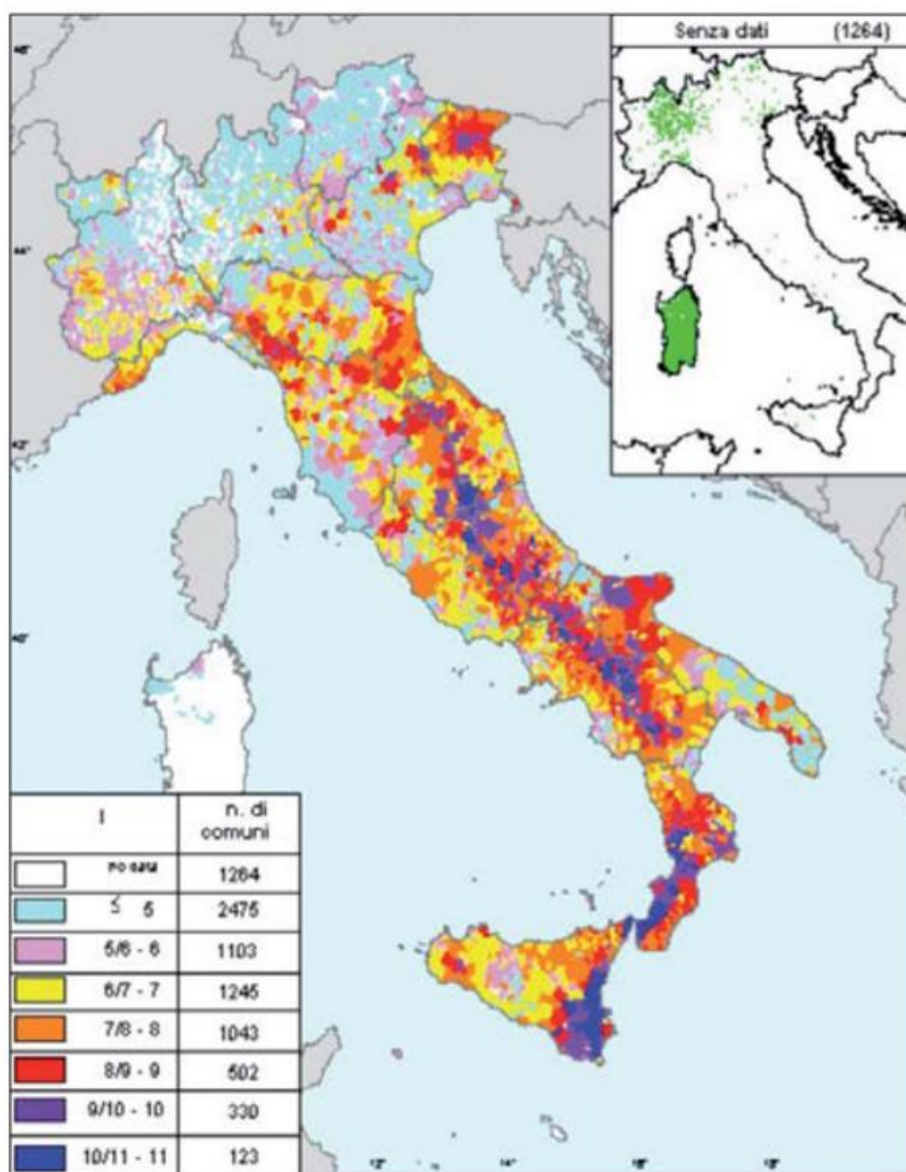


Figura 6 – Mappa delle massime intensità macrosismiche documentate per eventi tra il 1000 e il 1992 (da Camassi et al., 2000).

Le principali faglie presenti nell'Italia meridionale sono riferibili a fenomeni di sovrascorrimento della catena appenninica in direzione NO-SE accompagnato da due altri sistemi secondari di cui uno normale al precedente NE-SO e l'altro dei due in direzione Est-Ovest. Le numerose osservazioni sinora effettuate nel mondo indicano che il fenomeno della fagliazione superficiale diviene comune per terremoti crostali a partire da magnitudo intorno a 5.5-6, con rigetti e lunghezze di rottura sempre maggiori all'aumentare della magnitudo. In Italia, molti terremoti storici catastrofici (e.g., i terremoti del 1783 in Calabria, 1915 nel Fucino, 1980 in Irpinia, con magnitudo intorno a 7), sono stati associati a fenomeni di fagliazione superficiale con rigetti prossimi o superiori al metro. Studi paleosismologici hanno consentito di riconoscere fenomeni simili in epoca tardo Pleistocenica-Olocenica lungo varie strutture tettoniche considerate in precedenza inattive, dimostrandone una frequenza maggiore di quanto prima supposto. La fagliazione superficiale può indurre seri danni agli edifici e alle infrastrutture e quindi rappresentare una rilevante fonte di pericolosità. Di conseguenza, la conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio (*da ISPRA progetto ITHACA - Catalogo delle faglie capaci*).

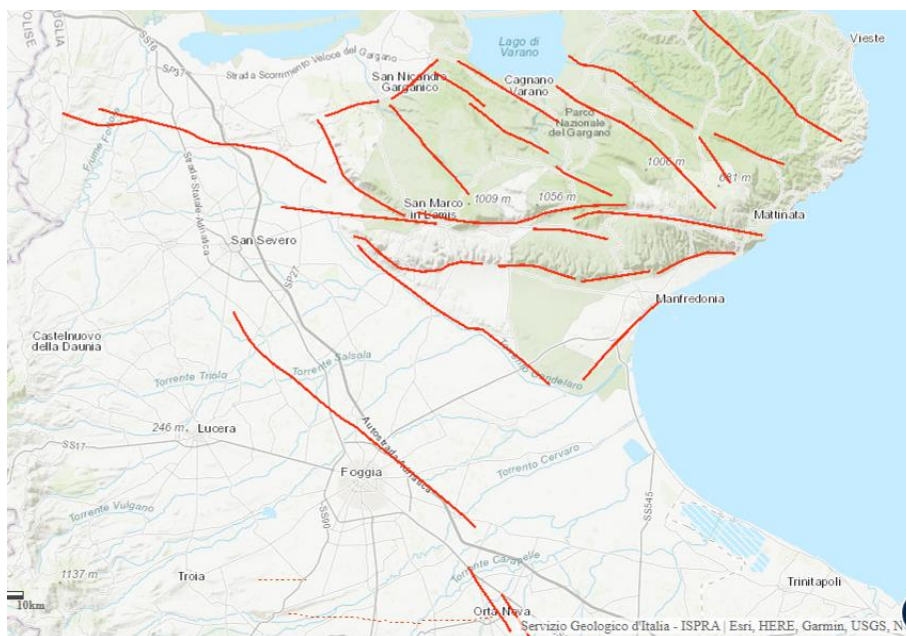
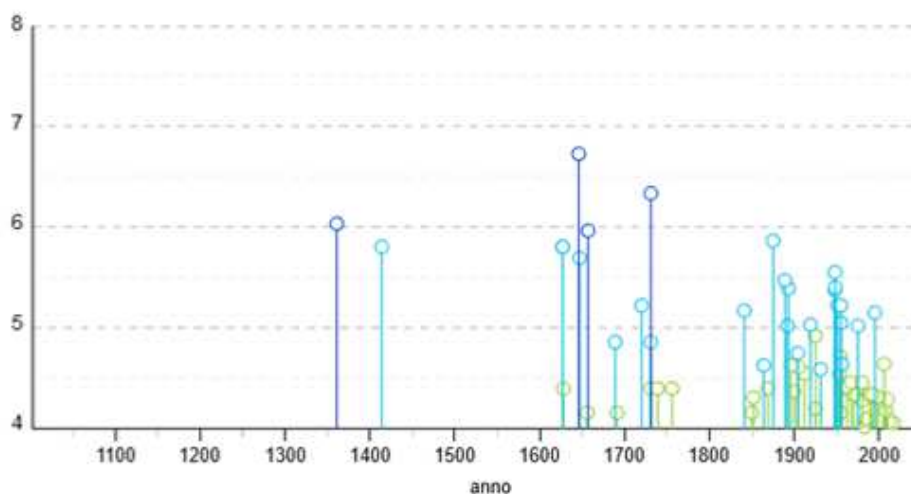


Fig.7 - Stralcio cartografia delle faglie capaci nell'area di studio - da ISPRA progetto ITHACA

La sismicità del territorio pugliese ha un andamento tendenzialmente decrescente dell'energia degli scuotimenti da nord a sud, passando dall'area della Capitanata, alle Murge ed al Salento, sia pure articolato dalla presenza di rilevanti massimi locali nel territorio salentino. Questo trend appare correlato con il quadro tettonico-strutturale che individua nella Puglia un lembo emerso di una piattaforma carbonatica al margine della microplacca Adriatica. Svareti dati di geodinamica convergono nell'attribuire a tale microplacca un moto di rotazione antioraria, sotto la spinta contrapposta delle macroplacche Africana ed Euroasiatica. Trattandosi di una microplacca rigida circondata su tre lati da domini strutturali più deformabili, essa condiziona la sismicità di questi ultimi, scaricando su di essi gli stress tettonici accumulati lungo i suoi margini, in corrispondenza di strutture orogeniche che vanno dalla catena appenninica a quella alpina ed alle catene costiere della penisola balcani (*SIGEA Geologia dell'ambiente 2018*). In questo contesto, l'allungamento della Puglia lungo una direzione obliqua rispetto al confine strutturale che separa la placca Adriatica dalla fascia orogenica appenninica, implica la presenza di un gradiente degli stress tettonici, che si riflette anche nel differente livello di sollevamento dei blocchi in cui è segmentata la piattaforma carbonatica (*dal Gargano, alle Murge ed al Salento: vedi Doglioni et al., 1994*), a cui è associato un correlato decremento della sismicità.

Nell'area è stata cartografata una faglia capace e/o diretta/incerta - sepolta (*da Progetto ITHACA – Carta Geologica Progetto CARG ISPRA*), inoltre, in base all'archivio storico macrosismico italiano (<https://emidius.mi.ingv.it>) sono stati registrati circa 70 eventi sismici con magnitudo massima 6.72 che hanno interessato il territorio di Manfredonia, vedasi la tabella seguente e la figura n. 8.

Localizzazioni e Mw provenienti da CPTI15 v3.0 (Rovida et al., 2021)



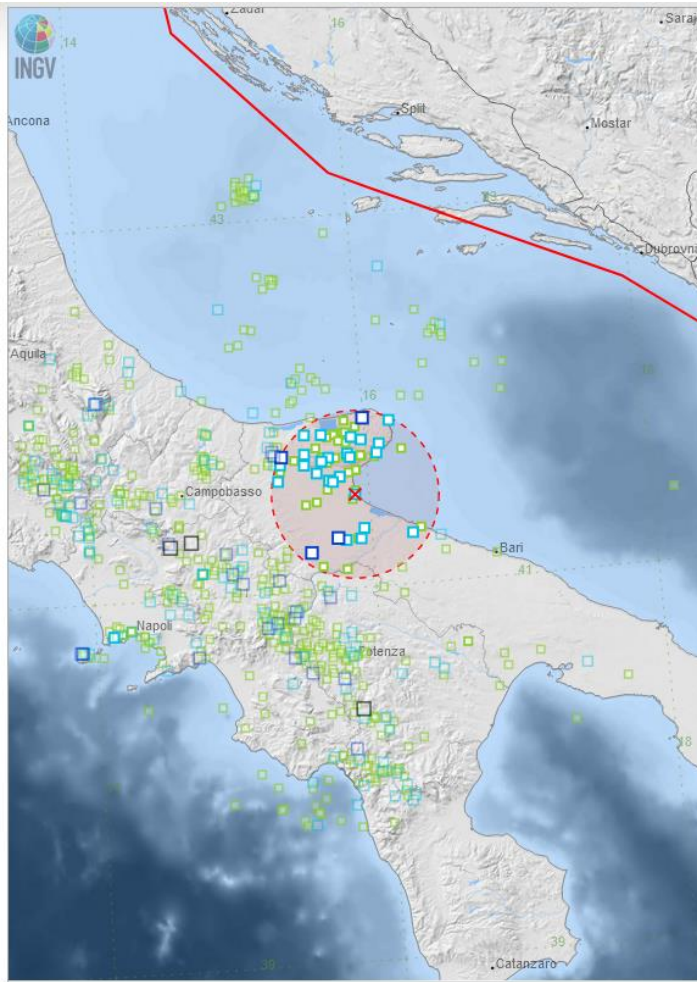


Fig. 8 - (da Postpischl D., 1985. *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*; Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise G., Gasperini P. (eds), 2000. *Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. Annali di Geofisica* - Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise G., Gasperini P. (eds), 2000. *Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. Annali di Geofisica*).

1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	41.104	15.805	5	4.31
1998 09 22 23 23 38.87	Gargano		41.792	15.808		4.32
2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384	41.801	15.903		4.64
2008 03 19 14 38 57.72	Gargano		41.898	15.858		4.18
2010 09 17 12 20 17.75	Tavoliere delle Puglie		41.472	15.623		4.29
2012 08 12 01 21 36.80	Gargano		41.726	16.254		4.07
2017 04 23 04 25 36.26	Gargano		41.829	15.784		4.06
1646 05 31	Gargano	35	41.905	15.993	10	6.72
1647 05 05 12 30	Gargano	5	41.732	15.558	7-8	5.69
1656 10 17	Gargano	2	41.706	15.959	5	4.16
1657 01 29 02	Capitanata	12	41.726	15.393	8-9	5.96
1689 09 21	Costa pugliese centrale	3	41.273	16.288	6-7	4.86
1691 09 26	Tavoliere delle Puglie	1	41.264	15.898	5	4.16
1720 06 07	Tavoliere delle Puglie	7	41.262	15.920	6-7	5.22
1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	41.274	15.757	9	6.33
1731 05 10 05 20	Costa pugliese centrale	3	41.300	16.349	5-6	4.40
1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	41.317	15.947	6-7	4.86
1733 05 15 00 30	Puglia	3				
1739 02 12 21 30	Tavoliere delle Puglie	5	41.462	15.545	5-6	4.40
1756 10 22	Golfo di Manfredonia	4	41.630	15.917	5-6	4.40
1841 02 21	Gargano	13	41.627	15.637	6-7	5.17
1850 11 02 02 30	Gargano	1	41.826	15.776	5	4.16
1852 12 09 21 15	Gargano	12	41.703	15.482	5	4.31
1864 04 05 19 30	Gargano	3	41.630	15.917	4	3.70
1864 12 28 12	Gargano	3	41.835	15.567	6	4.63
1869 03 31 13	Gargano	3	41.709	15.683	5-6	4.40
1875 12 06	Gargano	97	41.689	15.677	8	5.86
1889 12 08	Gargano	122	41.830	15.688	7	5.47
1892 04 20	Gargano	15	41.762	16.097	6-7	5.02
1893 08 10 20 52	Gargano	69	41.713	16.075	8	5.39
1896 04 17 11 53	Gargano	1	41.706	15.959	6	4.63
1900 12 23 22 30	Gargano	20	41.815	15.727	5	4.37
1904 04 08 08 22	Gargano	27	41.706	15.728	6	4.75
1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	41.649	15.379	5	4.61
1908 09 16 20 15	Gargano	14	41.752	15.715	3-4	3.72
1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	41.476	15.880	5	4.55
1919 10 21 00 24	Gargano	24	41.674	15.551	5-6	5.03
1925 07 28 03 33	Tavoliere delle Puglie	6	41.264	15.898	5	4.20
1925 08 25 05 10	Gargano	14	41.882	16.180	5	4.92
1931 12 03 09 32	Tavoliere delle Puglie	12	41.260	15.814	6	4.59
1941 05 18	Tavoliere delle Puglie		41.700	15.400		
1941 08 20 10 36 32.00	Tavoliere delle Puglie		41.700	15.400		
1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	41.575	15.748	7-8	5.55
1948 08 21 08 44 47.00	Gargano		41.600	15.800		5.40
1948 08 22 23 16 20.00	Gargano		41.500	15.900		5.37
1951 01 16 01 11	Gargano	73	41.808	15.900	7	5.22
1953 07 19 18 46	Gargano	5	41.520	15.904	4-5	4.55
1954 10 26 02 25	Gargano	8	41.620	15.866	4-5	4.72
1955 02 09 10 06	Gargano	31	41.721	15.865	6-7	5.05
1955 03 18 06 49 37.00	Gargano		41.700	15.883		5.22
1955 07 12 04 02	Gargano	8	41.706	15.959	5	4.16
1956 08 17 10 39	Gargano	3	41.709	15.683	5-6	4.40
1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	41.584	15.721	6	4.64
1962 01 19 05 01 25.00	Gargano	31	41.679	15.717	5	4.42
1967 06 17 15 42 58.00	Gargano	16	41.594	15.790	5	4.46
1970 01 21 18 36 25.00	Gargano	14	41.835	15.861	5	4.34
1975 06 19 10 11	Gargano	61	41.689	15.677	6	5.02
1980 11 23 21 30 16.35	Irpinia-Basilicata		41.127	15.636		4.46
1980 11 23 21 53 14.00	Tavoliere delle Puglie		41.536	15.706		4.28
1983 09 30 11 30 39.91	Gargano		41.695	16.057		4.02
1985 10 27 11 45 27.91	Gargano		41.705	15.854		4.10
1989 03 11 21 05	Gargano	61	41.762	15.642	5	4.34
1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	41.702	15.778	5	4.34
1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	41.790	15.971	6	5.15
1995 10 05 23 51 50.10	Gargano	20	41.779	15.859	5	3.95
1995 10 08 09 12 36.05	Gargano	13	41.836	15.843	4-5	3.48
1996 02 28 06 56 32.22	Gargano	8	41.861	15.935	5	3.68

6 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Le suddette aree A1 e A2, ricadono rispettivamente nel Foglio 409 “Zapponeta” e nel Foglio 422 “Cerignola” della Carta Geologica 1:50.000 (*Ispra prog. CARG*).

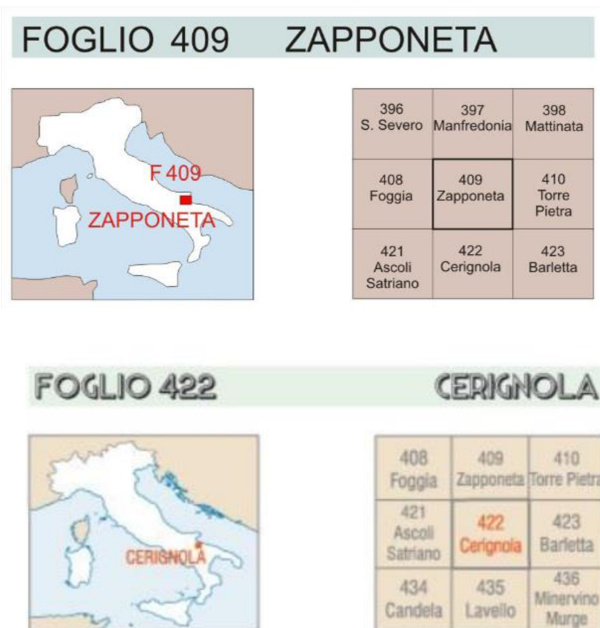


Fig. 9 - Ubicazione Foglio 409 e 422 – Carta geologica 1:50.000 (*Ispra prog. CARG*).

Entrambe le aree di studio, ricadono nella parte centromeridionale del Tavoliere delle Puglie, delimitate a Nord dal torrente Candelaro, ad Est dall’Avampae Apulo (Promontorio del Gargano) a Sud dal Fiume Ofanto e ad Ovest dalla catena sud-appenninica. Il Tavoliere (Avanfossa Adriatica) è da ritenersi il naturale proseguimento verso Nord-Ovest della Fossa Bradanica. Ad Est il limite tra Tavoliere e il Gargano è contrassegnato da un’importante dislocazione tettonica, corrispondente, all’incirca, con il corso del torrente Candelaro, che mette a contatto i depositi terrigeni plio-pleistocenici dell’avanfossa con le rocce carbonatiche dell’avampae. Questa ha dato luogo ad un sistema di faglie subverticali a direzione appenninica NO-SE accompagnato da due altri sistemi secondari di cui uno normale al precedente NE-SO e l’altro dei due in direzione Est-Ovest. Le masse calcaree e dolomitiche che ne costituiscono l’ossatura, ascrivibili a cicli sedimentari che vanno dal Giurassico al Cretacico, sono generalmente ben stratificate, attraversate da un fitto reticolo di faglie e fratture e notevolmente interessate dal fenomeno carsico. Esse hanno uno spessore pari a 4000 m e poggiano su rocce evaporitiche del Trias, a loro volta sovrapposte ad arenarie tipo “Verrucano”, poggianti sul basamento cristallino, posto a circa 8-10 Km di profondità [MARTINIS e PAVAN,1967]. Ad Ovest, invece, il limite è costituito dai terreni appenninici appartenenti alla Formazione della Daunia,

costituita da una serie di falde di ricoprimento con vergenza adriatica, relative a più fasi tettoniche compressive mioceniche e plioceniche. La Formazione della Daunia costituisce la porzione esterna della catena appenninica, al confine appulo-molisano, essa poggia con contatto tettonico sui terreni plio-pleistocenici dell'avanfossa, in altre zone la Formazione della Daunia viene ricoperta trasgressivamente dai terreni del ciclo pliocenico che sono caratteristici dei coevi flysch del bacino lagonegrese-molisano. Il bacino apulo risulta coinvolto dalla tettonica appenninica dopo il Pliocene inferiore; infatti le coltri che provengono da questo bacino si accavallano in genere sul Pliocene inferiore, mentre al loro fronte sovrastano talvolta anche sedimenti più recenti. Il fronte sepolto dei terreni appenninici si rinviene intercalato tettonicamente nella parte occidentale della successione argillosa plio-pleistocenica. Quest'ultima poggia su un substrato carbonatico di età pre-pliocenica. La profondità del substrato carbonatico aumenta da Est verso Ovest, raggiungendo nella parte occidentale la profondità di circa 4000-5000 metri) mentre verso Nord-Est il substrato miocenico si rinviene ad una profondità molto inferiore di circa 300. In particolare i terreni affioranti nell'area in studio sono tutti di origine sedimentaria, del tipo alluvionale, trattasi di sabbie limose, limi, argille sabbiose provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici, a questo materiale si intercalano lenti di ciottoli grossolani di provenienza appenninica e garganica. Sottostante a questi sedimenti si rinviene il substrato argilloso delle argille grigio-azzurre plioceniche. I terreni affioranti, sono riferibili alla successione stratigrafica del Pliocene superiore – Olocene appartenenti al supersistema del Tavoliere di Puglia. Nello specifico sono presenti nell'area:

- ***Sistema di masseria Inarcuata - NAQ - (Olocene):***

In questo sistema si inquadrano i depositi alluvionali più recenti, tuttora in fase di formazione, ma anche facies di ambiente dunale costiero e di spiaggia emersa e sommersa. Tuttavia, nell'area in esame l'unità è costituita esclusivamente da depositi continentali di genesi alluvionale, costituiti da argille, sabbie e limi di colore variabile dal bruno, grigio o giallastro, spesso con lamine piano parallele o ondulate. Il limite inferiore di quest'unità è localmente costituito da una superficie di discordanza con il sistema dei torrenti Carapelle e Cervaro. Il limite superiore coincide invece con la superficie topografica. Lo spessore dell'unità è localmente pari o inferiore a 15 metri.

- **Sintema dei Torrenti Carapelle e Cervaro - RPL - (Pleistocene superiore-Olocene):**

Depositi alluvionali del torrente Carapelle e del Cervaro, terrazzati e sopraelevati rispetto alla pianura attuale ed Olocenica, costituito da sedimenti ghiaiosi, sabbiosi, limosi. Il limite inferiore del sintema è costituito da una superficie di discordanza con il letto del sintema di Foggia. Tale sintema, a sua volta suddiviso in due sub-sintemi ovvero il sub-sintema dell'Incoronata (RPL1), e il sub-sintema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL3).

Il sub-sintema delle Marane La Pidocchiosa - Castello (RPL3) è costituito da depositi sabbioso-limosi-argillosi color grigio cenere, con laminazione fitta da piano parallela ad ondulata, indicanti ambiente di natura alluvionale. Lo spessore massimo è valutabile in circa 10 metri.

Il sub-sintema dell'Incoronata è formato da un sistema de posizionale di pianura alluvionale ad ovest, passante ad est ad ambiente lagunare o infralitorale. La parte continentale è costituita da sabbie, silt ed argille con rare intercalazioni ghiaiose e locali strati di arenaria. Lo spessore massimo è di circa 35 metri.

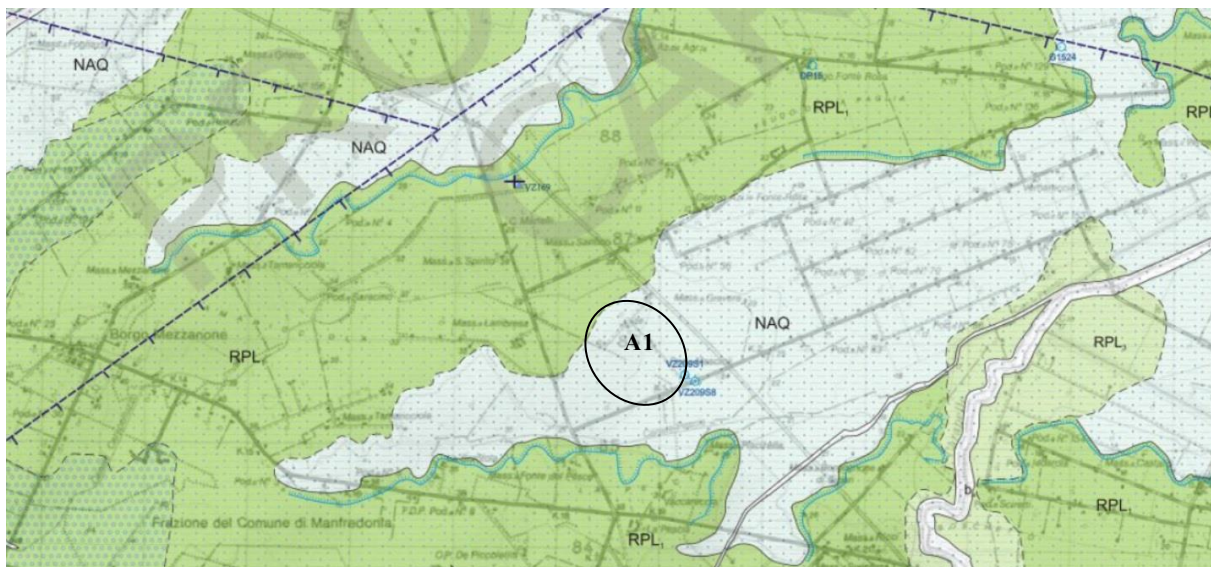


Fig. 10 - Stralcio Carta geologica 1:50.000 - Foglio 409 "Zapponeta" (Ispra prog. CARG).

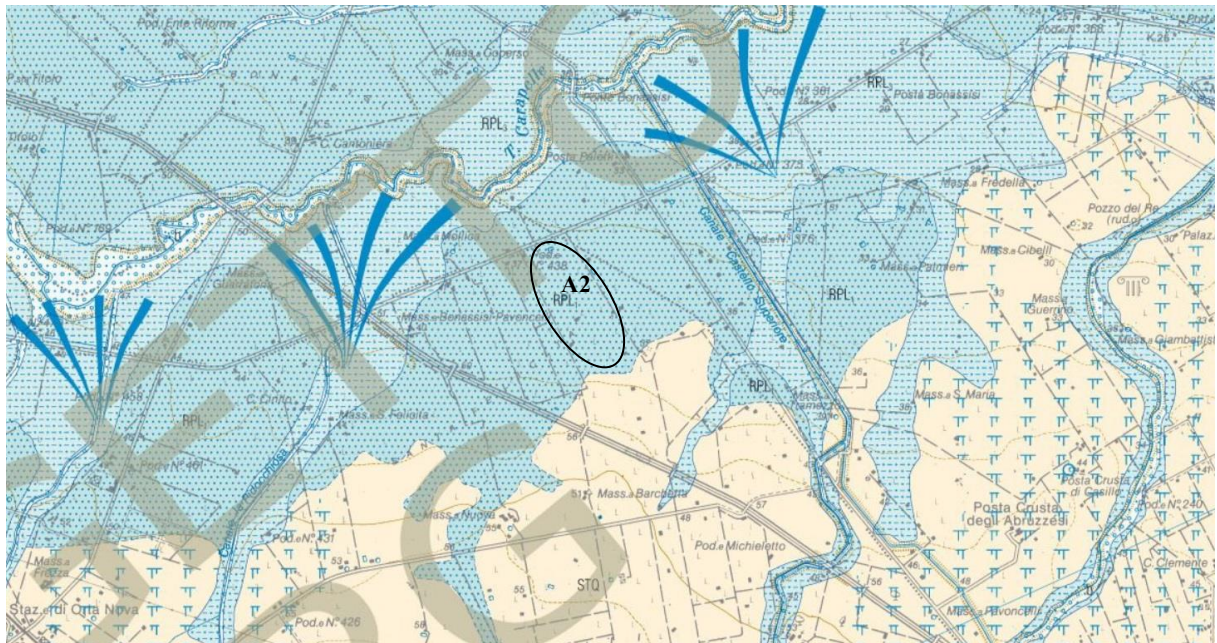


Fig. 11 – Stralcio Carta geologica 1:50.000 - Foglio 422 “Cerignola” (Ispra prog. CARG).

Il rilevamento geologico di dettaglio, consente di confermare che la natura delle alluvioni presenti sia nell’A1 sia nell’A2, è simile.

Legenda fogli 409 e 422.

SUPERSINTEMA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA (TP)

Comprende i depositi alluvionali riferibili a tutti i corsi d’acqua che solcano il Tavoliere di Puglia compresi tra il fiume Fortore ed il fiume Ofanto, nonché depositi marini terrazzati affioranti nella stessa area.

SINTEMA DI MASSERIA INACQUATA

Sistema deposizionale risalente all’ultima risalita del livello del mare (cfr. unità b del Foglio 408 Foggia). 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, tra cui: *Ceruella virgata* (DA COSTA) e *C. cisalpina* (ROSSMAESSLER). 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 (PÉRES, 1967), sormontate da sabbie di spiaggia emersa e duna costiera. Il limite inferiore è costituito da una superficie di discordanza coincidente con il tetto di RPL, TPF, a, b, il limite superiore coincide con la base di h o di e₁ o con la superficie topografica. Lo spessore massimo, in perforazione, è di circa 15 metri. Datazioni effettuate col metodo ¹⁴C hanno fornito età comprese tra 7.150±40 e 2.100±30 anni BP.



SINTEMA DEI TORRENTI CARAPELLE E CERVARO (RPL)

Depositi alluvionali dei torrenti Carapelle e Cervaro, terrazzati e sopraelevati rispetto alla pianura alluvionale attuale ed olocenica, costituiti da sedimenti ghiaioso-sabbioso-limosi. Il limite inferiore del sistema è costituito da una superficie di discordanza che coincide con il tetto di MLM, TGF, STQ, o IOT. Il limite superiore è costituito da una superficie di discordanza che coincide con la base di NAQ, di h o con la superficie topografica. Il sistema del Torrente Carapelle risulta suddiviso, nell’area del Foglio Zapponeta, in due subsistemi.

PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE

Subsistema delle Marane la Pidocchiosa-Castello

Depositi prevalentemente sabbioso-limosi-argillosi color grigio cenere, con laminazione fitta da piano parallela ad ondolata, indicanti ambiente di pianura alluvionale. Lo spessore massimo è valutabile attorno i 10 metri. Indicazioni cronologiche relative al subsistema delle Marane la Pidocchiosa - Castello sono fornite da datazioni assolute e da tetrastratigrafia effettuate nel vicino Foglio 422 “Cerignola”. Entrambe forniscono un’età olocenica: 4150 ± 40 anni BP e circa 3500-3600 anni BP per la presenza delle pomice di Avellino

OLOCENE



Subsistema dell’Incoronata

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, silt, 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 silt. La parte marina, non affiorante, è costituita da sabbie giallastre, sabbie argillose o siltose grigiastre, argille e silt grigio-azzurri, in cui è presente una biocena a *Cladocora caespitosa* (LINNEO) situata a circa -22 m s.l.m. Lo spessore massimo, in perforazione, è di circa 35 metri. Datazioni con il metodo della racemizzazione degli amminoacidi su ostracodi e con il metodo ¹⁴C su gasteropodi continentali hanno restituito, per questa unità, un’età compresa tra 134±56 e 16±4 ka BP (MIS 5-3).

PLEISTOCENE SUPERIORE



7 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Morfologicamente l'area risulta sub-pianeggiante, debolmente inclinata verso oriente, solcata da alcuni corsi d'acqua minori chiamati "marane". Questo ripiano, compreso fra le valli del Fiume Ofanto e del Torrente Carapelle, fa parte di una vasta superficie che si estende da Ascoli Satriano fino al golfo di Manfredonia, quasi a raccordare il rilievo appenninico alla piana costiera attuale. Dal punto di vista morfologico si tratta di una superficie di accumulo di tipo complesso in quanto dovuta all'accumulo e progradazione di una piana costiera, concomitante con fasi di sollevamento con entità maggiore verso l'Appennino. Nell'area di studio il paesaggio assume l'aspetto piatto tipico del tavoliere di Puglia e i corsi d'acqua scorrono in ampie valli, sempre ad andamento rettilineo, con argini non sempre definiti. La configurazione morfologica dell'area oltre ad essere influenzata dalla diversa natura litologica dei terreni affioranti, risente nelle sue grandi linee delle molteplici fasi di oscillazione del mare che, a partire dal Pleistocene medio, si sono succedute durante il sollevamento regionale e la regressione del mare.

I torrenti presenti nell'area solcano con andamento meandriforme una valle pianeggiante con bassissima pendenza e dai limiti non sempre definiti. Nelle valli si notano meandri abbandonati e modesti rivoli percorsi da acqua solo in casi di eventi eccezionali (fasi di piena). Nell'area, viste le pendenze e la natura dei terreni, non sono presenti fenomeni superficiali di dissesto se non in prossimità delle scarpate dei corsi d'acqua. Tali fenomeni sono riconducibili ad eventi meteorici eccezionali e/o prolungati che possono erodere la base della scarpata ed innescare fenomeni di instabilità locale.

Con riferimento al progetto in oggetto si può affermare che le aree oggetto della realizzazione degli impianti risultano stabili in quanto pianeggianti, nelle aree di studio non sono presenti forme di dissesto se non in prossimità dei torrenti.

8 – IDROGEOLOGIA

Idrologicamente l'area è caratterizzata da piogge concentrate nel periodo autunno-inverno, ridotte in primavera e scarse o quasi assenti in estate. Nell'area, l'indice pluviometrico annuo è variabile da circa 600 a 1000 millimetri.

Nella zona in esame è presente un reticolo idrografico caratterizzato da aste torrentizie che rappresentano vie di scorrimento delle acque. Esse presentano una attività idraulica alquanto rilevante solo in concomitanza di eventi meteorici prolungati, altrimenti sono sede di scorrimento irrilevante.

Per quel che concerne invece la circolazione idrica sotterranea, gli eventuali percorsi idrici ed i valori di permeabilità risultano essere funzione delle formazioni presenti e quindi delle frazioni granulometriche rappresentative. L'idrogeologia del territorio studiato è vincolata alla litologia dei terreni affioranti e, soprattutto, alla natura e sviluppo dei terreni in profondità.

La profondità della falda è tale da non influenzare le strutture di fondazione e non costituire elemento di rischio sismico locale, ubicata a circa 30 m dal p.c. come rappresentato dalla Carta Piezometrica del Tavoliere (da Piano Tutela delle acque agg. 2015). Tale profondità è stata riscontrata anche dai dati geologici riferiti a pozzi profondi realizzati nell'area (*Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo Legge 464/1984 - ISPRA*) Solo in alcune zone è possibile rinvenire piccole falde pensili su livelli argillosi che fungono da impermeabile relativo.

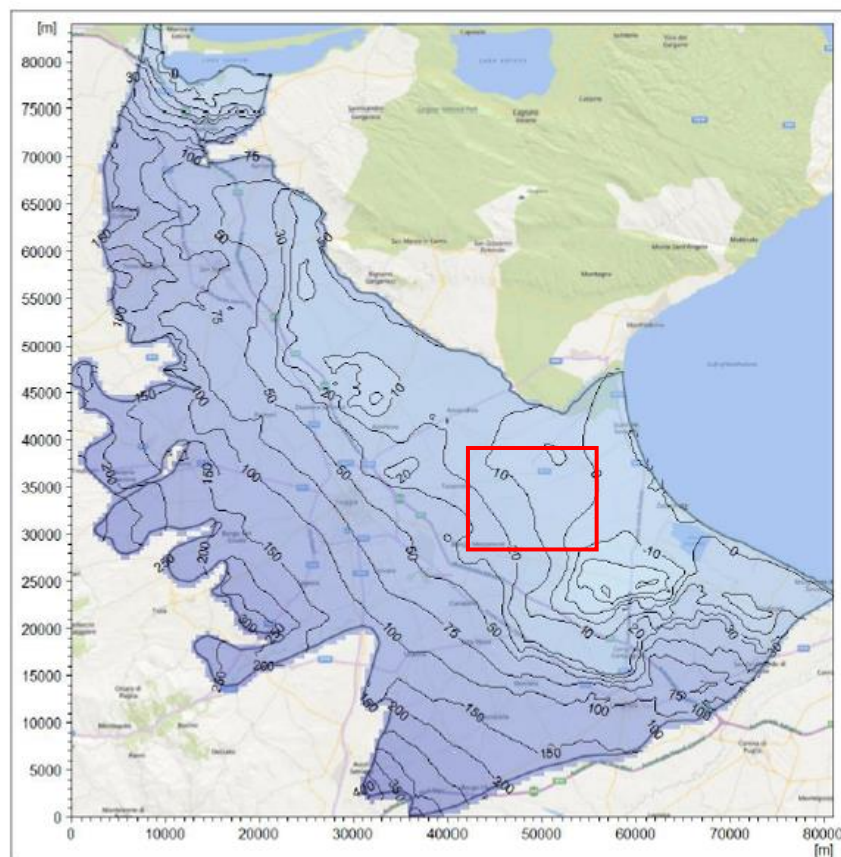


Fig. 12 – Stralcio Carta Piezometrica del Tavoliere (da Piano Tutela delle acque agg. 2015)

I terreni affioranti sono rappresentati da terreni di natura limoso sabbioso argilloso, tali terreni come riportato nella carta idrogeologica dell'Italia meridionale (APAT 1999), risultano avere una permeabilità per porosità con grado di permeabilità media riconducibile a valori K compresi tra $10E-4$ e $10E-5$. I valori della permeabilità utilizzati per i singoli litotipi sono stati ricavati dalla correlazione di tabelle bibliografiche.

Data la buona permeabilità dei terreni affioranti (*CIP* stimato $>85\%$), e la bassa pendenza del versante, le acque meteoriche tendono ad infiltrarsi e vanno ad alimentare la falda idrica sotterranea.

STRALCIO CARTA IDROGEOLOGICA DELL'AREA

(da Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale – Pietro CELICO; Pantaleone DE VITA; Giuseppina MONACELLI; Anna Rosa SCALISE; Giuseppe TRANFAGLIA)



COMPLESSI IDROGEOLOGICI		Tipo di permeabilità prevalente		Grado di permeabilità		
		Porosità	Fessurazione	Carapelle	Scario	Vielle
COMPLESSI DELLE COPERTURE QUATERNARIE						
1	<p>Complesso alluvionale - costiero:</p> <p>Depositi clastici prevalentemente incoerenti costituiti da tutte le frazioni granulometriche, ma con prevalenza dei termini sabbiosi. Differenti granulometrie si trovano in giustapposizione laterale e verticale, in relazione alla variabile energia di trasporto idraulico che ne ha determinato la deposizione. Costituiscono acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe</p>					
9	<p>Complesso sabbioso-conglomeratico:</p> <p>Depositi clastici sabbiosi-ghiaiosi da incoerenti a scarsamente cementati, ascrivibili alle fasi regressive Pleistocene Inferiori (del ciclo Bradanico: Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Conglomerato di Irsina). Costituiscono acquiferi anche di buona trasmissività, ma in genere, per il frazionamento della circolazione idrica sotterranea, danno luogo a sorgenti di portata modesta, in corrispondenza dei limiti di permeabilità indefiniti o definiti con i sottostanti terreni argillosi.</p>					

Fig. 13 – Stralcio Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale

9 – CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Per la caratterizzazione dei terreni di fondazione, sono state esaminate indagini dirette eseguite su terreni simili in prossimità dell'area di studio, nonché indagini eseguite dallo scrivente.

Tali indagini ci hanno consentito di accertare la costituzione del sottosuolo e la eventuale presenza di acque sotterranee a pelo libero ed in pressione, nonché misurare e consentire la valutazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni in studio.

A tale scopo sono state prese in esame i dati delle stratigrafie riferite a pozzi profondi realizzati nell'area (*Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo - Legge 464/1984 - ISPRA*) ed i dati delle indagini geognostiche/geofisiche eseguite per la realizzazione del parco Eolico in località "Beccarini - Ramatola", inoltre, sono state eseguite n. 2 CPT ubicate rispettivamente nell'area 1 e 2 (vedasi allegati).

Tali indagini hanno avuto lo scopo di:

- ricostruire la stratigrafia e la struttura del sottosuolo;
- consentire mediante prove in sito, la determinazione delle proprietà tecniche dei terreni nella loro sede naturale.

I terreni presenti nell'area risultano costituiti principalmente da materiali alluvionali, costituiti principalmente da limi argillosi sabbiosi alternati in alcuni casi a livelli limoso-ghiaiosi.

L'analisi dei litotipi presenti nelle aree di progetto e la caratterizzazione ottenuta mediante una molteplicità di indagini geognostiche condotte per progetti su aree omogenee e adiacenti a quella di progetto, ha permesso una modellazione statistica come riportato nella normativa tecnica vigente; D.M: 17/01/2018 e successiva circolare del 21/01/2019.

La ricostruzione del modello stratigrafico del sito di intervento si basa sui dati provenienti dai dati di letteratura riportati nei vari studi e piani del territorio in esame relativi ai territori di Manfredonia e Orta Nova (FG). Nello specifico, trattandosi di opere il cui peso è irrisorio, in virtù di una stratigrafia omogenea, è stato possibile definire il seguente quadro geotecnico.

Terreno vegetale:

l'area si presenta abbastanza omogenea, composta superficialmente da uno spessore di terreno vegetale compreso tra 1 e 1,5 metri (strato 1), sovrastante terreni limosi argillosi sabbiosi, presenti mediamente tra - 1,00 m e - 7,5 (strato 2) e dal sottostante strato di sabbia limosa argillosa tra - 7,5 m e 30 m (strato 3). All'interno degli strati 1 e 2, potrebbero insistere livelli ghiaiosi.

Valori di riferimento dei limi argillosi sabbiosi:

- $\gamma=17.8-19.5\text{kN/m}^3$;
- $c'=30-54\text{kN/m}^2$;
- $\phi'=28-29^\circ$;
- $C_u=200-362\text{kN/m}^2$;
- $E=14-82\text{Mpa}$;
- $E_d=5.8-37\text{Mpa}$.

Valori di riferimento delle sabbie argillose limose:

- $\gamma=17.8- 18.7\text{kN/m}^3$;
- $c'=14-18\text{kN/m}^2$;
- $\phi' = 24 - 26^\circ$;
- $C_u = 57-200\text{kN/m}^2$;
- $E = 2,3-27\text{MPa}$;
- $E_d = 3e12 \text{ MPa}$.

Lo studio geognostico condotto in questa sede mette in evidenza la possibilità che si verifichino diversi scenari litostratigrafici nell'area di progetto. In fase esecutiva, prima delle operazioni di ancoraggio delle fondazioni, il direttore dei lavori, dovrà contattare per iscritto il geologo incaricato, il quale, dovrà presiedere i suddetti lavori e, se riterrà opportuno, potrà ricorrere ad ulteriori e più approfondite indagini.

Si riporta il modello geotecnico realizzato:

Modello Geotecnico di progetto							
	Prof.[m]	$\gamma[\text{kN/m}^3]$	$c'[\text{kN/m}^2]$	$\phi' [^\circ]$	$C_u[\text{kN/m}^2]$	$E'[\text{Mpa}]$	$E_{cd}[\text{Mpa}]$
Strato1	0-1,5	21	5	24	/	5	3,5
Strato2	1,0-7,5	18	40	28	200	14,00	6,00
Strato3	7,5-12	18	14	24	57	10,00	7,00

La scelta dei valori geotecnici attribuiti alle formazioni sopra descritte scaturisce anche da una pratica locale, da dati precedentemente acquisiti sui quali responsabilmente sono basate altre progettazioni.

La tabella propone un possibile modello geotecnico, ove sarà cura del progettista calcolatore verificare la sua adeguatezza in base alla tipologia di struttura. Come già suddetto, in fase esecutiva dovrà, inoltre, essere verificata la schematizzazione geologica – geotecnica desunta nel presente studio, e, qualora necessario dovranno essere eseguite le indagini dirette finalizzate alla ricostruzione della situazione geologica locale.

Per la classificazione sismica del suolo di fondazione sono state eseguite n.2 indagini sismiche tipo “Masw” eseguite in prossimità dell’area di studio. I risultati di tali prove collocano i terreni oggetto d’indagine in categoria **C** ($180 \text{ m/s} < V_{seq} < 360 \text{ m/s}$ - **NTC 2018** – *vedasi in allegato risultanze indagini sismiche*).

10 – PIANO DI BACINO - STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO

IL Piano di Bacino - Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) della regione Puglia, individua e norma per l'intero ambito del bacino le aree a pericolosità idraulica e le aree a pericolosità geomorfologica. Le aree a pericolosità idraulica individuate dal PAI sono suddivise, in funzione dei differenti gradi di rischio in:

- Aree ad alta probabilità di inondazione – A.P.;
- Aree a media probabilità di inondazione –M.P.;
- Aree a bassa probabilità di inondazione – B.P.;

Le aree a pericolosità geomorfologiche individuate dal PAI sono suddivise, in funzione dei differenti gradi di rischio in:

- Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata – P.G.3;
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata – P.G.2;
- Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata – P.G.1.

L'area A2, non è interessata da nessuno dei suddetti vincoli, mentre l'area A1, è gravata da pericolosità idraulica media ed in parte da pericolosità idraulica bassa, pertanto l'intervento dovrà rispettare gli art. n. 8 e 9 delle NTA del PAI Puglia (fig. 13).

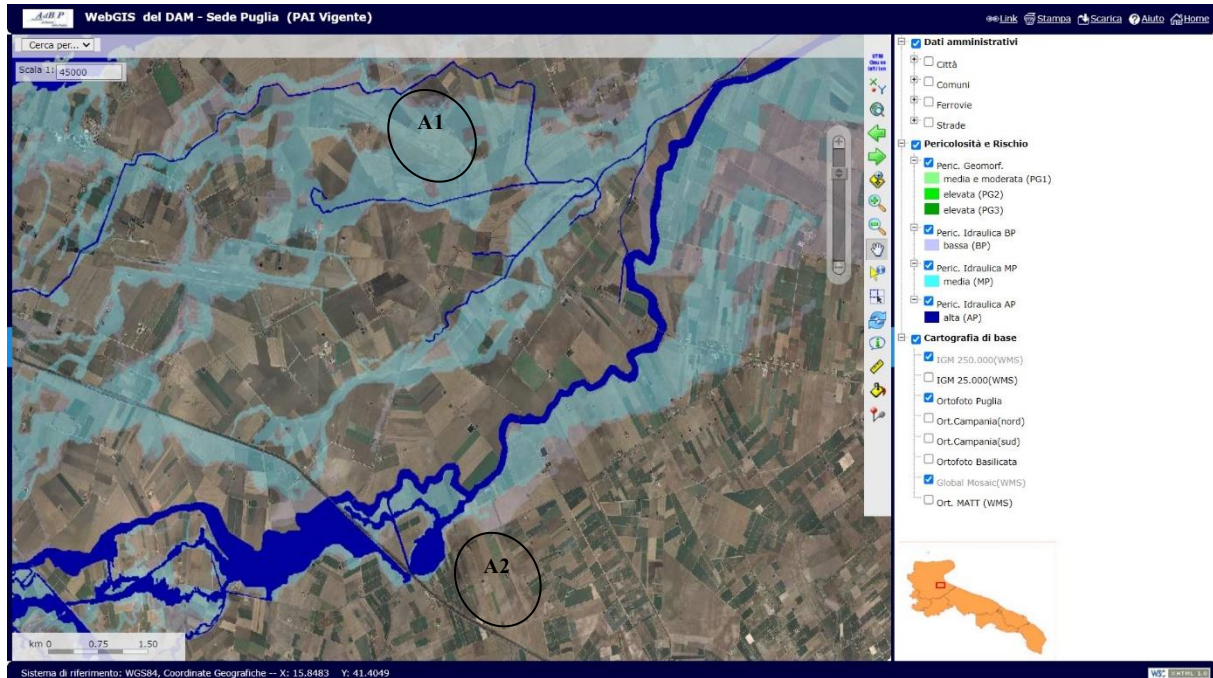


Fig. 13 – Aree A1 e A2 -Stralcio PAI (Piano di Assetto Idrogeologico- Puglia)

11 – CARATTERIZZAZIONE SISMICA SPECIFICA DEI SITI

Le aree di studio A1 e A2, rientrano rispettivamente nel territorio comunale di Manfredonia e di Orta Nova, secondo l'ordinanza PCM 20 marzo 2003 n. 3274 i suddetti comuni sono classificati come zona 2 (Rischio Medio).

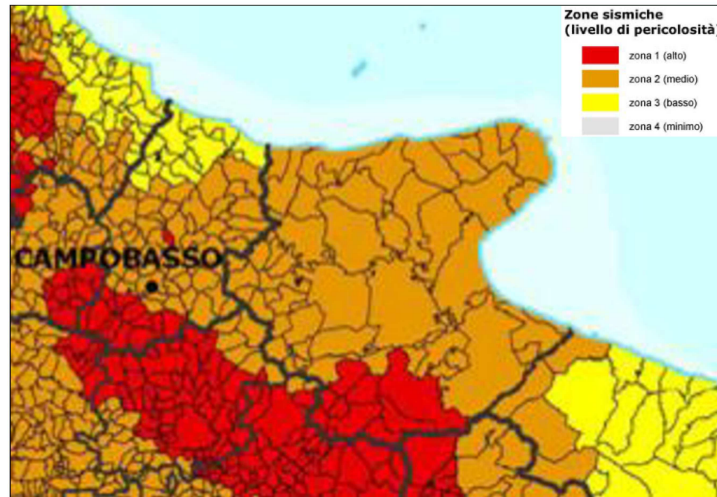


Fig. 14 - Classificazione sismica dei comuni 2004

12 – VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In base ai dati reperiti, vista la natura dei terreni, è possibile omettere la verifica a liquefazione in quanto la distribuzione granulometrica è esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (NTC 2018).

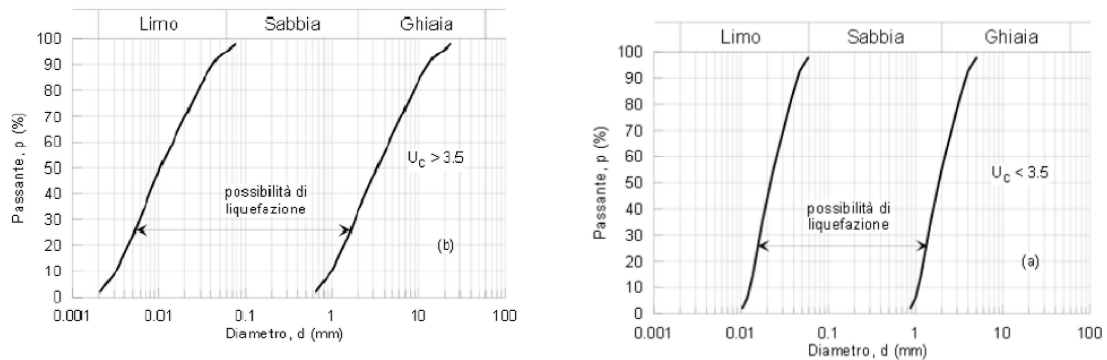


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

13 – CONCLUSIONI

Gli studi svolti e le indagini eseguite, hanno consentito la caratterizzazione geologica dei terreni interessati dal progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da ubicare in agro dei comuni di Manfredonia e Orta Nova (FG) in località “La Pescia” di potenza nominale pari a 39.8268 MW DC e delle relative opere di connessione alla RTN. I terreni interessati di carattere alluvionale, sono dotati di buone caratteristiche meccaniche con deformazioni limitate, sono quindi dei buoni terreni di fondazione.

Dalla consultazione della cartografia PAI, emerge che l’area A2, non è interessata da nessun vincolo, mentre l’area A1, è gravata quasi per intero da pericolosità idraulica media ed in parte da pericolosità idraulica bassa, pertanto l’intervento dovrà rispettare gli art. n. 8 e 9 delle NTA del PAI Puglia.

Sulla base delle informazioni e dei dati desunti dall’analisi delle condizioni geomorfologiche, geologiche, geostratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche del sito d’interesse, così come riportato nei paragrafi precedenti, si ribadisce che l’area risulta:

- geomorfologicamente stabile; la morfologia risulta caratterizzata, per un ampio intorno, da pendenze massime inferiori a 2% e i terreni al di sotto del p.c. si presentano di sufficiente integrità e consistenza;
- non interessata da fenomeni erosivi, da frane o da instabilità del suolo e/o del sottosuolo;
- caratterizzata dalla presenza di un substrato costituito da litotipi dotati di sufficienti caratteristiche di resistenza geomeccanica con valori dell’angolo d’attrito del terreno di gran lunga superiori all’angolo di inclinazione naturale del pendio;
- senza segni di ulteriori pericolosità geologiche in relazione all’intervento progettato.
- Per quanto riguarda l’area A1 gravata da pericolosità idraulica media, si assevera che il presente progetto, non ha nessuna influenza sulla propagazione della corrente, perché, qualora si verificasse un’esondazione, l’acqua allagherebbe l’area e laminerebbe la portata di piena, identicamente come lo farebbe se esondasse allo stato attuale nell’area priva di impianto agro voltaico.

Per quanto suddetto, è possibile affermare la piena compatibilità geomorfologica.

I comuni di Manfredonia e Orta Nova, sono classificati secondo l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 in classe 2.

Infine, per ciò che concerne gli aspetti legati alle scelte progettuali previste per le strutture fondazionali, esse non pongono alcun problema di ordine geologico e tecnico e non incidono negativamente sugli equilibri idrogeologici dei luoghi, non determinando alcuna apprezzabile turbativa degli assetti geomorfologici, idrogeologici o geotecnici dell'area, **QUINDI È POSSIBILE AFFERMARE LA PIENA COMPATIBILITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELL'INTERVENTO.**

In fase di predisposizione del cantiere e cioè prima di passare alla fase esecutiva, la Direzione Lavori è tenuta a verificare la rispondenza di quanto previsto nel presente rapporto geologico-geotecnico.

Tanto si doveva ad espletamento dell'incarico ricevuto.

Il sottoscritto resta a disposizione per qualsiasi chiarimento ed approfondimento alla presente relazione.

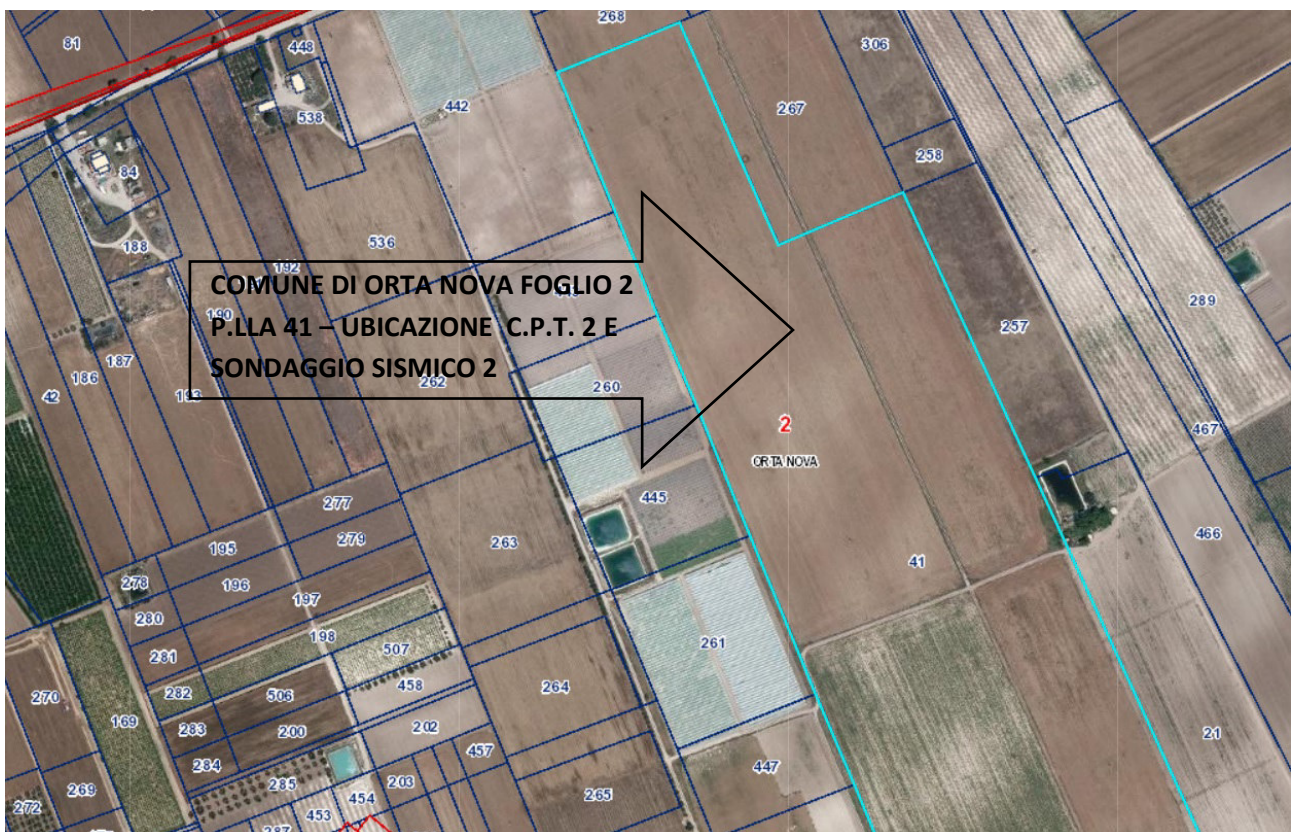
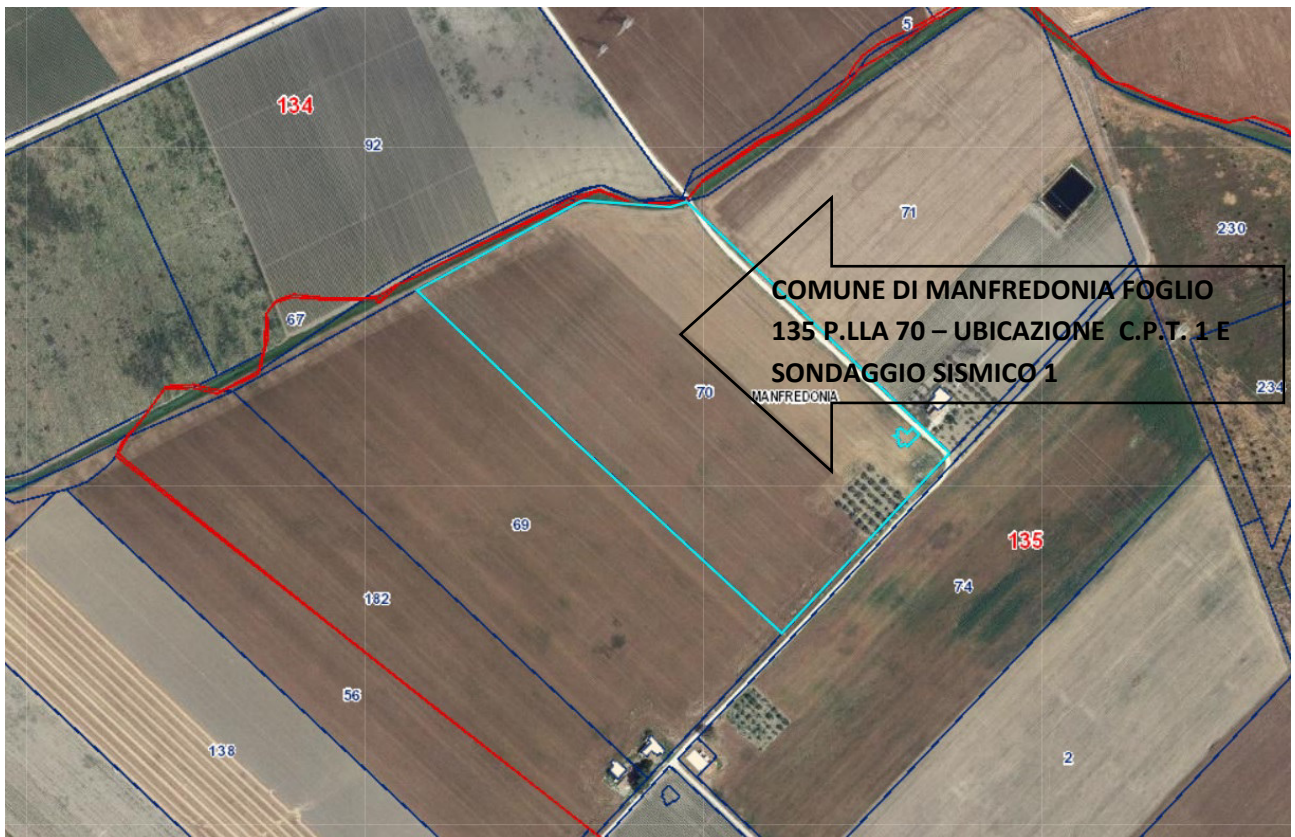
Ischitella, Ottobre 2022

Il geologo
Dott. Pasquale TRIGGIANI



The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular blue stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOLGHI", "Dott. Geol. PASQUALE TRIGGIANI", and "N. 552".

UBICAZIONE C.P.T.1 E 2 E SONDAGGIO SISMICO 1 E 2



DESCRIZIONE PROVE C.P.T. PER IMPIANTO AGROVOLTAICO NEI COMUNI DI MANFREDONIA E ORTA NOVA

CARATTERISTICHE DELL'INTERVENTO DI PROGETTO

Il progetto contempla la realizzazione di un impianto agrovoltico da nei comuni di Manfredonia e Orta Nova e delle relative opere di connessione alla rete RTN. L'impianto ricade in due aree denominate A1 e A2, pertanto sono state eseguite n. due C.P.T. rispettivamente una sulla p.lla 70 del foglio 135 del comune di Manfredonia e l'altra sulla p.lla 46 del foglio 2 del comune di Orta Nova (fig. 1 e 2).

I parametri fisico meccanici dei terreni sono stati ottenuti mediante l'interpretazione dei risultati delle suddette prove. Essendo le aree di studio di notevoli dimensioni, i dati ricavati, sono stati mediati con alte indagini eseguite in siti limitrofi.

Quanto sopra ha reso possibile:

- la ricostruzione delle condizioni stratigrafiche,
- l'accertamento del regime delle pressioni interstiziali
- la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni compresi nel volume significativo.

PROGRAMMA INDAGINI

Per acquisire tutti gli elementi utili all'intervento di progetto, si predisponeva un programma di accertamenti tramite indagini geognostiche dirette sotto superficie. Più in particolare si è provveduto:

1. | *all'esecuzione di un sondaggio penetrometrico*
2. | *alla caratterizzazione geomeccanica dei terreni tramite elaborazione sondaggio penetrometrico*

Prova penetrometrica statica - C.P.T.

La scelta di tale metodologia di prova per caratterizzare la parte fine o medio-addensata del sottosuolo, è stata effettuata perché permette caratterizzare dal punto di vista sia litologico che meccanico, sotto il profilo della resistenza al taglio e della compressibilità, i materiali sedimentari a granulometria fine o sciolti coesivi.

La prova penetrometrica statica C.P.T. è una tecnica di indagine geognostica che consiste nella misurazione, mediante cella di carico digitale, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), infissa a velocità costante nel sottosuolo con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta stessa.

Le caratteristiche tecniche della punta conica, che dispone di un manicotto per la misurazione della resistenza per attrito laterale, sono le seguenti:

a)	<i>angolo al vertice</i>	<i>60°</i>
b)	<i>diametro</i>	<i>35,7 mm</i>
c)	<i>sezione</i>	<i>10 cm²</i>

Le dimensioni del manicotto sono:

1	<i>diametro</i>	<i>35,7 mm</i>
2	<i>lunghezza</i>	<i>133 mm</i>
3	<i>sezione</i>	<i>150 cm²</i>

Agendo separatamente sulla punta, sulla punta più il manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare ogni 20 cm di approfondimento i seguenti valori:

1	<i>la resistenza all'avanzamento della sola punta Q_c</i>
2	<i>la resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto $Q_c + F_s$.</i>

I risultati delle prove effettuate hanno consentito di elaborare grafici della resistenza statica alla punta (Q_c) e laterale (F_s) misurate nel corso delle prospezioni eseguite.

Relativamente alla caratterizzazione geotecnica di resistenza dei materiali questa ha tenuto conto delle formule di bibliografia (descritte nell'allegato report delle indagini), che consentono la determinazione della coesione non drenata (c_u), angolo di attrito (ϕ), modulo edometrico (M_o), densità relativa (D_r) dei diversi tipi di sedimenti costituenti il sottosuolo. Tali valori sono stati determinati ogni 20 cm di sottosuolo penetrato dalle prospezioni.

3.3 CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICO - GEOTECNICA

L'elaborazione dell'introspezione effettuata consente di schematizzare la costituzione sedimentologica del sottosuolo secondo una successione di sedimenti di origine detritico - alluvionale.

Nel particolare si osserva che gli strati superiori - con granulometrie fini - si caratterizzano per bassi tenori di energia deposizionale e pertanto per processi di tipo eluvio colluviale.

Negli strati più in profondità sono presenti materiali consolidati, costituiti da argille limose e/o limi argillosi con lenti di ghiaia.

Nel dettaglio l'assetto stratigrafico rilevabile attraverso la terebrazione effettuata, lungo la verticale di indagine, è così sintetizzabile.

PUNTO DI PROVA n. 1 Modalità Statica - CPT1

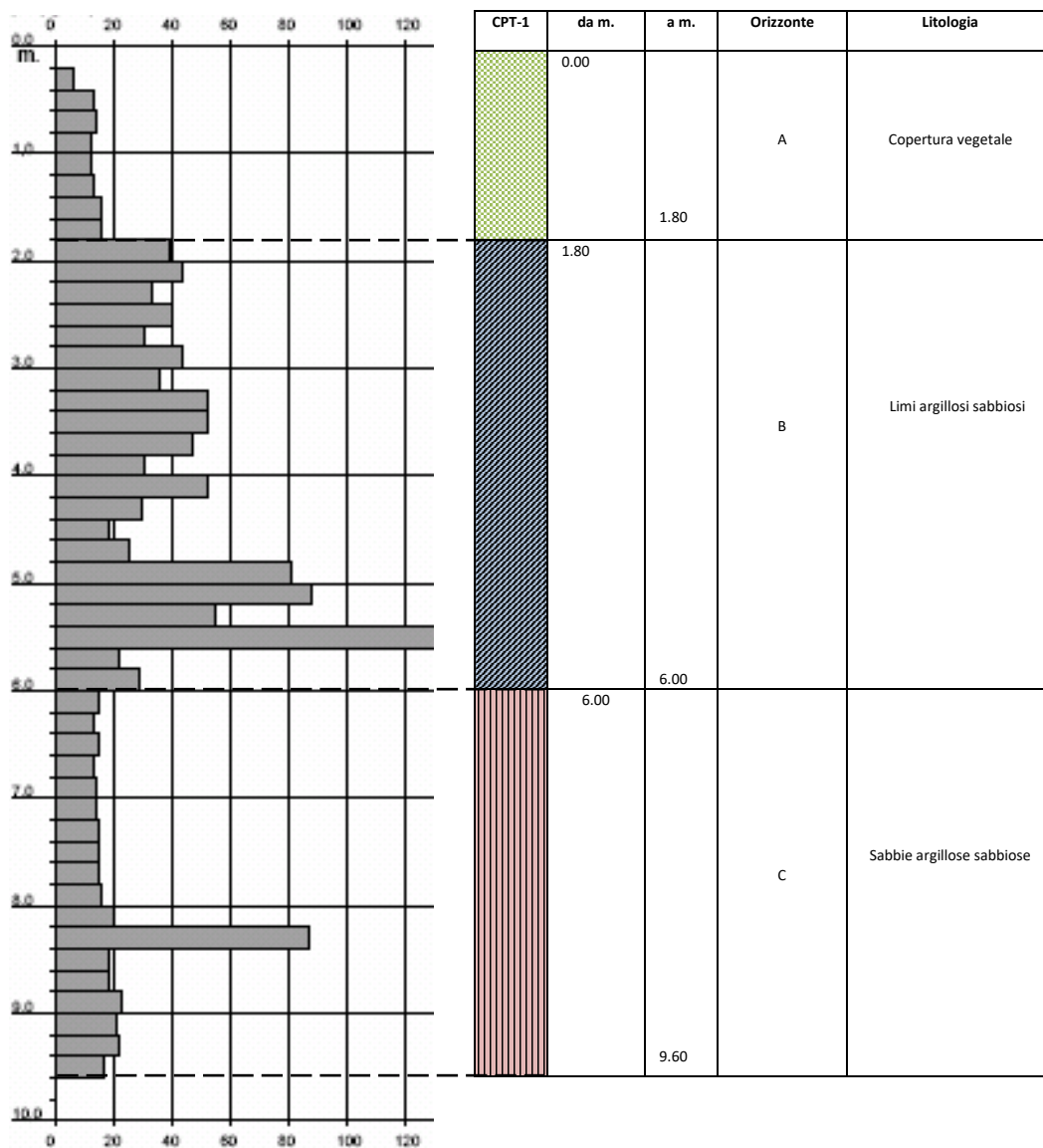


Fig. 1 Discretizzazione verticale d'indagine

In definitiva si può sintetizzare la seguente stratigrafia di progetto:

SCHEMA STRATIGRAFICO RICOSTRUITO IN BASE ALLE INDAGINI GEOGNOSTICHE EFFETTUATE			
ORIZZONTI	SPESSORE		LITOLOGIA
"A"	0.00 m	1.80 m	Copertura Vegetale
"B"	1.80 m	6.00 m	Limi argillosi sabbiosi
"C"	6.00 m	9.60 m ed oltre	Sabbie argillose sabbiose

Tab. 1

Gli orizzonti di terreno sopra individuati saranno oggetto di caratterizzazione fisico-meccanica, nei paragrafi successivi.

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA

Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di cui alla situazione stratigrafica del paragrafo precedente, sono state desunte dall'elaborazione della penetrometria statica.

Peso dell'Unità di Volume

L'elaborazione informatizzata dell'indagine effettuata (CPT1) ha reso possibile l'individuazione dei seguenti valori minimi del peso dell'unità di volume:

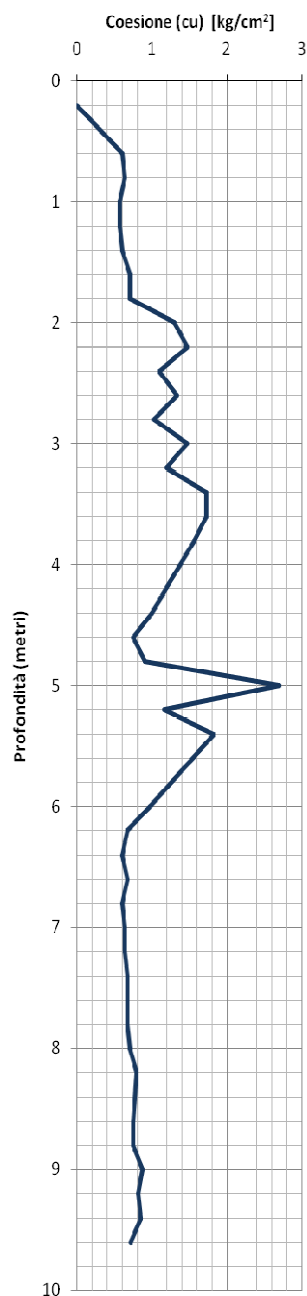
Orizzonte	Litologia	Densità γ [g/cm ³]
A	Copertura vegetale	1.85 g/cm ³
B	Limi argillosi sabbiosi	1.85 g/cm ³
C	Sabbie argillose sabbiose	1.85 g/cm ³

Tab. 2 – Valori di densità

Coesione

La coesione è un parametro che varia in relazione alla percentuale di argilla presente nel terreno ed alla sua cementazione. La figura seguente mostra l'andamento della coesione con la profondità ed individua i valori minimi

Profondità	Prova CPT1	
	cu [kg/cm ²]	valori min
0.2	0	
0.4	0.3	
0.6	0.6	
0.8	0.64	
1	0.57	
1.2	0.57	
1.4	0.6	
1.6	0.7	
1.8	0.7	0.3
2	1.3	
2.2	1.47	
2.4	1.1	
2.6	1.33	
2.8	1.03	
3	1.47	
3.2	1.2	
3.4	1.73	
3.6	1.73	
3.8	1.57	
4		
4.2		
4.4	1	
4.6	0.75	
4.8	0.91	
5	2.7	
5.2	1.17	
5.4	1.83	
5.6		
5.8		
6	0.98	0.75
6.2	0.67	
6.4	0.6	
6.6	0.67	
6.8	0.6	
7	0.64	
7.2	0.64	
7.4	0.67	
7.6	0.67	
7.8	0.67	
8	0.7	
8.2	0.8	
8.4		
8.6	0.75	
8.8	0.75	
9	0.87	
9.2	0.82	
9.4	0.85	
9.6	0.72	0.6



Tenendo presente il **valore minimo** si ottiene:

Orizzonte	Litologia	Coesione c_u [kg/cm ²]
A	Copertura vegetale	0.30 kg/cm ²
B	Limi argillosi sabbiosi	0.75 kg/cm ²
C	Sabbie argillose sabbiose	0.60 kg/cm ²

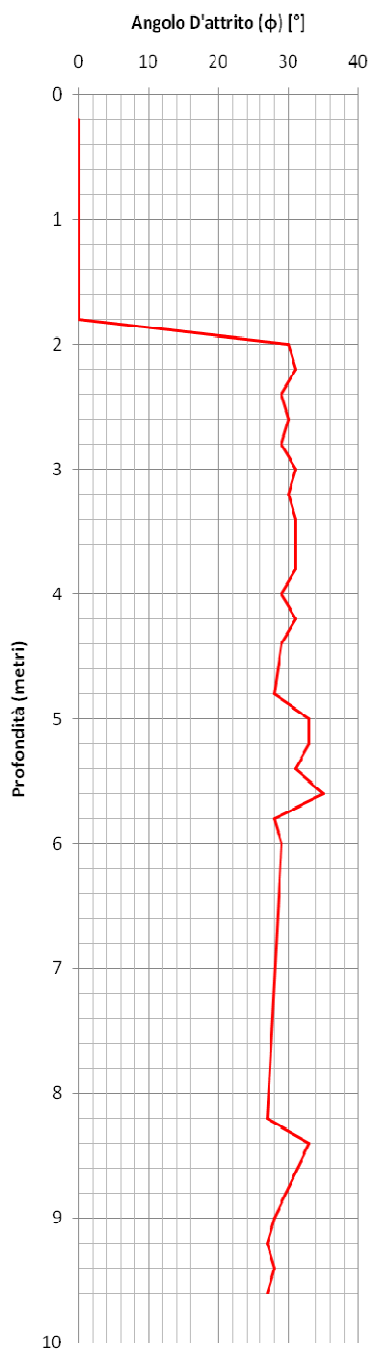
Tab. 3 – Valori di coesione

Angolo d'attrito Interno

L'elaborazione dei valori del coefficiente d'attrito è stata effettuata tramite diverse metodologie. Fra queste è stata prescelta quella proposta da Meyerhof che fornisce i valori più cautelativi.

L'elaborazione ha fornito i seguenti valori minimi:

Profondità	Prova CPT1	
	Φ	val. min
0.2	0	
0.4	0	
0.6	0	
0.8	0	
1	0	
1.2	0	
1.4	0	
1.6	0	
1.8	0	0
2	30	
2.2	31	
2.4	29	
2.6	30	
2.8	29	
3	31	
3.2	30	
3.4	31	
3.6	31	
3.8	31	
4	29	
4.2	31	
4.4	29	
4.6		
4.8	28	
5	33	
5.2	33	
5.4	31	
5.6	35	
5.8	28	
6	29	28
6.2		
6.4		
6.6		
6.8		
7		
7.2		
7.4		
7.6		
7.8		
8		
8.2	27	
8.4	33	
8.6		
8.8		
9	28	
9.2	27	
9.4	28	
9.6	27	27



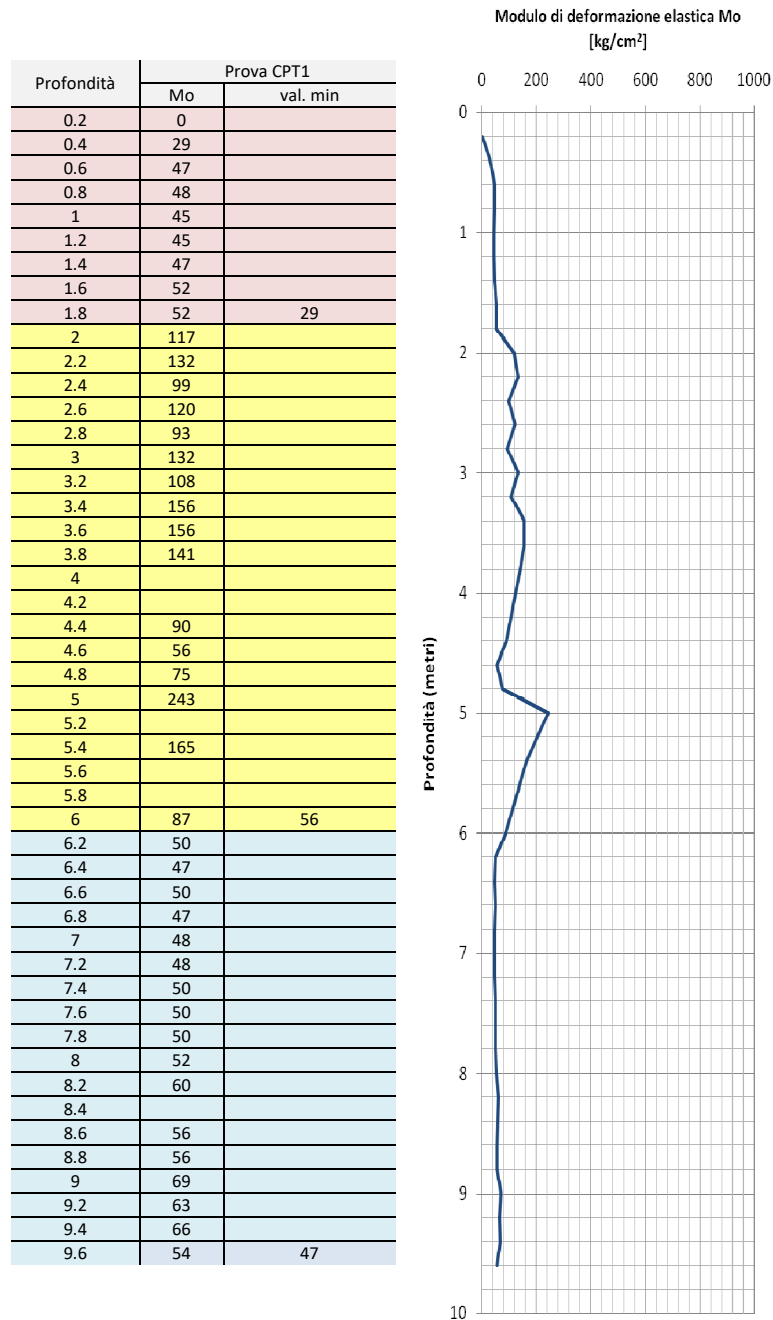
Tenendo presente il minimo dei valori si ottiene:

Orizzonte	Litologia	ϕ my [°]
A	Copertura vegetale	0°
B	Limi argillosi sabbiosi	27°
C	Sabbie argillose sabbiose	28°

Tab. 4 – Valori di angolo d'attrito

Modulo di deformazione elastica – Mo

I valori del Modulo di Deformazione Elastica sono derivati dall'elaborazione della penetrometria.



Tenendo presente i valori minimi si ottiene:

Orizzonte	Litologia	Mo [kg/cm ²]
A	Copertura vegetale	29 kg/cm ²
B	Limi argillosi sabbiosi	56 kg/cm ²
C	Sabbie argillose sabbiose	47 kg/cm ²

Tab. 5 – Valori di modulo elastico

A consuntivo, tenendo presente i valori minimi, si sintetizzano i parametri geotecnici di cui alla tabella seguente:

Orizzonte	Quote		Litologia	Densità (γ) [g/cm ³]	Coesione (c_u) [kg/cm ²]	Angolo d'Attrito (ϕ') [°]
	da m	a m				
A	0.00	1.80	Copertura vegetale	1.85 g/cm³	0.30 kg/cm²	0
B	1.80	6.00	Limi argillosi sabbiosi	1.85 g/cm³	0.75 kg/cm²	27
C	6.00	9.60	Sabbie argillose sabbiose	1.85 g/cm³	0.60 kg/cm²	28

Tab. 6 – Consuntivo parametri geomeccanici

INDAGINE GEOFISICA

Lo scopo dell'indagine è la caratterizzazione dinamica del sottosuolo nei primi 25 – 30 m con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccaniche elastiche, quali velocità delle onde longitudinali P (V_p), velocità delle onde trasversali S (V_s) e i relativi parametri elastici (E , G , K e ν).

Sulla base dei valori di V_s e del modulo di taglio (G) sarà possibile valutare la rigidezza del suolo e fornire delle prime indicazioni sul comportamento dinamico della parte superficiale del sottosuolo, in applicazione della normativa nazionale DM 14/01/2008 e Decreto 17 gennaio 2018.

Indagine e strumentazione utilizzata

L'indagine consiste in **due** stendimenti di sismica a rifrazione di lunghezza pari a **23** m (Base 1 – Base 2) ubicati rispettivamente uno sulla p.lla 70 del foglio 135 del comune di Manfredonia e l'altro sulla p.la 41 del foglio 2 del comune di Orta Nova, lungo i quali sono stati disposti e collegati in serie 24 geofoni monocomponente del tipo elettromagnetico a bobina mobile, ovvero dei trasduttori di velocità in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche longitudinali, prodotte da una specifica sorgente. La distanza intergeofonica è stata fissata a **1** m (Base 1 – Base 2) per un totale di 24 geofoni collegati in serie attraverso un cavo in grado di convertire il segnale elettrico proveniente dai geofoni in segnale digitale già dal primo metro: il sistema permette pertanto di eliminare molte fonti di disturbo dovute al trasferimento del segnale lungo centinaia di metri di cavo sismico ed è inoltre dotato di un sistema di filtraggio in tempo reale, da un hardware complesso, che comporta un anello di regolazione con diversi passaggi di digital signal processing. Sono stati utilizzati 2 punti di energizzazione disposti lungo lo stendimento:

- 2 estreme a 2 m dai geofoni 1° e 24°

L'attrezzatura utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da una mazza del peso di 8 Kg battente verticalmente su piastra metallica posta

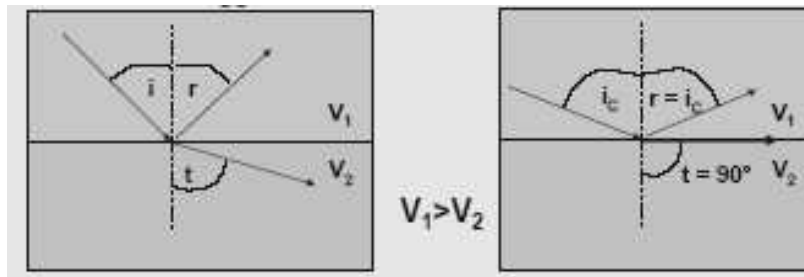
- direttamente sul p.c. per la generazione prevalentemente di onde P;
- un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni a componente verticale di frequenza propria pari rispettivamente a 4,5 Hz;
 - sistema di acquisizione dati: sismografo digitale AMBROGEO ECHO 12-24 2002, ad incremento di segnale;
 - un sistema di trigger: consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e fissare l'inizio della registrazione.

Cenni teorici del metodo

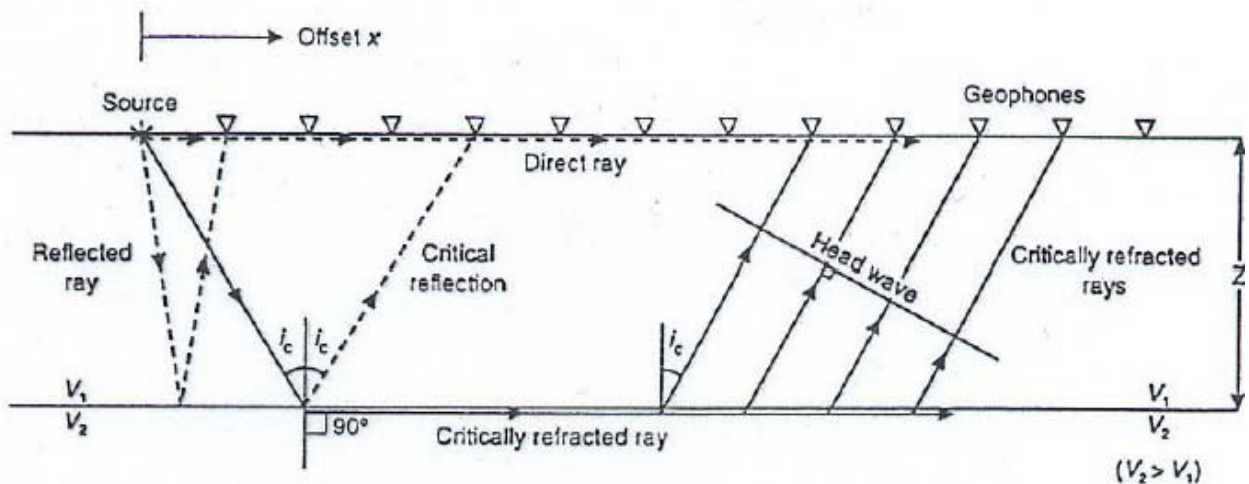
Le indagini indirette ed in particolare la metodologia a rifrazione permette la ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico – meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici.

Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde coniche o birifratte (head wave):

le onde analizzate sono quelle birifratte cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche.



Disponendo una serie di ricevitori lungo la superficie libera del suolo e generando onde elastiche da una sorgente puntiforme l'onda riflessa arriverà sempre dopo le altre, mentre fino ad una certa distanza dalla sorgente arriverà prima l'onda diretta poi, quando l'onda bi-rifratta avrà percorso sufficiente distanza alla velocità V_2 , essa arriverà prima della diretta (come riportato nella figura seguente).



Se riportiamo in un semplice grafico x-y per ogni distanza di ciascun ricevitore il tempo di arrivo del primo impulso letto sui sismogrammi i punti si dispongono in una serie di allineamenti, di cui il primo passante per l'origine: ciascuna linea è detta dromocrona ed è rappresentativa della velocità di propagazione delle onde elastiche nel mezzo posto al di sopra di un rifratore (una superficie di separazione più o meno netta tra due materiali a comportamento elastico diverso).

Di seguito a titolo esemplificativo si riportano le dromocrone relative ad un modello tristrato del sottosuolo: il coefficiente angolare della dromocrona passante per l'origine rappresenta l'inverso della velocità di propagazione delle onde elastiche nel primo strato (V_0), i coefficienti angolari delle altre 2 dromocrone rappresentano l'inverso delle velocità dei due strati sottostanti (V_1 e V_2); un modello tristrato è caratterizzato da 2 rifrattori che separano 3 materiali caratterizzati da un diverso

comportamento meccanico rappresentato da un modello di tipo elastico omogeneo, continuo ed isotropo.

L'intersezione tra due dromocrone è detto punto di ginocchio e rappresenta il punto in cui arrivano contemporaneamente le onde rifratte da due rifrattori adiacenti o, se consideriamo le prime due dromocrone, le onde dirette e le onde rifratte dal primo rifratte: in un'indagine di sismica a rifrazione sarà possibile individuare un numero di punti di ginocchio pari al numero di rifrattori investigati.

Pertanto più è profondo il rifratte più è distante dalla sorgente il rispettivo punto di ginocchio: da ciò si deduce che gli impulsi rifratti possono essere ricevuti solo a partire da una certa distanza proporzionale alla profondità del rifratte e che quindi la profondità totale di indagine è legata alla lunghezza dello stendimento di ricevitori.

Tramite semplici relazioni trigonometriche è possibile, note le velocità di propagazione delle onde elastiche nei diversi strati omogenei del sottosuolo, conoscere gli spessori di ciascuno di essi: ciascun metodo presenta, in funzione delle ipotesi iniziali fissate, un diverso campo di applicabilità, ove è possibile considerare i risultati con un accettabile grado di affidabilità.

I principali limiti della tecnica di sismica a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta: tale situazione è nota come "orizzonte muto" e porta, oltre all'inconveniente di non considerare la presenza di uno strato a comportamento diverso nel sottosuolo, alla sovrastima dello spessore dello strato sovrastante l'inversione di velocità.

Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile.

E' noto infatti che per essere visto uno strato deve poter essere campionato da almeno 2 geofoni e, se questo non avviene, lo strato è come se non esistesse e non se ne può valutare né velocità né spessore: tale fenomeno è noto come "orizzonte nascosto".

Altra limitazione, in parte risolvibile, è quella del cambio di pendenza di una dromocrona dovuta non alla presenza di una nuova interfaccia di separazione tra due strati ma alle variazioni di inclinazione della stessa interfaccia.

Le prime due limitazioni rappresentano situazioni stratigrafiche che mal si prestano ad essere investigate col metodo di sismica a rifrazione in quanto portano a sovrastimare o sottostimare lo spessore delle coperture.

La terza limitazione rappresenta una delle situazioni stratigrafiche molto ricorrente in quanto è molto difficile in realtà trovare situazioni perfettamente piano parallele: è possibile tramite metodi di interpretazione particolari (delay-time o plus minus ed altri), che richiedono specifiche configurazioni degli stendimenti rispetto ai punti di energizzazione, ricostruire situazioni litostratigrafiche caratterizzate da interfacce di separazione anche molto articolate.

Se gli strati sono poco potenti con velocità crescente con la profondità (come normalmente avviene nei terreni non consolidati), i percorsi delle onde saranno curvi, con concavità rivolta verso l'alto ed anche la corrispondente dromocrona sarà una curva.

Sebbene nei casi reali si abbia a che fare con depositi stratificati, spesso fittamente e in maniera poco definita, con un'alternanza di strati caratterizzati da rigidità anche molto differenti (con inevitabili problemi di riflessione e rifrazione delle onde in corrispondenza delle superfici di discontinuità e/o di fratture), si assume che l'effetto delle onde dirette, in termini di ampiezza delle vibrazioni, sia predominante rispetto a quello delle onde indirette, tanto da potere trascurare queste ultime e considerare il mezzo, limitatamente all'area comprendente la sorgente e il ricevitore, come mezzo omogeneo, isotropo e non confinato, pur ben conoscendo i limiti di tale approssimazione. La velocità delle onde P misurate per terreni perfettamente saturi ($S_r = 100\%$) dipende talora in maniera decisiva dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale e perciò tale valore può non essere rappresentativo delle proprietà meccaniche del materiale in questione; invece le velocità delle onde S e delle onde di superficie, sono caratteristiche delle vibrazioni trasmesse prevalentemente dal solo scheletro solido e perciò rappresentative delle proprietà meccaniche del terreno. Ne consegue che per

alcuni terreni al di sotto della falda le uniche onde in grado di fornire informazioni precise sulla rigidità del terreno sono quelle di taglio e, subordinatamente le onde di superficie.

Parametri elastici

Le indagini sismiche con tecnica a rifrazione sono finalizzate alla determinazione diretta e continua lungo la verticale d'esplorazione della velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di

volume di compressione (onde P) e alla determinazione indiretta, per mezzo di tali valori di velocità, di alcune proprietà meccaniche del materiale in questione. Si assume che il terreno esplorato abbia un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (ipotesi peraltro giustificata dall'esperienza in base alla quale le deformazioni tangenziali prodotte dalle onde sismiche sono spesso inferiori a 10-3% e quindi al di sotto della soglia di linearità). Pertanto in base alla teoria della elasticità sussistono specifiche relazioni tra i valori di velocità di propagazione delle onde P (V_P), delle onde S (V_S) e delle onde di Rayleigh (V_R) ed alcune delle proprietà meccaniche del mezzo attraversato, quali il modulo di compressibilità volumetrica E_v o K , il modulo di Young E , il coefficiente di Poisson ν e il modulo di deformazione a taglio G .

$$G = \rho \cdot V_s^2$$

$$E_v = \rho \cdot \left(V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

$$G = \rho \cdot V_s^2; \nu = \frac{0.5 \cdot \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right) - 1}$$

$$E = 2\rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu)$$

$$\frac{V_R}{V_S} = \frac{0.862 + 1.14 \cdot \nu}{1 + \nu}$$

dove ρ rappresenta la densità del mezzo

$\gamma = \rho \cdot g$ il peso di volume

g rappresenta l'accelerazione di gravità.

Il rapporto tra V_p e V_s può fornire utili informazioni sullo stato di consolidazione e sulla presenza di gas nei porous-media. Alcuni Autori (Gardner & Harris, 1968) affermano che rapporti maggiori di 2 si riscontrano in presenza di sabbie saturate non consolidate; alti rapporti risultano altresì per terreni incoerenti argillo-limosi ad alto grado di saturazione.

Valori inferiori a 2 si registrano in presenza di rocce compatte o sedimenti gas saturati. In rocce saturate tale rapporto risulta dipendente dalla litologia, dalla quantità e geometria dei pori e dalle microfratture e potrebbe, nota la litologia, fornire indicazioni su questi ultimi due parametri.

Il Coefficiente di Poisson ν è l'unico che non necessita della conoscenza della densità per la sua determinazione. Sebbene in teoria sia considerato stress indipendente ed i suoi valori risultino compresi tra 0.25 e 0.33, nei porous-media esso risulta stress dipendente, e presenta un campo di variabilità più esteso e può addirittura arrivare secondo GREGORY (1976) a valori negativi. I valori più bassi, in natura, si registrano per litotipi ad alta porosità, sottoposti a bassa pressione litostatica e gas saturati, in alcuni sedimenti incoerenti e saturi i valori possono risultare uguali o superiori a 0.49; nelle sospensioni assume il valore di 0.5.

Il Modulo di taglio G è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei porous media è molto esteso.

Il Modulo di Young E dipende dalla porosità, dalla pressione litostatica e dagli altri moduli elastici. Aumenta in misura considerevole quando al campione "dry" a bassa porosità vengono aggiunte piccole quantità di acqua, diminuisce quando un campione ad alta porosità viene sottoposto allo stesso trattamento. I minimi valori del modulo si registrano in litotipi ad alta porosità saturi in gas, mentre i valori massimi si hanno per litotipi sotto pressione saturati in acqua ed a bassa porosità. Il campo di variabilità è considerevole.

Metodologia

Lo scopo della prova consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p), le unità litologiche presenti nell'area di indagine.

La tecnica di esplorazione trova il suo miglior campo di applicazione con profondità delle coperture da esplorare inferiore ai 20-30 m. Si rende necessaria soprattutto quando i risultati da ottenere devono essere di qualità e precisione discrete e quando interessano dati medi relativi ad ampi volumi di terreno.

La lunghezza dello stendimento di geofoni di 115 m rappresenta un valore limite per il sistema di energizzazione utilizzato, in quanto i segnali ricevuti risultano sensibilmente disturbati soprattutto in corrispondenza dei geofoni più lontani dal punto di energizzazione. L'entità del disturbo è molto variabile in funzione delle caratteristiche litologiche e meccaniche del sottosuolo. L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- Individuazione del primo arrivo in P attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazioni di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro;
- Ricostruzione delle dromocrone in P e scelta del modello di sottosuolo utilizzato nell'interpretazione;
- Linearizzazione delle dromocrone e calcolo delle velocità di propagazione delle onde elastiche analizzate e dei relativi tempi di intercetta;
- Ricostruzione del modello del sottosuolo con calcolo della profondità di ciascun strato omogeneo, continuo ed isotropo tramite il metodo del tempo di intercetta applicabile a ciascun punto di scoppio (metodo a griglia shot-point); questo metodo è applicabile in situazioni litostratigrafiche approssimabili a modelli stratificati a strati piani orizzontali e/o inclinati.

Per le analisi interpretative sono stati utilizzati i software:

- *InterSism* versione 2.1 - Seismic Refraction Processing Software della Geo&Soft;
- *WinMASW 4.0* Standard – Multichannel Analysis of Surface Waves – per la determinazione dei profili verticali Vs della EliaSoft.

Non si è ritenuto necessario, date le finalità dell'indagine, applicare metodi interpretativi più complessi che peraltro necessitano di maggior onere economico nell'acquisizione dei dati (minimo 7 shots) e rendono più difficile l'individuazione di aree adatte all'indagine.

Sulla base di valutazioni incrociate sull'attendibilità dei risultati ottenuti dalle ricostruzioni sismiche è possibile scegliere il modello ritenuto più conforme alla situazione litostratigrafica presente nell'area e di cui è sempre preferibile avere a disposizione informazioni dirette di tipo geologico, geotecnico e/o idrogeologico.

In funzione del modello scelto viene individuato l'insieme di situazioni monodimensionali in grado di rappresentare l'area di studio e si propone un possibile gradiente di variazione delle proprietà meccaniche dei materiali con la profondità.

Tali modelli sono utilizzabili ai fini di valutazioni semiquantitative della risposta sismica locale, ricordando che gli andamenti dei rifrattori individuati possono non essere coincidenti con quelli reali in quanto valutati tramite un solo stendimento; al fine di individuare le reali geometrie dei sismostrati sarebbe necessario eseguire più stendimenti disposti tra loro ortogonalmente.

Interpretazione e risultati

L'indagine geosismica è consistita nell'esecuzione di due Basi Sismiche di superficie, siglate BASE 1 e BASE 2, in P.

Per quanto riguarda la geometria adottata nelle **BASI sismiche 1 e 2**, i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 1 m; sono stati utilizzati 2 punti di energizzazione estreme (a 2 m dai geofoni 1° e 24°), quindi lo stendimento BASE_1 e BASE_2 risultano di **23** m ciascuno.

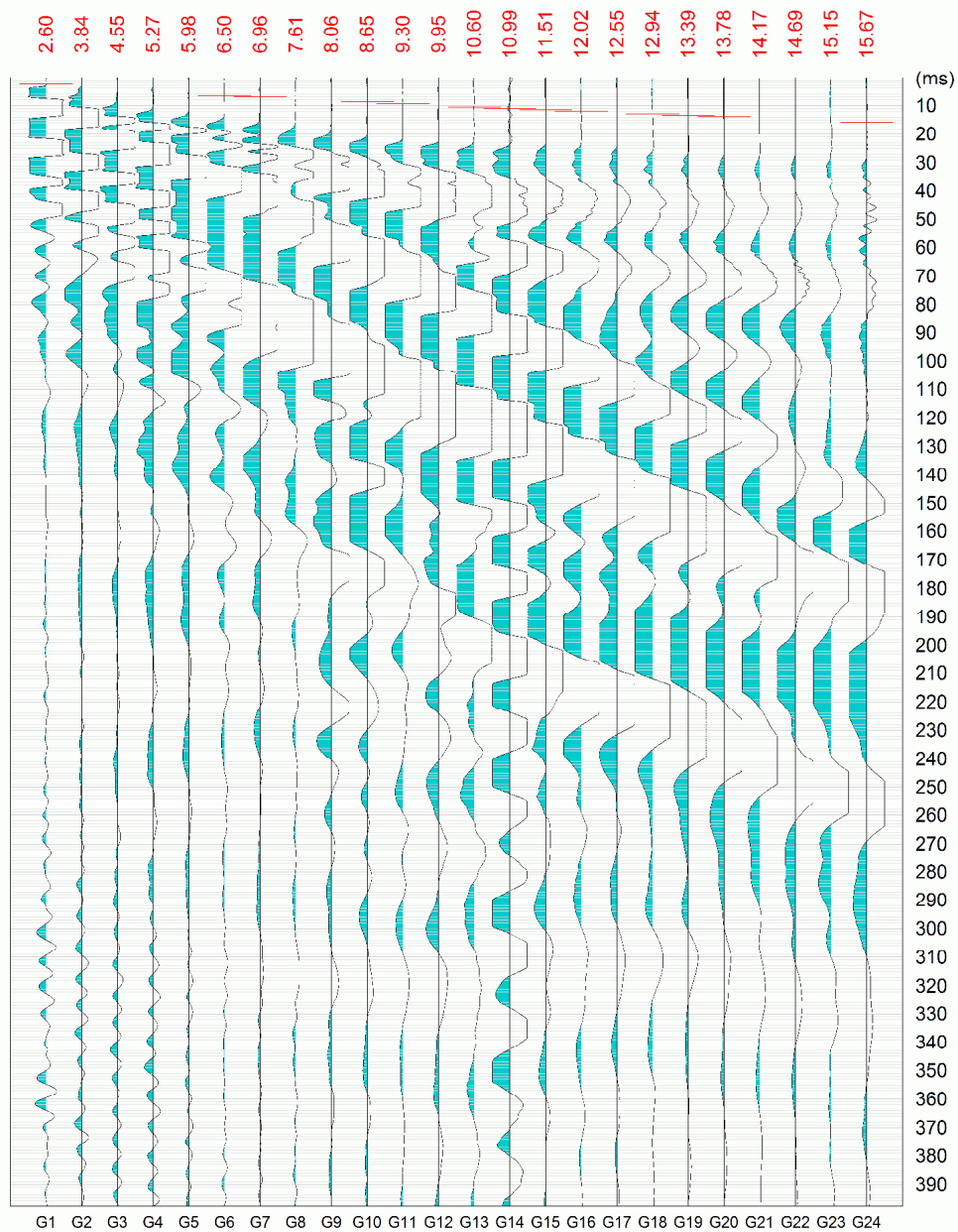
La topografia della superficie è pianeggiante sul tratto investigato ed è stata pertanto assegnata allo stendimento la quota relativa 0 m.

Registrazione Onde P

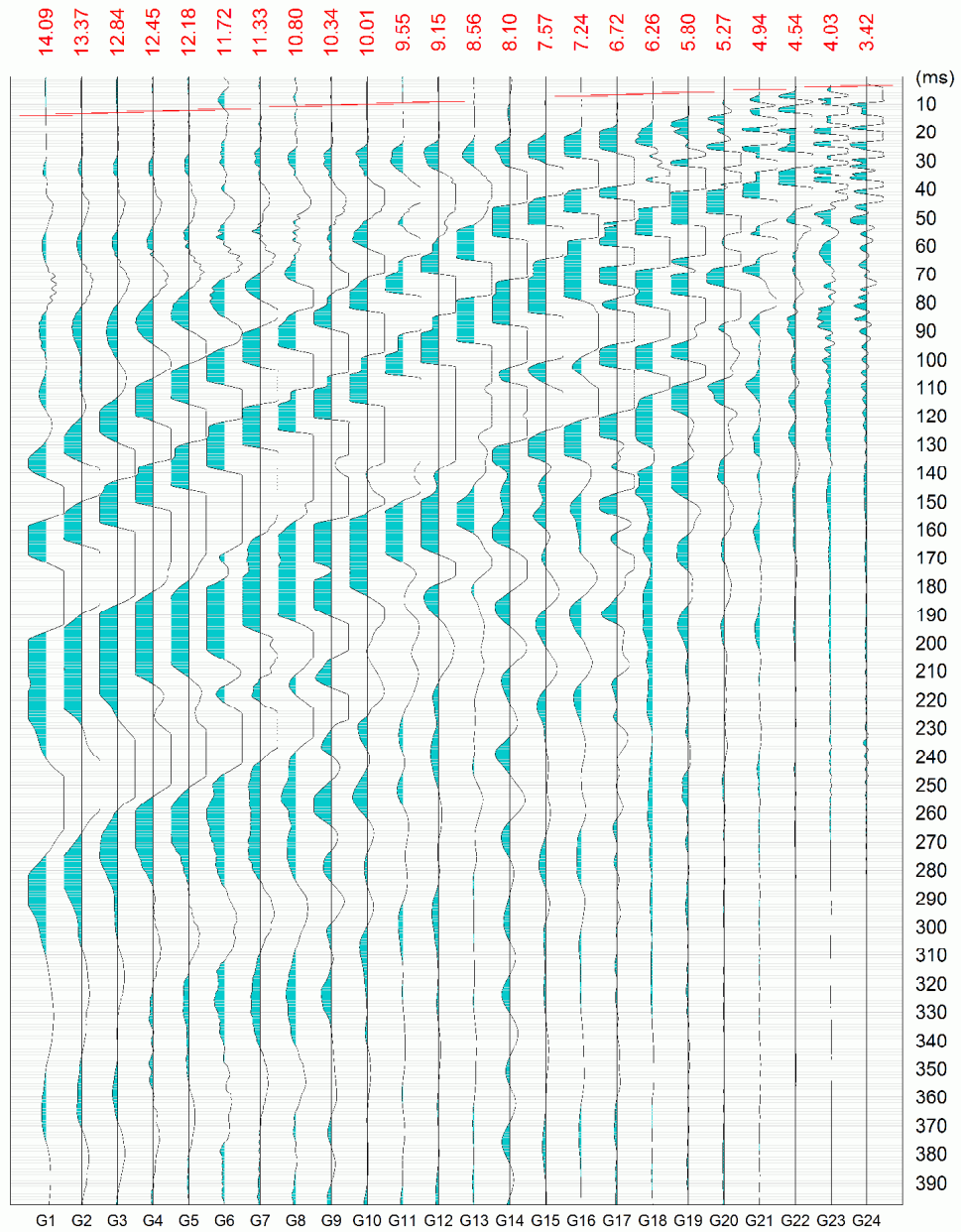
Le registrazioni per ciascun punto di scoppio sono state campionate con un intervallo di 400 microsecondi, senza utilizzo di filtro hardware. Di seguito si riportano i sismogrammi multishot acquisiti:

BASE SISMICA 1

SONDAGGIO SISMICO 1 - COMUNE DI MANFREDONIA FOGLIO 135 P.LLA 70

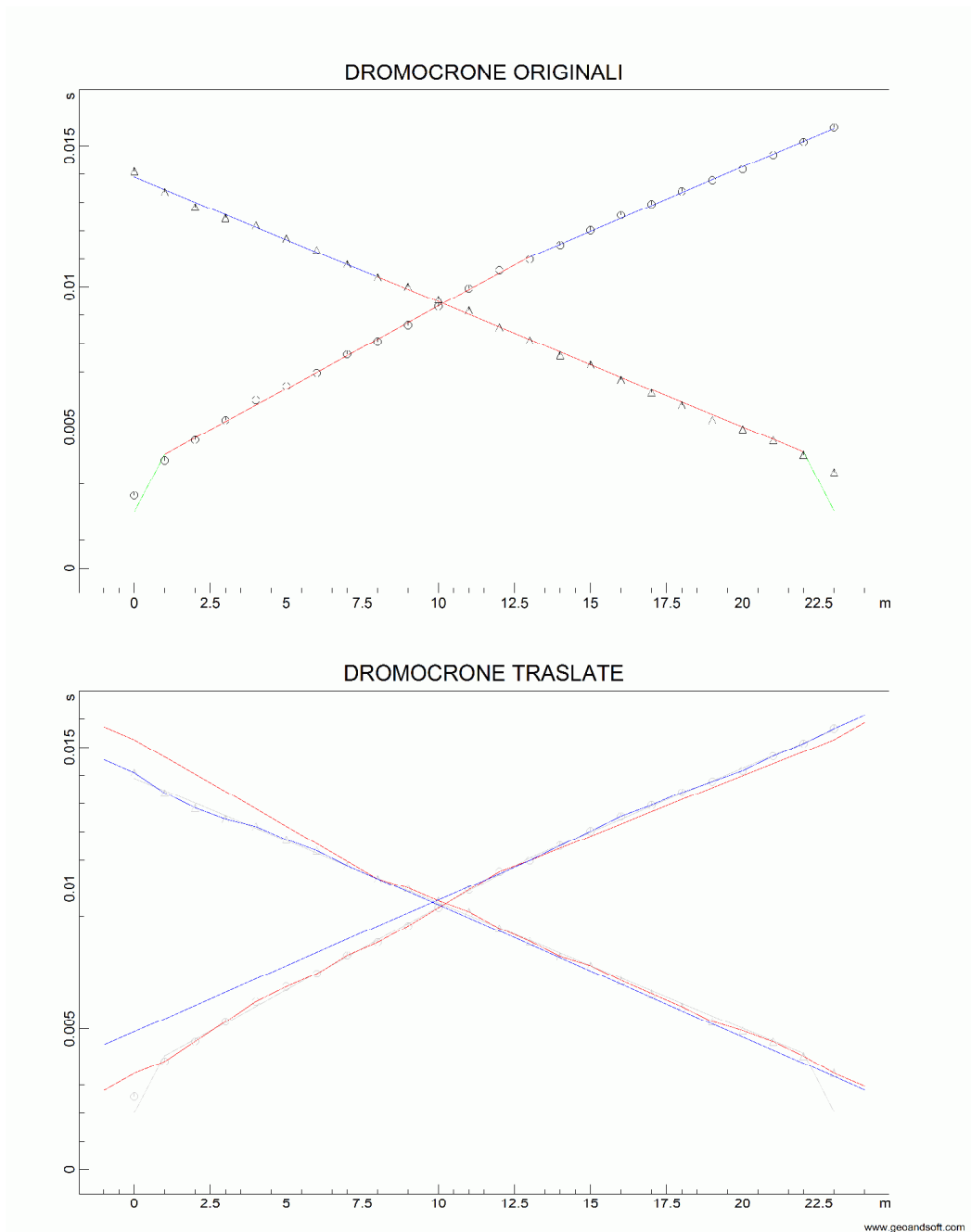


SONDAGGIO SISMICO 1 - COMUNE DI MANFREDONIA FOGLIO 135 P.LLA 70



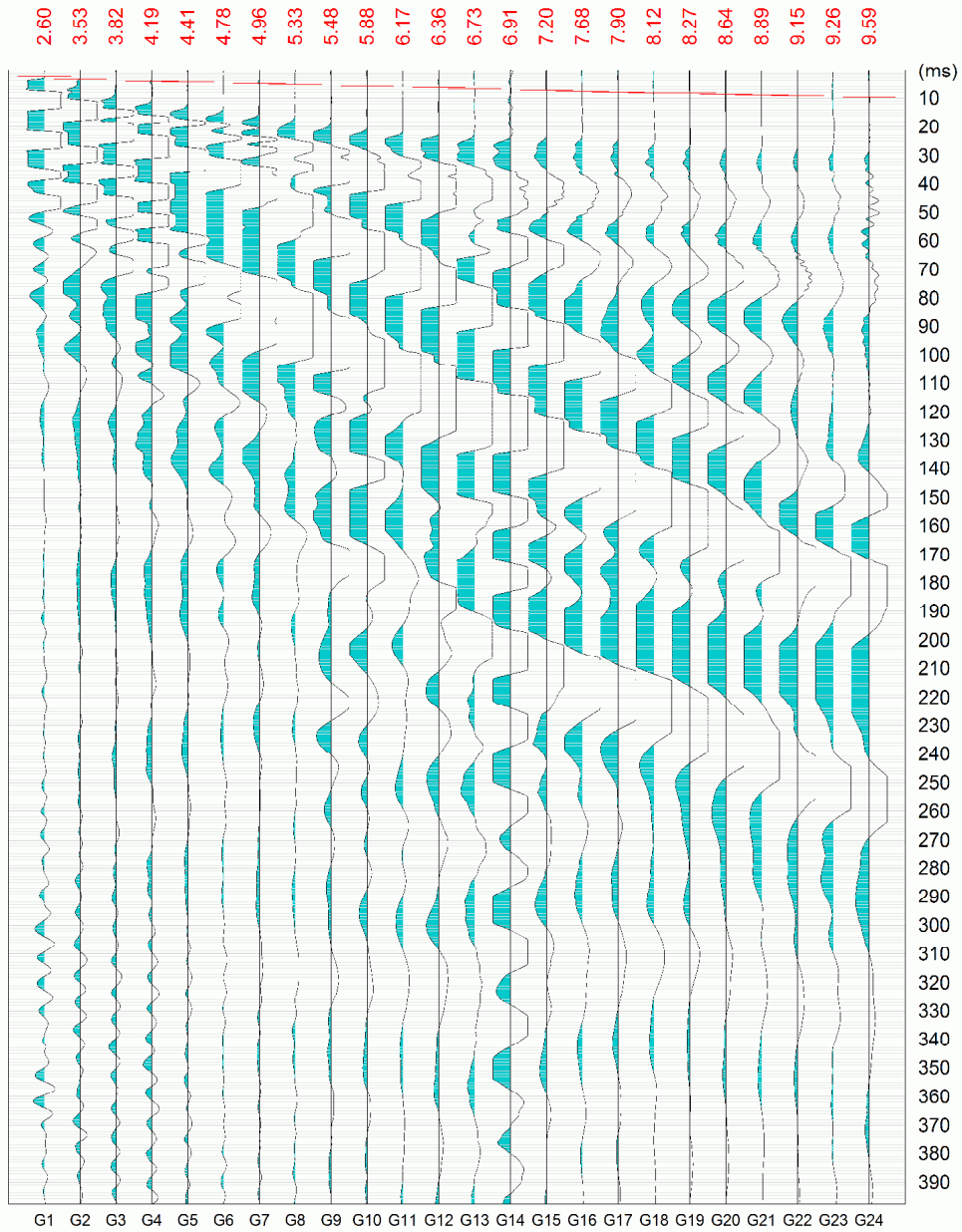
www.geoandsoft.com

SONDAGGIO SISMICO 1 - COMUNE DI MANFREDONIA FOGLIO 135 P.LLA 70

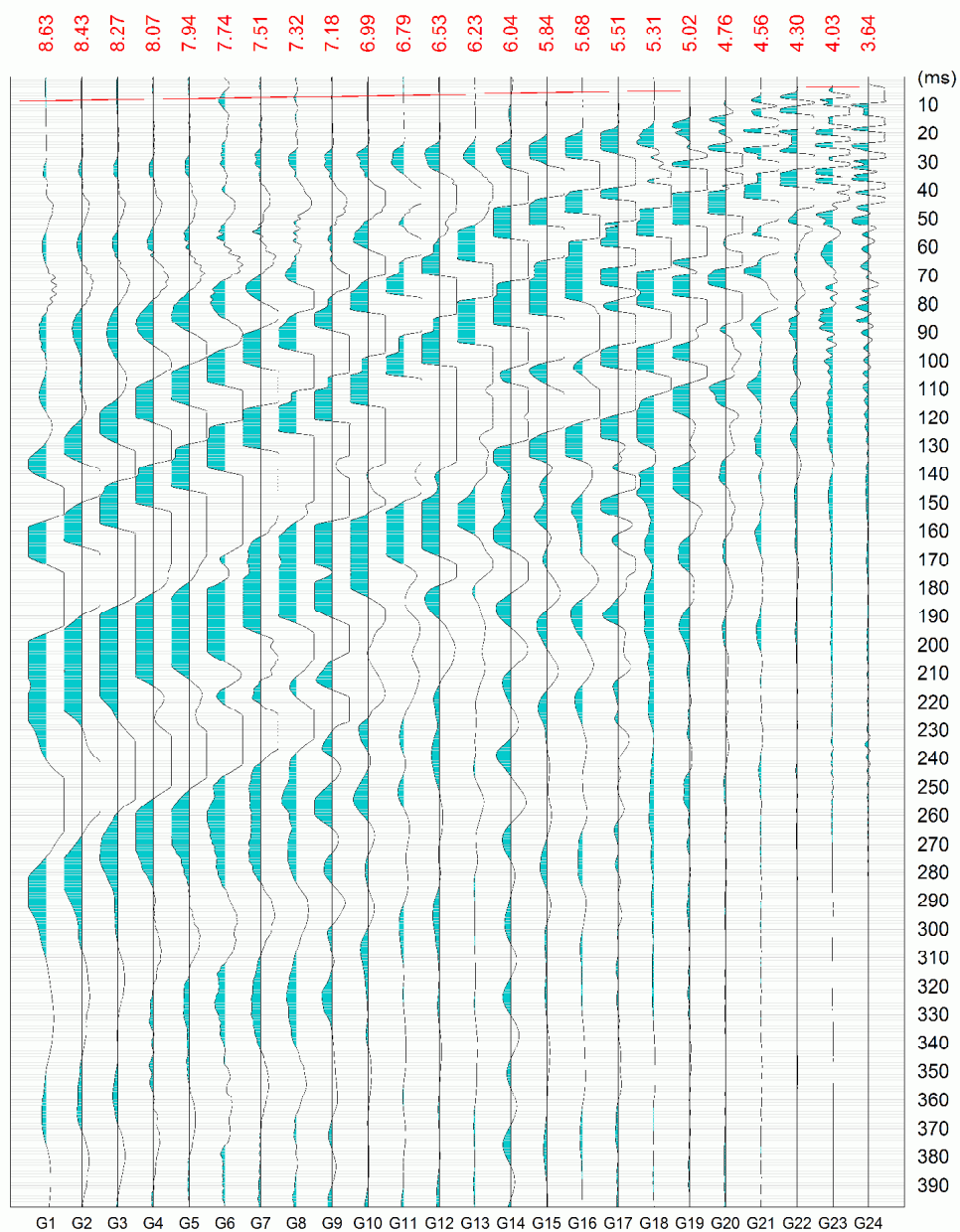


BASE SISMICA 2

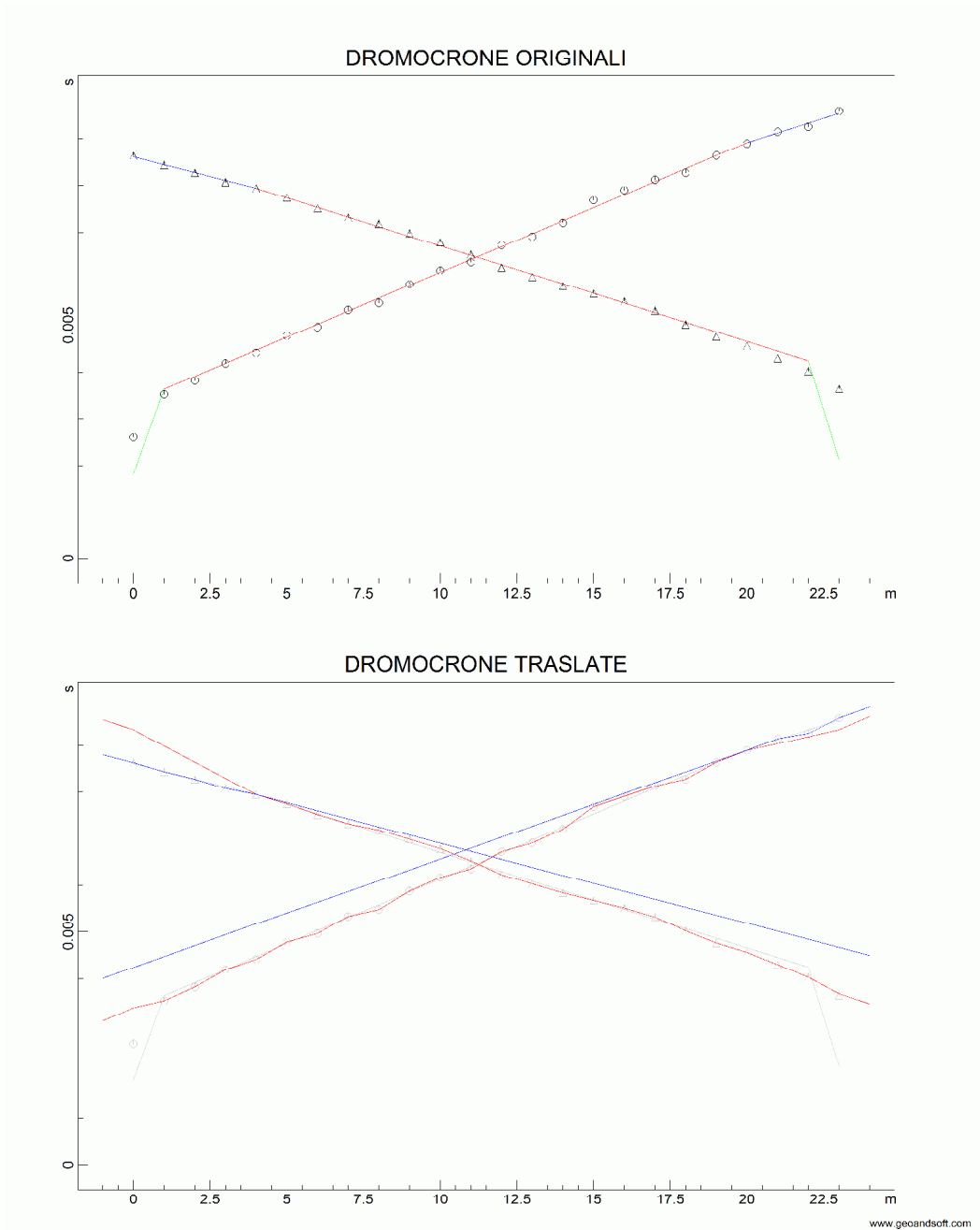
SONDAGGIO SISMICO 2 - COMUNE DI ORTA NOVA FOGLIO 2 P.LLA 41



SONDAGGIO SISMICO 2 - COMUNE DI ORTA NOVA
FOGLIO 2 P.LLA 41



SONDAGGIO SISMICO 2 - COMUNE DI ORTA NOVA FOGLIO 2 P.LLA 41



Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono 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 e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

La strumentazione utilizzata è la stessa della sismica a rifrazione, utilizzando **24** geofoni, la distanza intergeofonica di **1** metro, l'intero stendimento è di **23** m; le registrazioni per ciascun punto di scoppio (1 m; 3m; 5 m) sono state campionate con un intervallo di 1 secondo, senza utilizzo di filtri hardware.

L'elaborazione dati nell'analisi MASW può essere ricondotta in due fasi:

- Determinazione della Curva di Dispersione (valutazione dello spettro di velocità)
- Inversione della Curva di Dispersione

Modello geofisico e geologico interpretativo

Le sezioni sismiche ottenute dall'interpretazione dei segnali acquisiti permettono di individuare le principali unità geofisiche costituenti il modello geofisico dell'area d'indagine.

Si ricorda che qualunque tecnica di geofisica applicata ha un margine di errore intrinseco variabile in funzione del tipo di tecnica usata, di strumentazione adottata e di problematiche incontrate durante l'indagine e che solo l'operatore è in grado di quantificare in modo ottimale: nel caso in esame la risoluzione del metodo non permette precisioni in termini di spessore inferiori al metro e i valori di velocità V_p e V_s sono da intendere come velocità medie all'interno di ciascuna unità geofisica individuata. Pertanto si è proceduto all'interpretazione geofisico – geologica: -

individuando preliminarmente le unità geofisiche omogenee dal punto di vista delle onde P (V_P); - sovrapponendo i limiti individuati dalle prove MASW.

Ciascuna unità geofisica così individuata è da intendersi costituita da materiale continuo, omogeneo ed elastico, le cui proprietà elastiche variano verticalmente in modo lineare da un valore minimo ad un valore massimo definito dall'intervallo di valori ad essa associati: a ciascuna unità è possibile assegnare un unico valore di V_P e V_S pari al valore medio dell'intervallo assegnato, mentre a tutto il modello è possibile associare uno o più gradienti di V_P e V_S con la profondità, in funzione delle variabilità laterali.

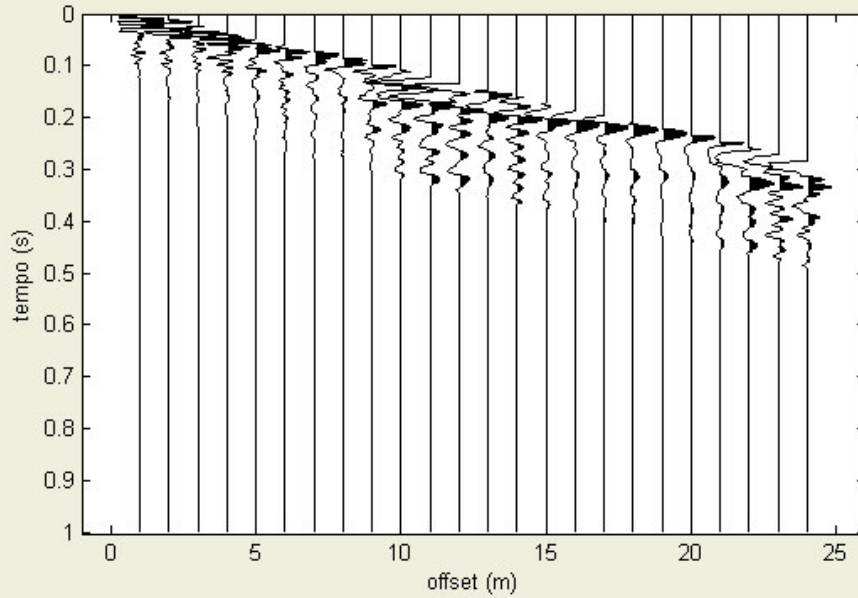
In allegato si riporta l'interpretazione delle sezioni sismiche per l'area indagata.

Di seguito si riportano i risultati della prova MASW (Base 1)

Primo: trattamento dati

dataset: 1m 75.SGY
offset minimo: 1 m
distanza intergeofonica: 1 m
campionamento: 0.131 ms

Tracce normalizzate

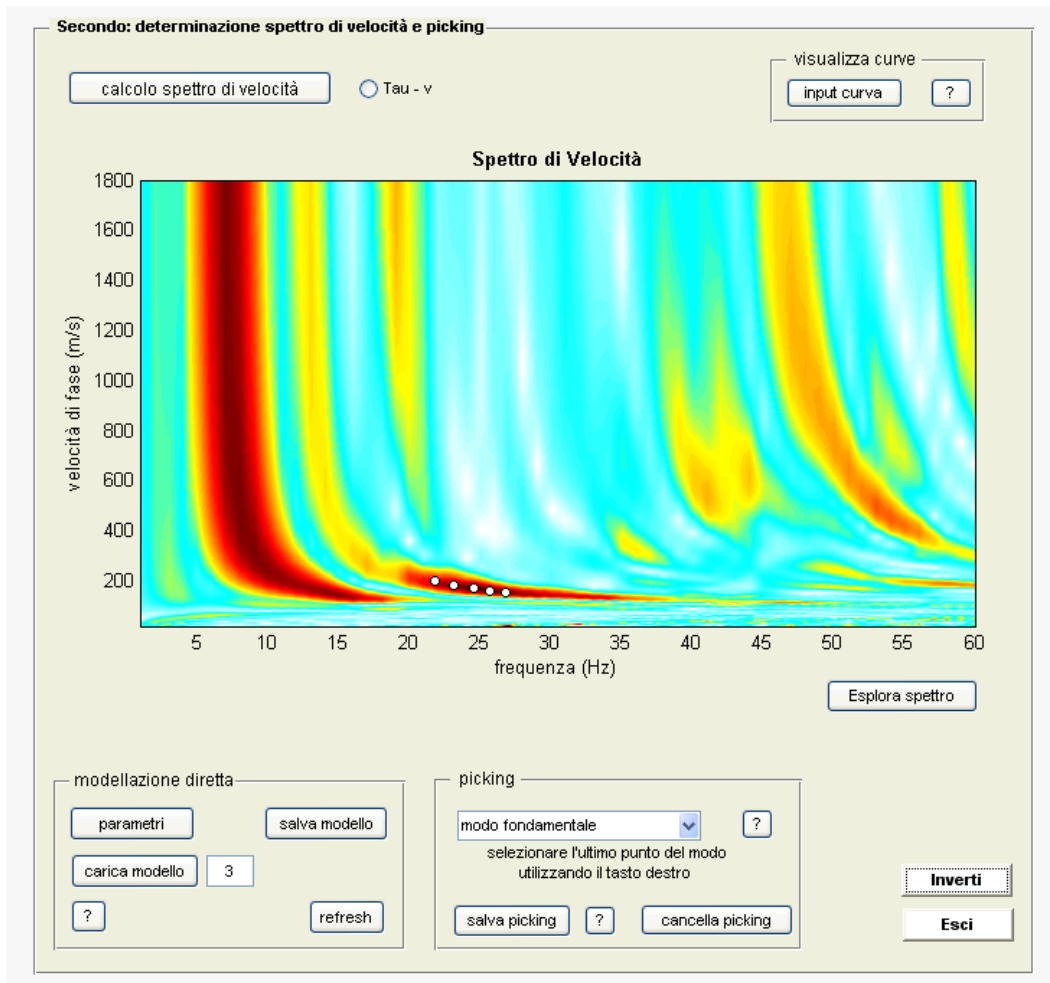


Utilità

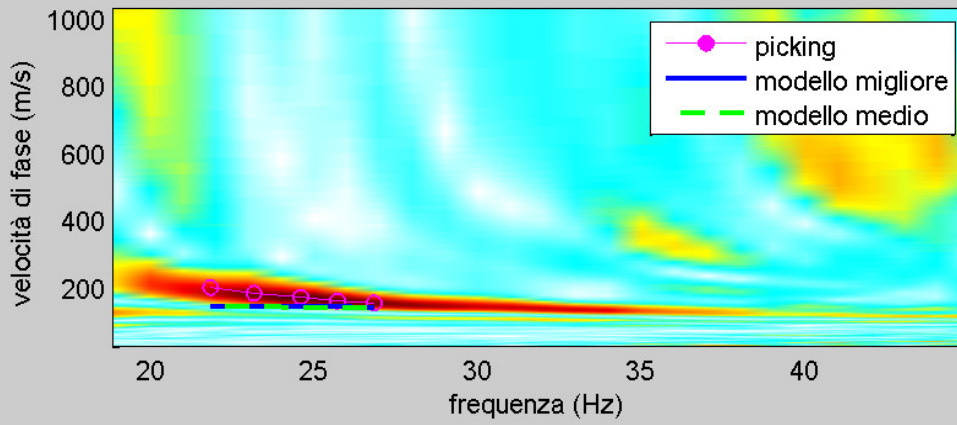
Seleziona dati



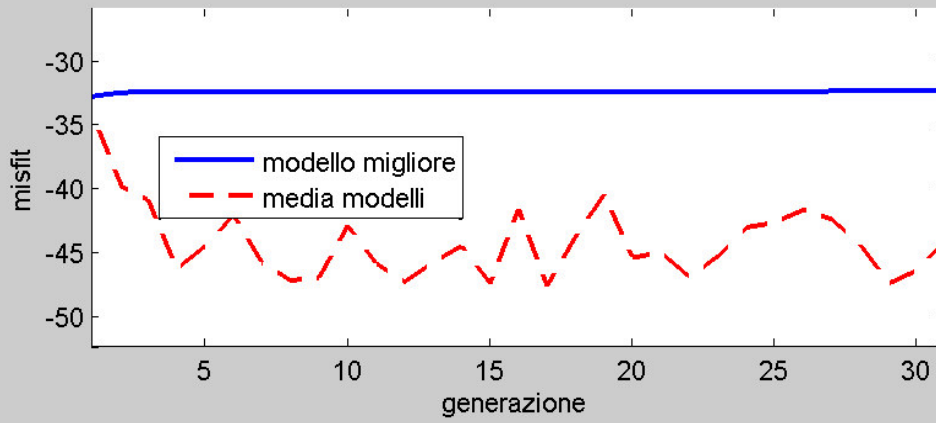
ver. 4.0 Standard

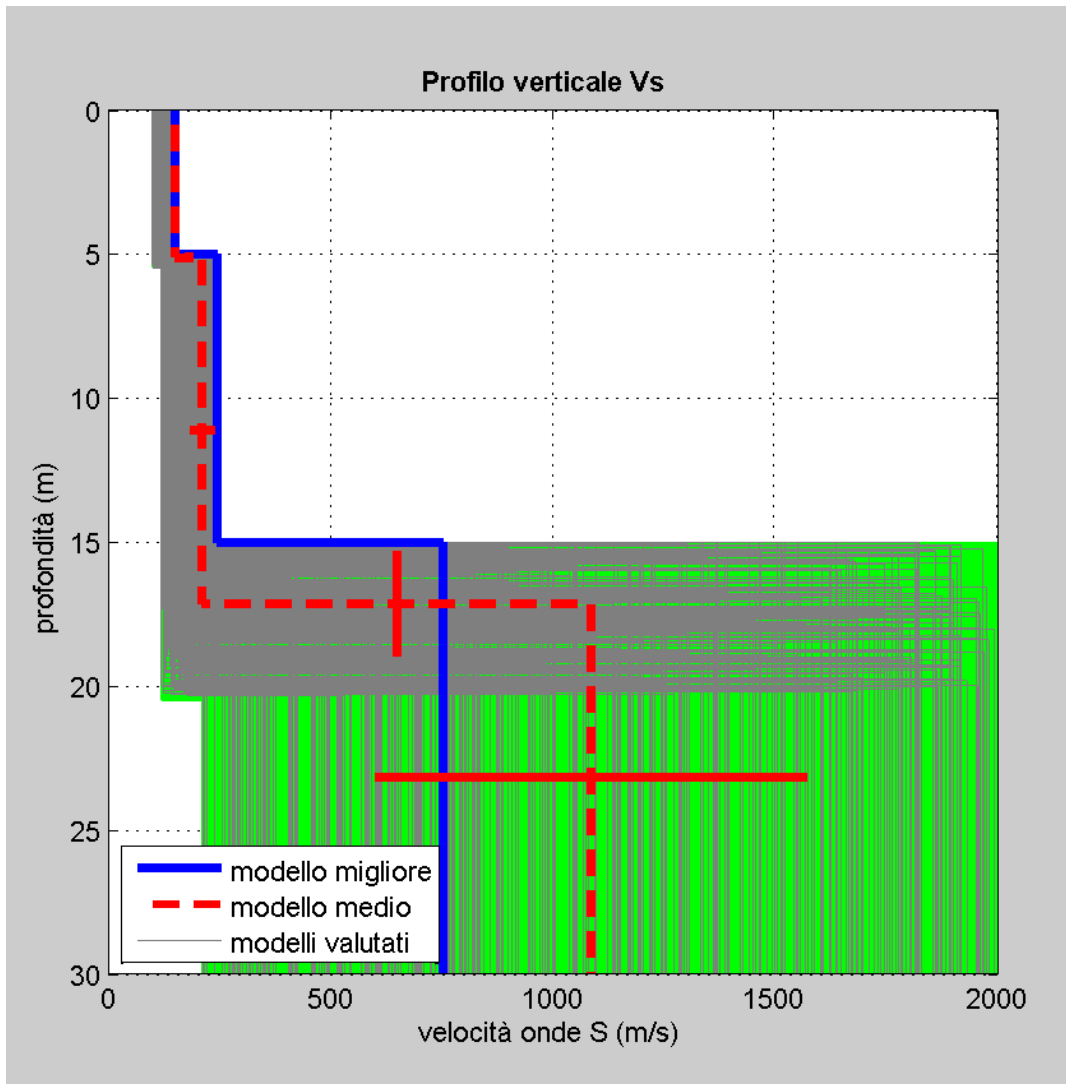


spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit





Dataset: 1m 75.SGY
Curva di dispersive: 1 m 75 Manfredonia p.IIa 70.cdp
Modello migliore VS30: 318 m/s
Modello medio VS30: 292 m/s

Modello medio

VS (m/s): 150, 212, 1085

Deviazioni Standard (m/s): 1, 26, 484

Spessori (m): 5.1, 12.0

Deviazioni Standard (m): 0.1, 1.8

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di densità e moduli elastici

Densità (gr/cm³): 1.79, 1.90, 2.17

Modulo di Poisson: 0.37, 0.40, 0.46

Modulo di taglio (MPa): 40, 85, 2550

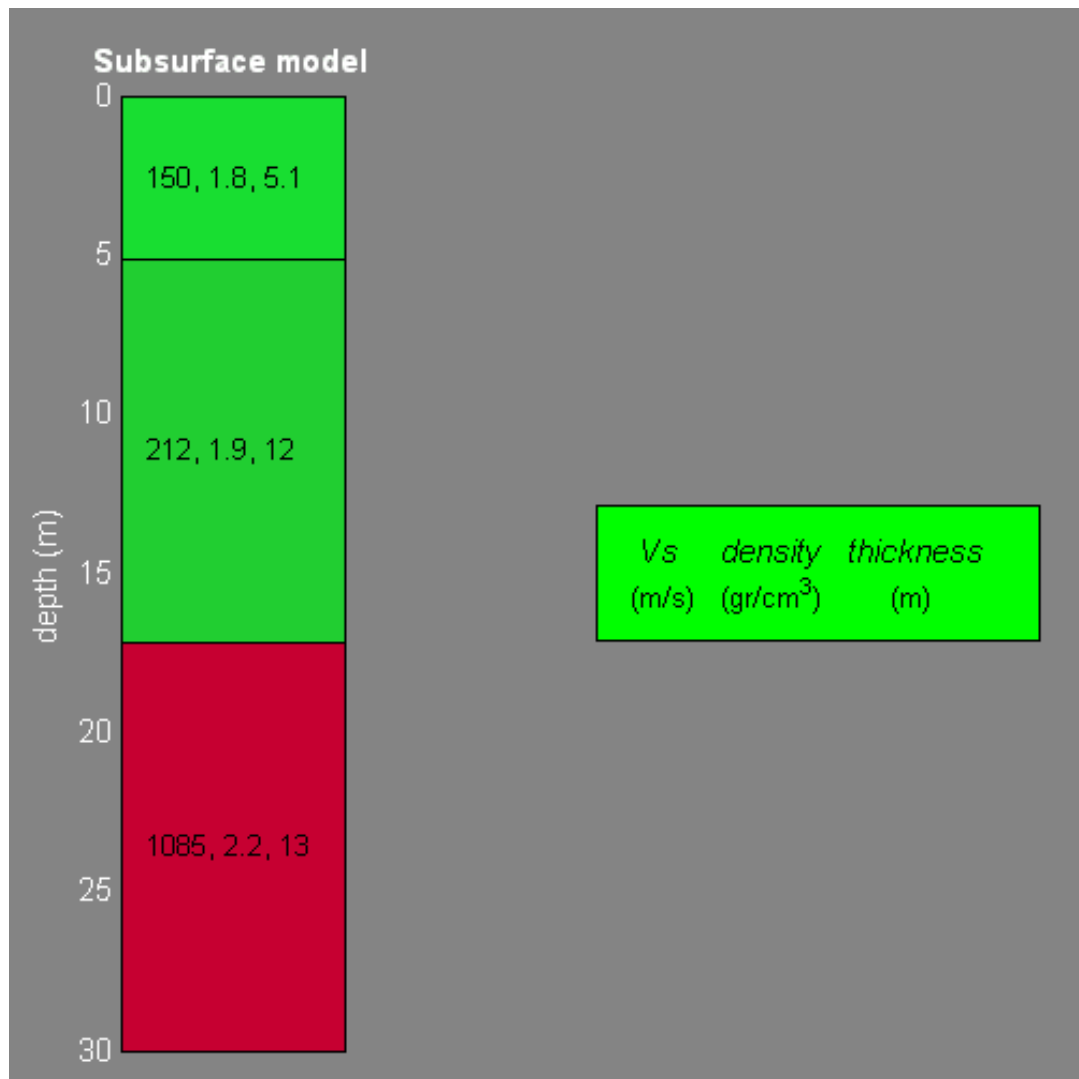
Modulo di compressione (MPa): 145, 411, 2049

Modulo di Young (MPa): 110, 239, 5406

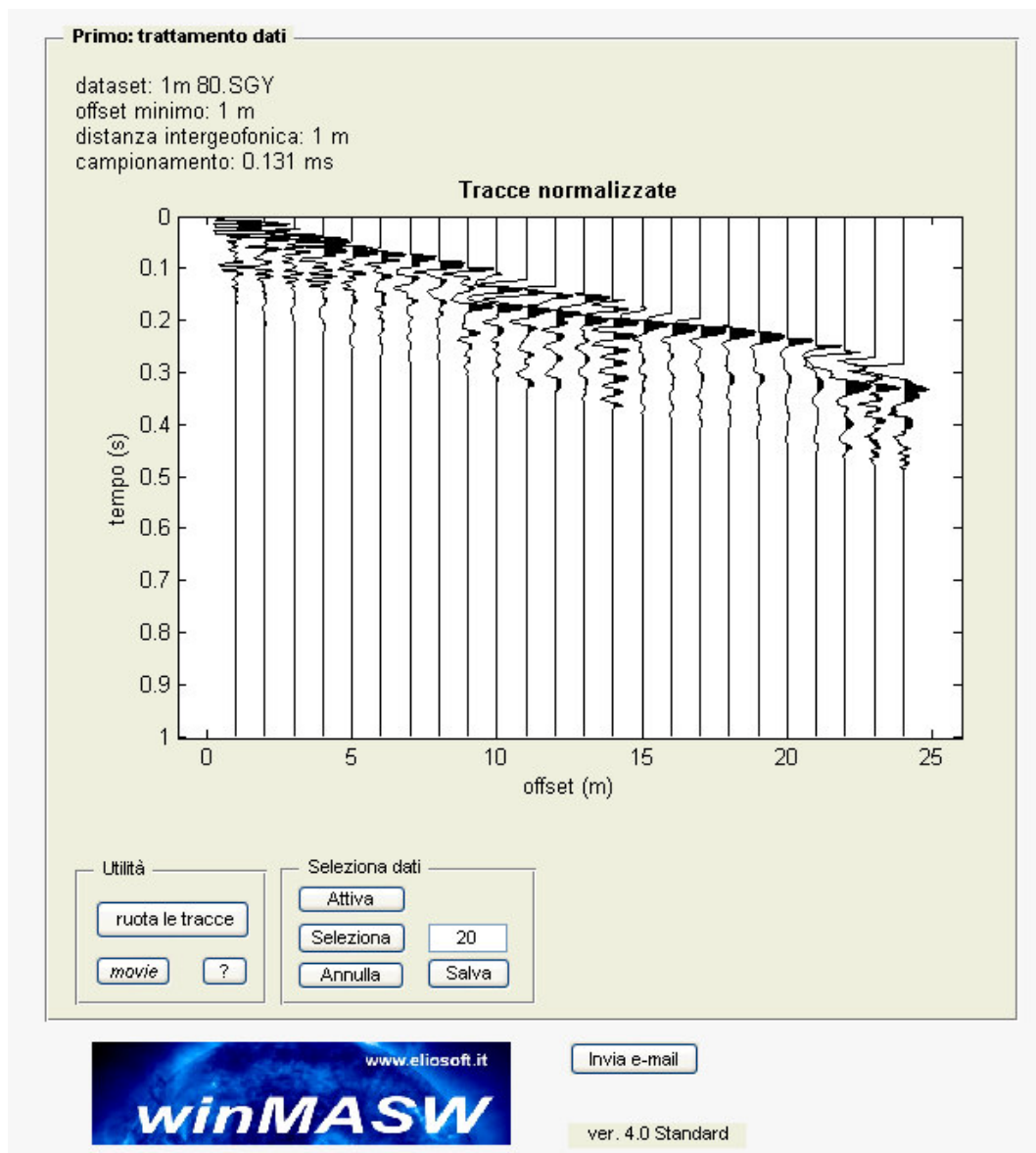
Modulo di Lamé (MPa): 118, 355, 359

VS30 (m/s): 292

Tipo di Suolo: C



Di seguito si riportano i risultati della prova MASW (Base 2)



Secondo: determinazione spettro di velocità e picking

calcolo spettro di velocità Tau - v

visualizza curve

Spettro di Velocità

velocità di fase (m/s)

frequenza (Hz)

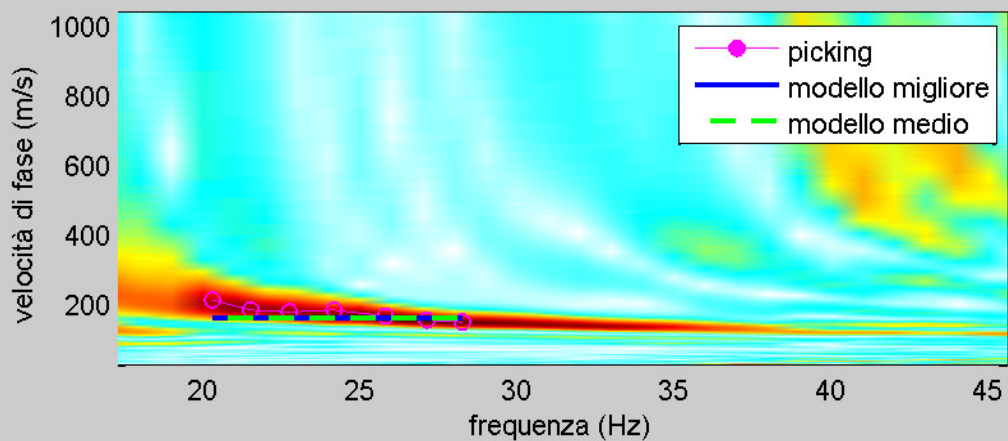
modellazione diretta

picking

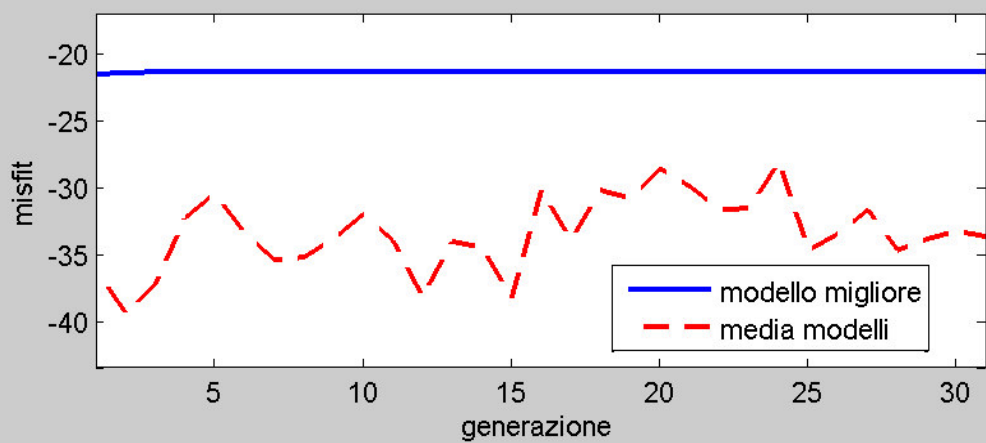
modo fondamentale

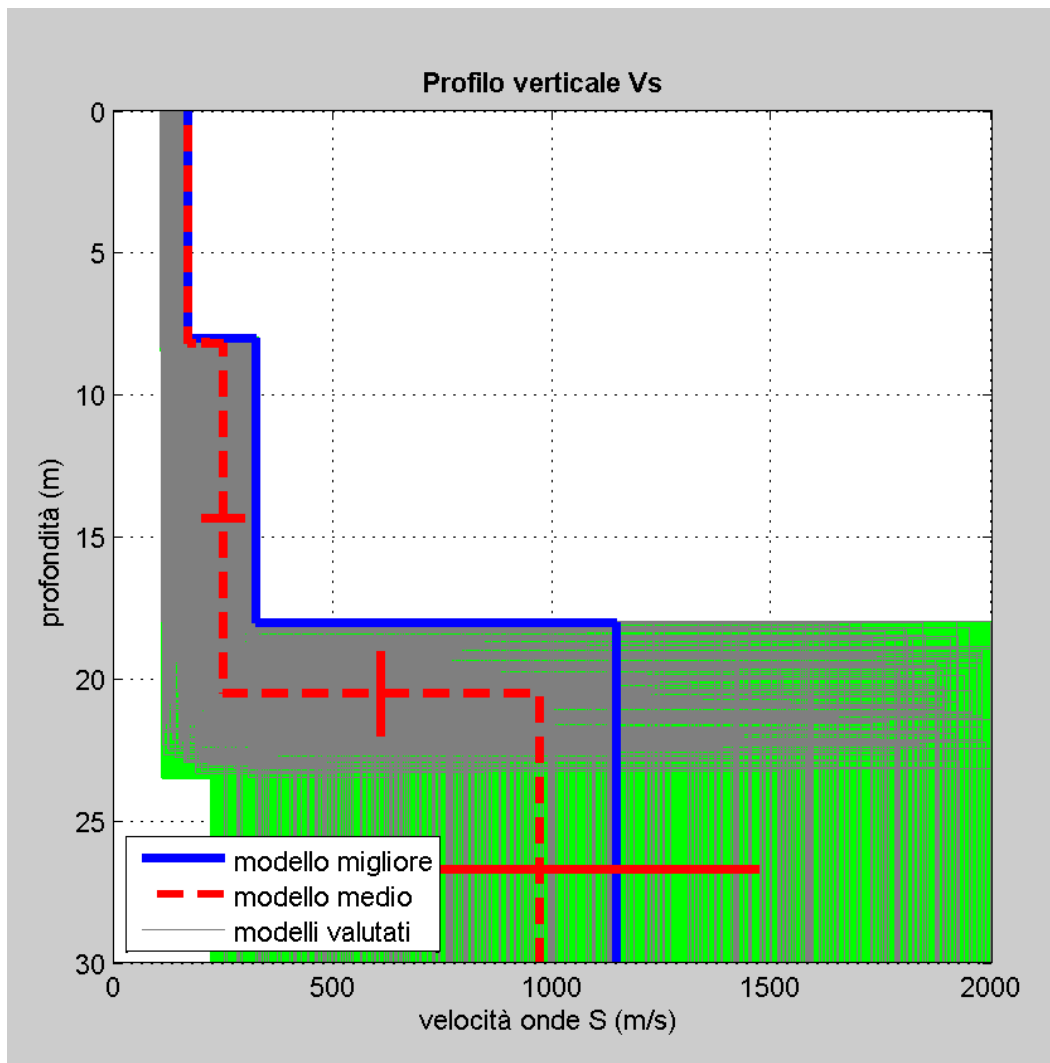
selezionare l'ultimo punto del modo utilizzando il tasto destro

spettro di velocità e curve di dispersione



evoluzione misfit





Dataset: 1m 80.SGY

Curva di dispersione: 1 m 80 Orta Nova p.IIa 41.cdp

Modello migliore VS30: 340 m/s

Modello medio VS30: 280 m/s

Modello medio

VS (m/s): 170, 250, 970

Deviazioni Standard (m/s): 1, 49, 499

Spessori (m): 8.2, 12.3

Deviazioni Standard (m): 0.2, 1.5

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

Stima approssimativa di densità e moduli elastici

Densità (gr/cm³): 1.82, 1.96, 2.27

Modulo di Poisson: 0.37, 0.43, 0.51

Modulo di taglio (MPa): 52, 123, 2136

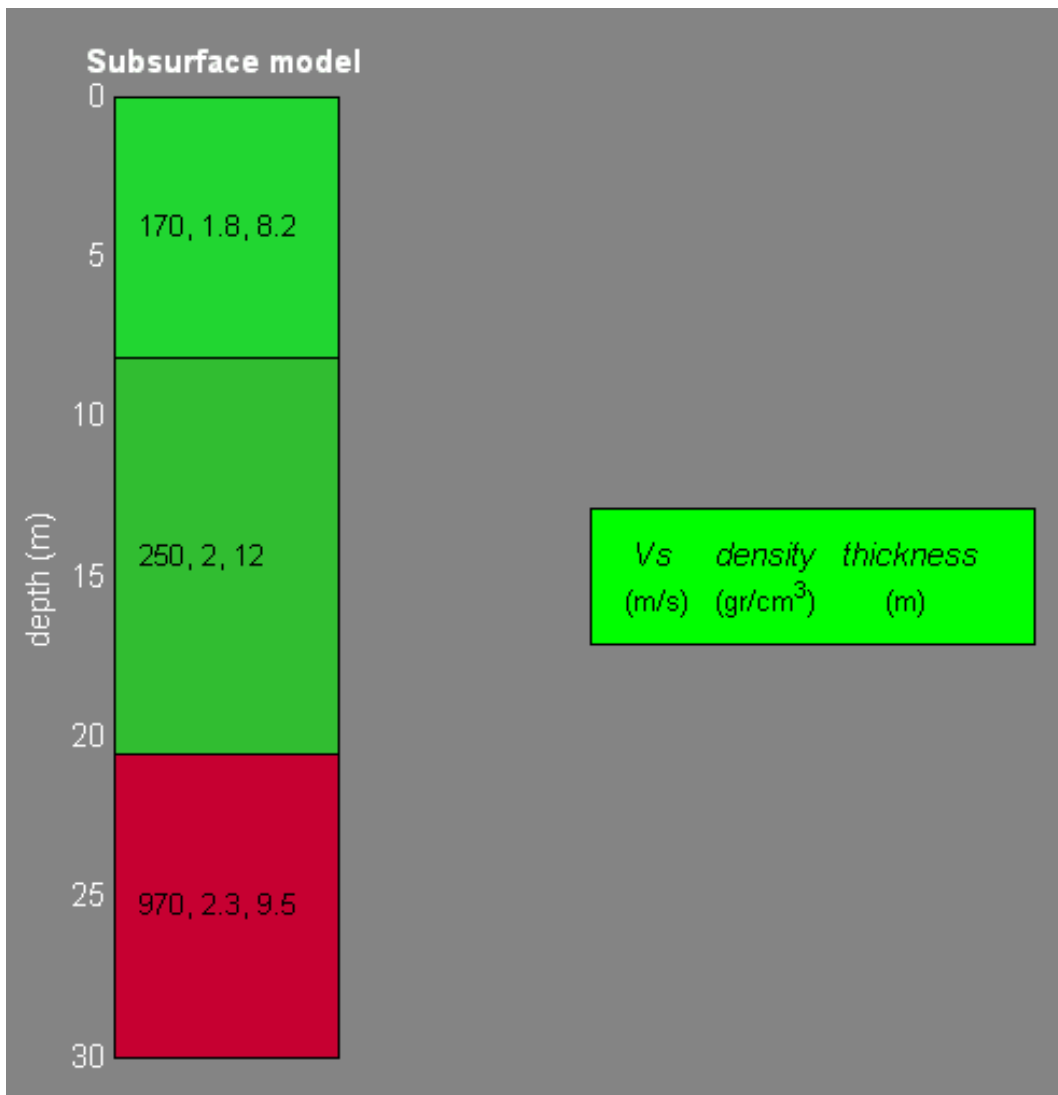
Modulo di compressione (MPa): 184, 780, 1625

Modulo di Young (MPa): 144, 350, 6007

Modulo di Lamé (MPa): 149, 698, 798

VS30 (m/s): 280

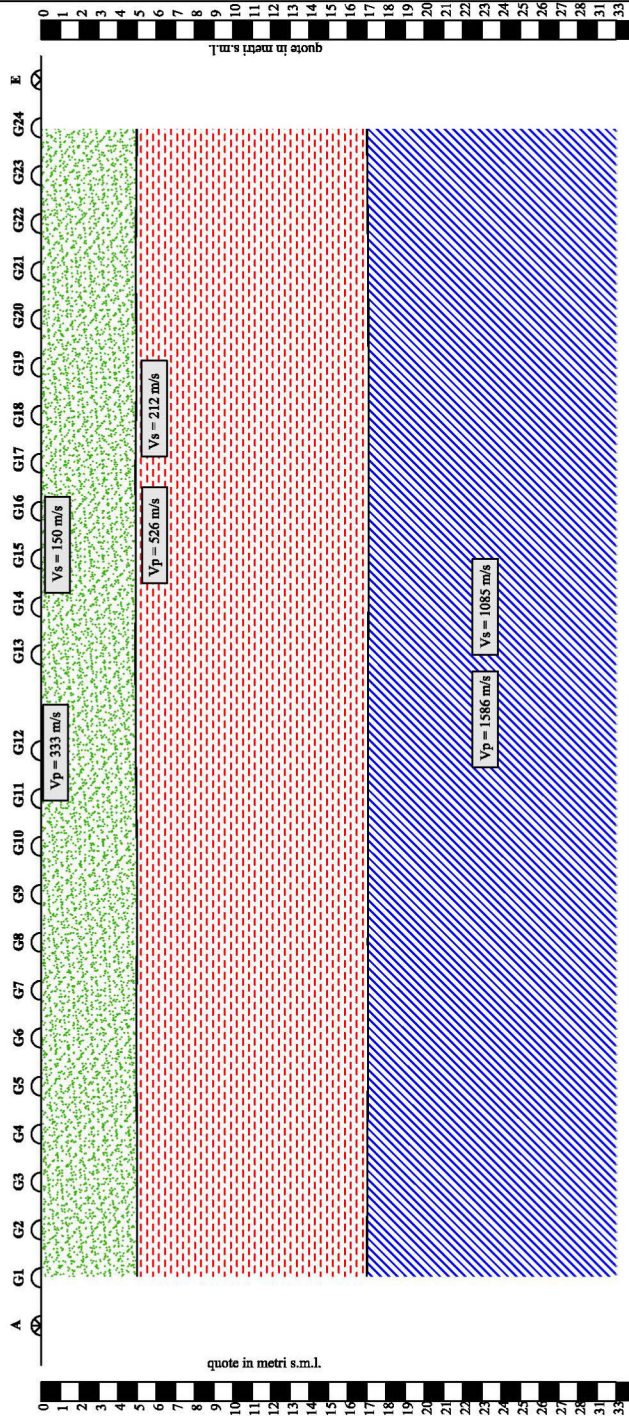
Tipo di Suolo: C



I n. due sondaggi sismici effettuati, hanno permesso di caratterizzare il suolo come categoria C:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA - BASE SISMICA B.S.1



SISMOSTRATI	Vp (m/s)	Vs (m/s)	γ (km ²)	v	G (MPa)	K (MPa)	E (MPa)	μ (MPa)
1	333	150	1,79	0,37	40	145	110	118
2	526	212	1,90	0,40	85	411	239	355
3	1586	1085	2,17	0,46	2550	2045	5406	359

LEGENDA

GEOFONI

PUNTI DI SCOPPIO

DISTANZA INTERGEOFONICA

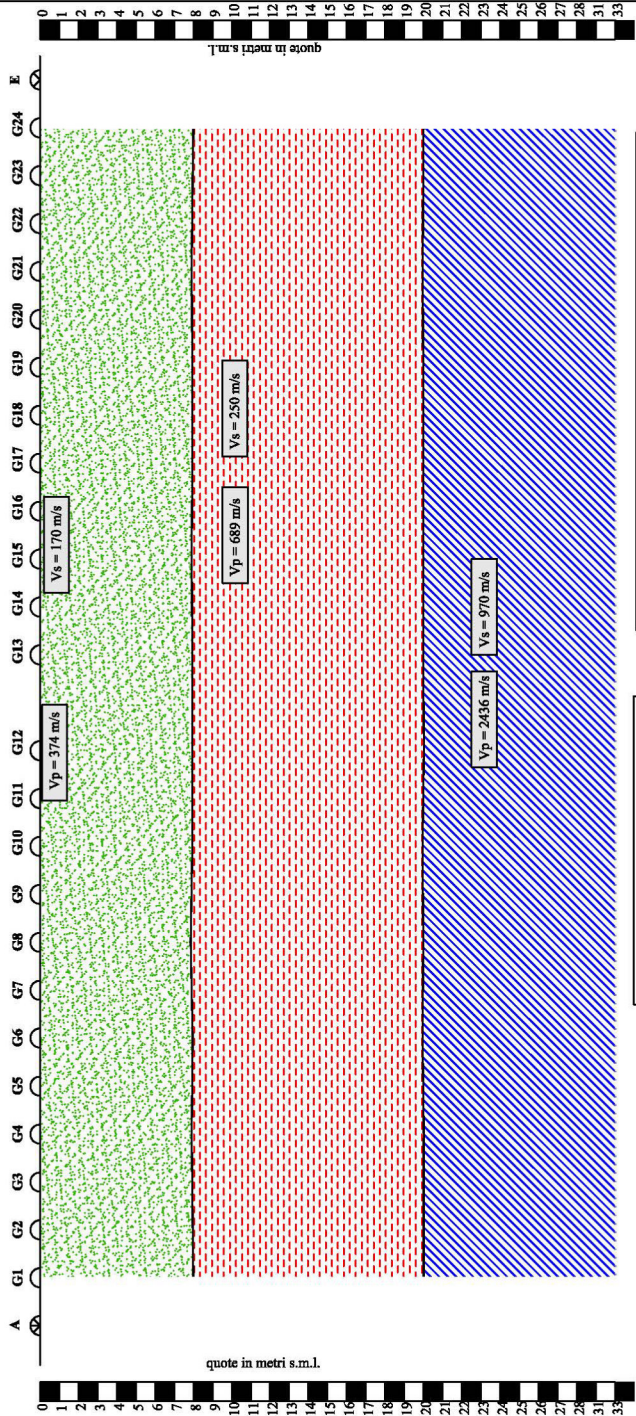
LUNGHEZZA PROFILO

NUMERO GEOFONI

NUMERO PUNTI DI SCOPPIO

1 mt
 23 mt
 24
 2

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA - BASE SISMICA B.S.2



SISMOSTRATI	Vp (m/s)	Vs (m/s)	γ (km ²)	v	G (MPa)	K (MPa)	E (MPa)	μ (MPa)
1	374	170	1,82	0,37	52	184	144	149
2	689	250	1,96	0,43	123	780	350	698
3	2436	970	2,27	0,51	2136	1625	6007	798

LEGENDA

GEOFONI

PUNTI DI SCOPPIO

DISTANZA INTERGEOFONICA

LUNGHEZZA PROFILO

NUMERO GEOFONI

NUMERO PUNTI DI SCOPPIO

1 mt 23 mt 24 2

**PROVE DI LABORATORIO LOCALITA'
"BECCARINI RAMATOLA"
NEL COMUNE DI MANFREDONIA**

N° d'ordine	Rif. interno	Sondaggio	Campione	Classe campione (AGI)	Profondità		γ_n	W_n	γ_s	LL	L	I.P.	I.C.	Sr	Granulometria				Prova Edometrica				Compressione			
					da metri	a metri									G	S	L	A	Pc	O.C.R.	Moduli Edometrici (kPa)				Cu	
																					(%)	(%)		(%)		(%)
1	028-20	A34	C1	Q5	4,50	5,00	19,2	23,9	2,71	62,3	26,8	35,5	1,08	90	0,0	2,3	30,7	67,0	347	3,7	•	4876	6839	10900	150	
2	029-20	A34	C2	Q5	11,50	12,00	19,7	23,2	2,69	38,8	21,8	17,0	0,92	96	0,0	30,2	30,5	39,3	179	0,8	4626	4855	6728	10688	72	
3	030-20	A36	C1	Q5	4,50	4,95	18,1	33,0	2,72	62,9	28,5	34,4	0,87	93	0,0	2,9	28,8	68,3	161	1,8	3529	3675	5070	8359	64	
4	031-20	A36	C2	Q5	11,00	11,50	19,0	29,3	2,71	64,8	27,9	36,9	0,96	98	0,0	8,6	28,0	63,4	253	1,2	7791	5757	6088	9174	126	

γ_n = Densità naturale - γ_s = Peso specifico - LL = Limite Liquido - LP = Limite Plastico - IP = Indice di Plasticità - I.C. = Indice di Consistenza - Sr = Grado di saturazione - G = Ghiaia - S = Sabbia - L = Limo - A = Argilla - Pc = Pressione di Rottura - O.C.R. = Over Consolidation Ratio - Cu = Coesione non drenata (da Espansione Laterale Libera)

STRATIGRAFIE IN LOCALITA' "BECCARINI RAMATOLA" NEL COMUNE DI MANFREDONIA

PROF. DAL P.C. (m)	POTENZA (m)	STRATIGRAFIA		CAMPIONI			FALDA		% DI CAROTAGGIO	CONSISTENZA	S.P.T. PROF. m ----- n.colpi	POCKET PENETROMETER (Kg/cm ²)	VANE TEST PROF. m c _u (Kg/cm ²)
		SIMBOLOGIA A.G.I.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROF. DI PRELIEVO (m)	CAMPIONATORE	TIPO PRELIEVO	PROF. DI RINV. (m)	PROF. DI STAB. (m)					
0.0	0.80		Terreno vegetale organico di colore grigio scuro con piccoli frammenti litici in dispersione e inclusi organici.						80				
0.80	10.2		Argille Limose sabbiose con locali spolverate più francamente sabbiose	A34 C1 4.50/ 5.00					100	SPT 5.00 6(8-10)			
11.00	4.6		Limi sabbiosi con locali livelli ghiaiosi	A34 C2 11.50 12.00					90	SPT 12.00 12(18-18)			
	0.5												
	0.5												
	0.1												
	0.3												
	0.4												
19.00	1.6												
20.0	4.0		Sabbie limose di colore beige con locali spolverate più francamente sabbiose						90				
23.00	7.0		Argille Limose sabbiose con locali spolverate più francamente sabbiose						100				
25.0							24.60						
30.0	30.00												

FINE SONDAGGIO m. 30,00

Rif.A34 Manfredonia - Beccarini

STRATIGRAFIE IN LOCALITA' "BECCARINI RAMATOLA" NEL COMUNE DI MANFREDONIA

PROF. DAL P.C. (m)	POTENZA (m)	STRATIGRAFIA		CAMPIONI			FALDA		% DI CAROTAGGIO	CONSISTENZA	S.P.T. PROF. m ----- n.colpi	POCKET PENETROMETER (Kg/cm ²)	VANE TEST PROF. m Cu (Kg/cm ²)
		SIMBOLOGIA A.G.I.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	PROF.DI PRELIEVO (m)	CAMPIONATORE	TIPO PRELIEVO	PROF. DI RINV. (m)	PROF. DI STAB. (m)					
0.0	1.20		Terreno vegetale organico di colore grigio scuro con piccoli frammenti litici in dispersione e inclusi organici.						90				
5.0	12.8		Argille Limose sabbiose con locali spolverate più francamente sabbiose	A36 C1 4.50/ 5.00					100		SPT 5.00 6(6-9)		
10.0	14.00		Limi sabbiosi con locali livelli ghiaiosi	A36 C2 11.00/ 11.50					80		SPT 11.50 10(12-15)		
15.0	1.0												
	1.6												
	0.2												
	1.2												
	0.2												
	0.3												
	0.7												
20.0	20.00												
	0.8												
	3.0		Sabbie limose di colore beige con locali spolverate più francamente sabbiose						90				
23.00													
24.00			Argille Limose sabbiose con locali spolverate più francamente sabbiose						100				
25.0													
	7.0		Sabbie limose di colore beige con locali spolverate più francamente sabbiose						90				
30.0	30.00												

FINE SONDAGGIO m. 30,00

Rif.A36 Manfredonia - Beccarini