

# Comuni di Altamura e Matera



Province di Bari e Matera - Regioni Puglia e Basilicata



Progetto per l'attuazione del  
Green Deal Europeo approvato l' 11.12.2020:  
**“INTERVENTO AGROVOLTAICO IN  
SINERGIA FRA PRODUZIONE  
ENERGETICA ED AGRICOLA  
IN ZONA INDUSTRIALE“**

Sito in agro di Altamura (BA) e Matera (MT)

Denominazione “MASSERIA IESCE“

Potenza elettrica installata: 33.996,62 kW

(Rif. Normativo: D.Lgs 387/2003 – L.R. 25/2012)

Proponente:

**PV Apulia 2020 S.r.l.**

Contrada Lobia, 40 – 72100 Brindisi

*18XVLC8\_RelazioneGeologica*

## RELAZIONE GEOLOGICA

Progettazione a cura:

**SEROS INVEST ENERGY**

c.da Lobia, 40 – 72100 BRINDISI

email [infoserosinvest@gmail.com](mailto:infoserosinvest@gmail.com)

P.IVA 02227090749

Il Geologo:

**Geol. Francesco CALDARONE**

Iscr. N° 507 Ordine dei Geologi della Regione Puglia

[geol.caldarone@gmail.com](mailto:geol.caldarone@gmail.com)



COMUNE DI ALTAMURA (BA)  
COMUNE DI MATERA (MT)  
PROVINCE DI BARI E MATERA  
REGIONI PUGLIA E BASILICATA

PROGETTO: INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE IN AGRO DI ALTAMURA (BA) E MATERA (MT), DENOMINATO "MASSERIA IESCE", AVENTE POTENZA ELETTRICA INSTALLATA PARI A 33.996,62 KW

LOCALIZZAZIONE: AGRO DI ALTAMURA (BA) E MATERA (MT)

PROPONENTE: PV APULIA 2020 S.R.L.

## RELAZIONE GEOLOGICA



PROGETTAZIONE: **SEROS INVEST ENERGY S.R.L.**

TECNICO: **DOTT. GEOL. FRANCESCO CALDARONE**

DATA: **MAGGIO 2021**

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA  
DOTT. GEOL. FRANCESCO CALDARONE  
CORSO UMBERTO I N. 85 - 72100 BRINDISI  
TEL./FAX 0831.524967 - MOB. 347.1832322  
E-MAIL: GEOL.CALDARONE@GMAIL.COM



## **Indice**

	Pag.
1. Premessa	2
2. Collocazione geografica dell'area	2
3. Inquadramento morfologico-strutturale	7
4. Inquadramento geologico	10
4.1 Calcarea di Altamura (Cretaceo sup.)	10
4.2 Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.-Pleistocene inf.)	10
4.3 Argilla del Bradano (Pleistocene Inf.)	11
4.4 Calcareniti di M. Castiglione (Pleistocene)	11
4.5 Argille Calcigne (Pliocene Sup. - Pleistocene Inf.)	12
5. Inquadramento idrogeologico	15
6. Indagini eseguite	18
6.1 Profilo sismico a rifrazione	18
6.2 Profilo sismico con metodologia MASW	19
7. Geolitologia e idrogeologia dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico	21
7.1 Geolitologia e caratteristiche tecniche dei terreni	21
8. Caratterizzazione sismica: individuazione della categoria di suolo a mezzo Indagine sismica con la metodologia MASW	24
8.1 Classificazione sismica	24
8.2 Indagine sismica con metodologia MASW	25
8.3 Categoria del suolo di fondazione	26
9. Conclusioni	31

## **Allegati**

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITO

## 1. Premessa

La società proponente **PV Apulia 2020 S.r.l.**, con sede legale in C.da Lobia, 40 - Brindisi, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una relazione geologica relativa al progetto per la realizzazione di *INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.*

Lo studio ha per obiettivo quello di definire le componenti litostratigrafiche e idrogeologiche che caratterizzano il sito stesso e l'area in cui esso ricade con l'individuazione delle caratteristiche fisiche dei terreni.

Al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio e di una sua caratterizzazione geotecnica, si è proceduto:

- al rilevamento geologico di campagna di dettaglio;
- all'analisi di dati in possesso dello scrivente;
- all'analisi di dati e informazioni desunte da letteratura tecnica;
- all'esecuzione di un piano di investigazione costituito da
  - indagini indirette:
    - o n.4 profili sismici a rifrazione;
    - o n.3 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

Si fornisce, inoltre, un inquadramento geologico e morfologico-strutturale dei luoghi, si identificano le formazioni ed i litotipi presenti in sito, le caratteristiche geostrutturali del sottosuolo e le caratteristiche idrogeologiche anche in riferimento alla natura e collocazione della falda acquifera, il cui livello è stato rilevato durante la campagna geognostica. I dati raccolti hanno consentito di caratterizzare in maniera soddisfacente i terreni coinvolti, salvo poi verificarne l'esatta corrispondenza prima dell'inizio dei lavori.

Le prospezioni geofisiche (indagine sismica passiva con metodologia MASW) sono state finalizzate all'individuazione della categoria di suolo come previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.01.2018).

La presente è stata redatta in ottemperanza alle disposizioni dettate dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni - D.M. del 17.01.2018.

## 2. Collocazione geografica dell'area

L'impianto fotovoltaico sorgerà su un'area complessiva di circa 48,93 ha, dislocato sui territori comunali di Altamura (BA) e Matera (MT). Precisamente 46,02 ha nel comune di Altamura e 2,91 ha nel comune di Matera. Le Coordinate Geografiche corrispondenti al centro della proprietà sono: Latitudine 40° 44' 44.54" N e Longitudine 16° 39' 20.40" E.

**"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.**

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo

Il sito ricade nel foglio 189, Tav. III SE "Matera Nord" della Carta d'Italia I.G.M. 1:25.000.

Il progetto viene sviluppato all'interno di aree tipizzate urbanisticamente come "Zona D - Industriale" e censite nei Fogli 276, 277 e 278 di Altamura (BA) e nel Foglio 8 di Matera (MT). Il dettaglio catastale con le relative superfici è il seguente (Tabella 1):

Comune	Foglio	Particella	Superficie (mq)
Altamura	278	41	5.200
		40	10.300
		36	2.915
		37	20.250
		29	8.232
		39	8.113
		137	13.173
		10	8.113
		128	7.993
		12	4.104
		24	8.000
		124	20.421
		139	16.287
		25	8.260
		15	8.330
		38	20.510
		21	1.667
		13	18.660
		34	12.646
27	1.666		
26	1.667		
Altamura	277	14	67.190
		15	5.730
Altamura	276	93	4.300
		125	12.402
		151	3.030
		284	3.056
		52	5.460
		58	7.216
		154	2.980
		177	3.610
		178	6.900
		179	1.900
		273	4.272
		275	8.965
		274	3.953
		276	9.285
		87	6.646
		146	270
		88	4.980
		148	1.920
		51	6.340
		57	7.030
		156	2.610
158	250		
46	20.560		
90	8.805		
16	43.992		
Matera	8	10	29.100
<b>TOTALE</b>			<b>489.259</b>

Tab. 1 - Elenco particelle catastali interessate dall'impianto

**"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.**

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo

La Superficie complessiva ammonta a  $489.259 \text{ m}^2 = 48,92 \text{ ha}$  ed è così distribuita:

<b>SUPERFICIE TERRENI TOT.</b>	<b>489.259,00</b>
SIEPI	<b>8.216,00</b>
STRADE	<b>30.522,00</b>
<b>AREA TOT. AGROVOLTAICO</b>	<b>368.732,46</b>
Area a Foraggio fra i Tracker	<b>213.598,86</b>
Incolto Naturale	<b>155.133,60</b>
AREA VINCOLI E FASCE DI RISPETTO	<b>81.788,54</b>
<b>AREA A FORAGGIO TOTALE (Area a Foraggio fra i Tracker + Area Vincoli e Fasce di Rispetto)</b>	<b>295.387,40</b>

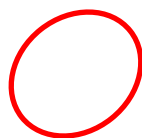
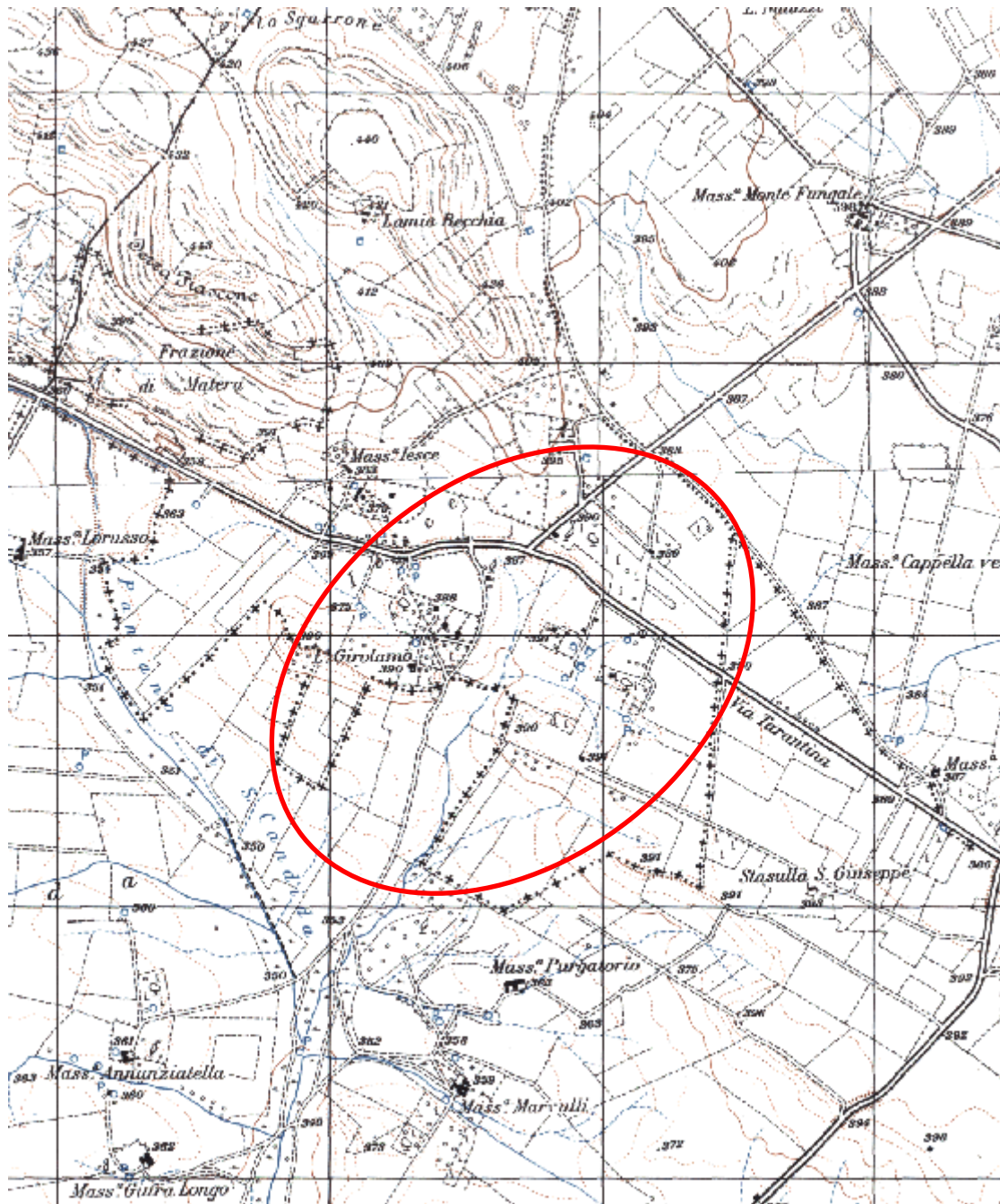
L'area di impianto prospetta sulle strade:

- S.P. 41;
- S.P. 170.

Le Coordinate Geografiche corrispondenti al centro della proprietà sono: Latitudine  $40^{\circ}44'44.54''$  N e Longitudine  $16^{\circ}39'20.40''$  E.

## FIG. 1 - COROGRAFIA

Estratto del foglio 189 - Tav. "Matera Nord" - Carta d'Italia I.G.M. - scala 1:25.000

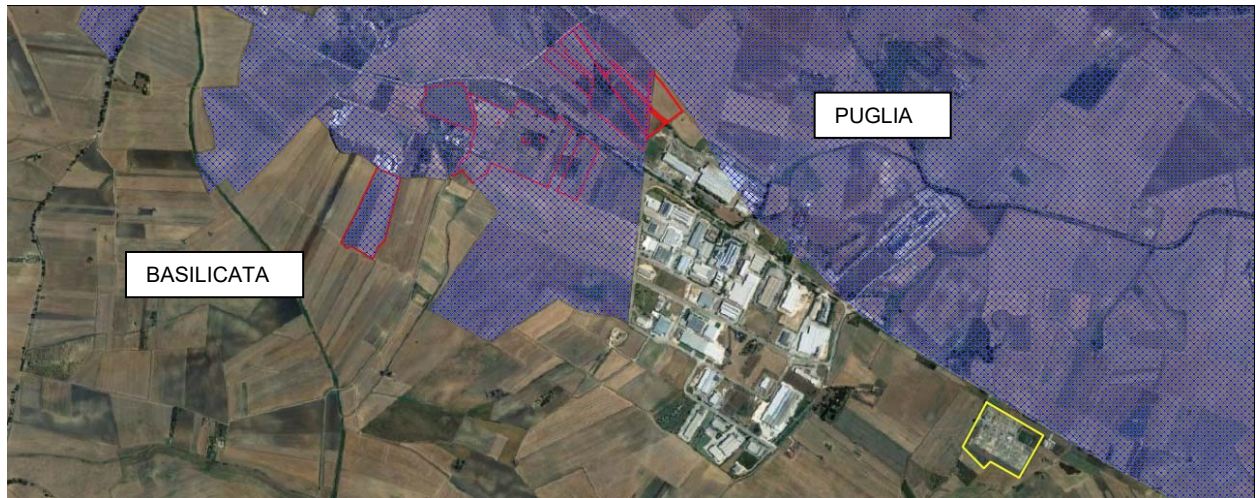


UBICAZIONE DEL PROGETTO "MASSERIA IESCE"

**"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE  
in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a  
33.996,62 kW.**

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo



**Fig. 2 - Inquadramento territoriale del progetto**



**Fig. 3 - Ortofoto con ubicazione dell'area di impianto**



### 3. Inquadramento morfologico-strutturale

Il sito ricade a margine del complesso delle Murge, altopiano che si sviluppa prevalentemente nella provincia di Bari ed il cui tratto terminale, immergente verso SSE, cade nella zona WNW del brindisino, sono caratterizzate da una monoclinale il cui orientamento è sub-parallelo alla linea di costa e la cui immersione varia tra 5° e 20° a SSW.

Le formazioni in esse affioranti mostrano uno stile tettonico essenzialmente tabulare con pieghe a raggio molto ampio e fianchi poco inclinati.

L'attuale configurazione geologica è frutto della tettonica distensiva che ha interessato il basamento carbonatico durante il terziario e creato un'alternanza di rilievi e depressioni con andamento preferenziale NNW-SSE.

Come naturale conseguenza di una tale tettonica, il sistema di faglie principale assume la stessa direzione. Si tratta di faglie normali che hanno provocato il movimento relativo di porzioni dell'impalcatura calcarea cretacea con blocchi in sollevamento (horst) sugli altri sprofondati (graben).

L'area di studio si colloca quindi in corrispondenza di graben entro cui si sono deposte in trasgressione le sequenze sedimentarie Plio-Pleistoceniche.

Di regola le formazioni affioranti nelle parti più elevate sono le più antiche (cretacee); sui piani che circondano le alture mesozoiche affiorano terreni plio-pleistocenici. Le formazioni più antiche corrispondono al territorio delle Murge, costituito da un esteso altopiano sviluppato in direzione WNW-ESE. Sui diversi ripiani di queste formazioni calcaree sono presenti strutture derivanti da una intensa attività carsica, quali numerose doline, riempite da depositi terrosi con ottime possibilità di coltivazioni agricole, e inghiottitoi.

Le Murge sono delimitate a NE, lato adriatico, da alte scarpate e ripiani poco estesi, mentre, lungo la direttrice che unisce l'altopiano al Salento, sono caratterizzate da una serie di vasti ripiani che digradano a mezzo di scarpate, alte al massimo poche decine di metri<sup>1</sup>. La formazione più recente, che occupa la posizione più depressa, tende, in prossimità della scarpata, a raccordarsi con quest'ultima, assumendone la stessa immersione.

Le caratteristiche delle scarpate, le particolarità del contatto tra le due formazioni di diversa età, le caratteristiche litologiche della formazione più recente in prossimità della scarpata e le relazioni tra quest'ultima e la formazione più antica, provano che le scarpate rappresentano antiche linee di costa, attive nel tempo corrispondente all'età del sedimento situato in posizione depressa<sup>2</sup>.

La fascia costiera si presenta incisa da solchi erosivi a pareti molto ripide ("lame") che l'attraversano secondo linee di massima pendenza. Si tratta di incisioni torrentizie che

---

<sup>1</sup> Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1992) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro-meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460, Roma.

<sup>2</sup> Rossi D. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - fogli 203, 204, 213, Brindisi-Lecce-Maruggio*. Serv. Geol. d'It.

---

definiscono corsi d'acqua temporanei paralleli tra di loro e perpendicolari alla linea di costa, o gravine, consistenti in incisioni che solcano la roccia anche per diverse decine di metri.

Nell'interno si nota una serie di terrazzi marini, limitati verso mare da scarpate di abrasione corrispondenti a successive linee di costa all'incirca parallele a quella attuale<sup>3</sup>.

Vi è una corrispondenza generale tra forme ed andamento strutturale: l'altopiano delle Murge, i gradoni, i terrazzamenti si sviluppano in via preferenziale lungo le direttrici WNW-ESE, cioè le stesse dei principali piani di faglia.

Le pieghe sono a raggio molto ampio ed a fianchi pochissimo inclinati con blande ondulazioni trasversali; queste condizioni rendono difficile stabilire la loro direzione assiale.

Tenendo presente che il numero delle misure di strato con direzione WNW-ESE è statisticamente superiore, si può affermare che esse hanno un andamento molto vicino alla direttrice appenninica.

I piegamenti sono relativamente intensi solo nelle formazioni cretacee, mentre sono quasi impercettibili nelle formazioni plio-pleistoceniche.

Il motivo tettonico maggiore è rappresentato da una generale immersione monoclinale dei Calcari delle Murge in direzione della Fossa Bradanica, la quale non è l'effetto di questa immersione, ma una fossa tettonica autonoma impiantatasi già nell'Eocene<sup>4</sup>.

Per quanto concerne le faglie, l'uniformità litologica dei terreni cretacei e la mancanza di livelli di riferimento non consentono una facile individuazione del loro andamento.

Nell'area murgiana si riconosce comunque la presenza di due sistemi principali di faglie normali: il primo, più evidente, a direzione appenninica, che ha causato il sollevamento del lato più interno dell'altopiano cretaceo; il secondo, a direzione SW-NE, interrotto dal primo. La dislocazione dei blocchi ha originato un'estesa struttura a gradinata orientata anch'essa da WNW a ESE.

Le faglie sono generalmente subverticali e con rigetti non superiori a qualche decina di metri; la loro età dovrebbe essere ascrivibile almeno al Calabriano (Pleistocene inf.) per la presenza di lembi residui di calcareniti calabriane a quote notevolmente più elevate rispetto a quelle affioranti lungo il bordo adriatico.

I sistemi di faglia interessano prevalentemente le successioni mesozoiche. All'interno di queste zone strutturalmente depresse, tuttavia, è possibile la presenza di faglie anteriori ai terreni plio-pleistocenici, che risultano perciò sepolte dagli stessi.

L'area di studio risulta interessata dalla presenza di faglie a prevalente direzione NNW-ESE ed un terrazzo immergente verso sud posto nel lotto di sud-ovest.

---

<sup>3</sup> Boenzi F., Radina B., Ricchetti G., Valduga A. (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - foglio 201, Matera*. Serv. Geol. d'It.

<sup>4</sup> Azzaroli A., Radina B., Ricchetti G., Valduga A. (1968) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - foglio 189, Altamura*. Serv. Geol. d'It.

---

**"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.**

**Relazione Geologica**

**Francesco CALDARONE - Geologo**

---

Il sito oggetto del presente studio risulta andamento morfologico sub-pianeggiante, con una digradazione dei lotti sud-occidentali verso SW.

Le quote altimetriche variano orientativamente da 358 m a 390 m, con i minimi lungo il versante in direzione SW dell'incisione valliva del Pantano di S.Candida e SE del Pantano.

#### **4. Inquadramento geologico**

Sulla base del rilevamento geologico condotto nell'area in esame con riferimento alla cartografia ufficiale (cfr. Carta Geologica d'Italia 1:100.000 - Foglio 189 - Altamura) è possibile ricostruire come segue la successione stratigrafica presente.

##### **4.1 Calcare di Altamura (Cretaceo sup.)**

Il "Calcare di Altamura", cronologicamente riferibile al Cretaceo superiore, occupa la maggior parte dell'area murgiana, è una delle unità lito-stratigrafiche costituenti il basamento carbonatico mesozoico pugliese e affiora in superficie in lembi (horst) a nord del sito.

Si tratta di una formazione costituita in prevalenza da calcari microcristallini, a grana fine, di solito molto compatti e tenaci, di colore biancastro o, talvolta, grigio chiaro, con intercalati orizzonti dolomitizzati di aspetto sub-cristallino o saccaroide e colore da grigio scuro a nocciola.

I "Calcari di Altamura" si presentano ben stratificati, con spessore complessivo pari a 835 m.

Dal punto di vista petrografico i termini calcarei sono costituiti da particelle micrometriche di calcite microcristallina ("micrite"), di norma associate a resti di gusci ed esoscheletri calcarei di microrganismi planctonici e bentonici: il tutto cementato da quantità variabili di calcite spatica ("sparite").

I termini dolomitici sono invece costituiti da cristalli di dolomite, in quantità molto variabile in funzione del grado di dolomitizzazione subito dalla roccia, e da frazioni residue di elementi calcitici.

Gli elementi ed i granuli a composizione carbonatica rappresentano, di norma oltre il 98% del totale: il residuo insolubile, costituito in prevalenza da piccoli granuli di quarzo e silicati (feldspati, pirosseni, minerali pesanti, ecc.), da minerali argillosi e da idrossidi di ferro e alluminio, è quasi sempre molto basso, generalmente inferiore all'1%.

L'ambiente di sedimentazione di questa formazione è di mare sottile con episodici movimenti ascensionali caratterizzati da periodi lagunari o addirittura di erosione subaerea.

La potenza totale della formazione è mal determinabile per la blanda struttura a pieghe, lo spessore affiorante si aggira intorno ai 1000 metri.

La sua datazione è Turoniano sup. - Maastrichtiano (Cretaceo sup.).

##### **4.2 Calcarenite di Gravina (Pliocene Sup. - Pleistocene Inf.)**

La Calcarenite di Gravina è caratterizzata dal litotipo calcarenitico a grana fine, pulverulento, talora molto compatto. Essa affiora ai bordi del Calcare di Altamura, a nord del sito, e presenta spessore massimo affiorante pari a 60 m circa a Matera.

È caratterizzata dalla presenza di calcareniti organogene variamente cementate, porose di colore bianco-grigiastro e giallognolo ("Tufi") costituito da depositi clastici dovuti al

disfacimento dei calcari sottostanti ed all'accumulo di resti organici di Briozoi, Echinidi, Molluschi e Crostacei.

La Calcarenite di Gravina si presenta massiccia o con qualche cenno di stratificazione in banchi. Essa si è deposta in trasgressione rispetto al Calcarea di Altamura talvolta in discordanza angolare e passa superiormente e lateralmente all'Argilla del Bradano con la quale è parzialmente coeva.

L'ambiente di sedimentazione è di mare poco profondo o litorale.

#### **4.3 Argilla di Gravina (Pleistocene Inf.)**

La formazione è costituita da argille marnose, marne argillose o sabbiose di colore grigio azzurro o grigio-verdino. Il contenuto in argilla aumenta con l'aumentare della profondità.

L'argilla di Gravina affiora estesamente in corrispondenza del sito.

Lo spessore può raggiungere alcune centinaia di metri.

L'Argilla di Gravina può non essere presente a causa dell'eteropia con la Calcarenite di Gravina. In sua assenza si ha la sovrapposizione diretta delle Calcareniti di M. Castiglione sulla Calcarenite di Gravina. Viceversa superiormente si ha un passaggio piuttosto netto tra l'Argilla del Bradano e le Calcareniti di M. Castiglione.

La formazione in parola risulta fortemente fossilifera. Sulla base dei dati paleontologici essa è ascrivibile al Calabriano (Pleistocene Inf.).

L'ambiente di sedimentazione è di mare profondo, con oscillazioni del livello marino che instaurano temporanee condizioni di mare basso.

#### **4.4 Calcareniti di M. Castiglione (Pleistocene)**

La formazione è costituita da calcareniti grossolane, compatte o friabili, con elementi ben classati e arrotondati immersi in una matrice calcarea con prevalenza di resti organici ricristallizzati. Si presentano di colore grigio-giallastro, giallo-rosato, in straterelli o lamine e sono considerate come la chiusura del ciclo sedimentario iniziato con la Calcarenite di Gravina. Si tratta di depositi terrazzati che arrivano a costituire 11 ordini di terrazzi.

Le Calcareniti di M. Castiglione affiorano diffusamente nell'intorno del sito. Lo spessore è ridotto con valori oscillanti tra 2 e 25 metri.

Superiormente sono limitate al tetto da superficie topografica di erosione e risultano fortemente fossilifere per la presenza di Molluschi, Briozoi e Foraminiferi.

La datazione è ascrivibile al Calabriano-Tirreniano (Pleistocene) e l'ambiente di sedimentazione è di tipo litorale.

#### 4.5 Argille Calcigne (Pliocene Sup. - Pleistocene Inf.)

Con questo nome vengono indicati i depositi quaternari non fossiliferi, alluvionali e fluvio-lacustri, che chiudono il ciclo sedimentario della Fossa Bradanica. Si tratta di corpi lenticolari che si intercalano e si sovrappongono in modo vario e irregolare<sup>5</sup>.

Le Argille Calcigne sono costituite, più che da argille, da depositi siltosi di origine probabilmente alluvionale; caratteristiche sono delle piccole concrezioni calcaree sparse nel limo.

Trattandosi di formazioni continentali che chiudono il ciclo calabriano, la loro età è stata riferita genericamente al Villafranchiano, ma non vi sono fossili a sostegno di questa datazione.

---

<sup>5</sup> Azzaroli A., Radina B., Ricchetti G., Valduga A. (1968) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 - foglio 189, Altamura*. Serv. Geol. d'It.

---

"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.

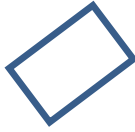
Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo





FIG. 4 - CARTA GEOLOGICA



## LEGENDA



### UBICAZIONE DEL PROGETTO "MASSERIA IESCE"

	<p>Sabbie fini quarzoso-micacee, ocracee o rossastre. <b>VILAFRANCHIANO (q<sup>s1</sup>)</b>. <b>SABBIE DELLO STATURO.</b> Argille e marne siltose grigie con concrezioni calcaree bianche, eteropiche di (q<sup>s1</sup>). <b>VILAFRANCHIANO (q<sup>s1</sup>)</b>. <b>ARGILLE CALCIGNE.</b> I due complessi poggiano sulla superficie di regressione calabriana.</p>
	<p>Sabbie calcareo-quarzose, di colore giallastro, a volte con livelli arenacei, lenti conglomeratiche e livelli fossiliferi (a <i>Dentalium</i> sp., <i>Pecten</i> sp.) al letto della formazione. <b>CALABRIANO (Q<sup>s</sup><sub>c</sub>)</b>. <b>SABBIE DI MONTE MARANO.</b> Calcareniti grossolane, compatte e fossilifere (a <i>Pecten</i> sp., <i>Ostrea</i> sp., <i>Lithothamnium</i> sp.) eteropiche di (Q<sup>s</sup><sub>c</sub>). <b>CALABRIANO (Q<sup>s</sup><sub>c</sub>)</b>. <b>CALCARENITI DI M. CASTIGLIONE.</b></p>
	<p>Argille ed argille marnose più o meno siltose, grigio-azzurre, fossilifere [<i>Anomalina balthica</i> (SCHROETER), <i>Spiroplectammina wrighti</i> (SILV.), <i>Pyrgo depressa</i> (D'ORB.), <i>Bolivina alata</i> SEG., <i>Cassidulina laevigata carinata</i> SILV.]. <b>CALABRIANO (Q<sup>s</sup><sub>c</sub>)</b>. <b>ARGILLE DI GRAVINA.</b> Calcareniti fini, giallastre, con conglomerato calcareo di base, fossilifere [<i>Pecten</i> sp., briozoi, coralli, frammenti di echinidi e foraminiferi: <i>Anomalina balthica</i> (SCHROETER), <i>Elphidium crispum</i> (L.), <i>E. decipiens</i> (COSTA), <i>Discorbis advena</i> CUSH., <i>Asterigerina carinata</i> D'ORB.]. Eteropiche di (Q<sup>s</sup><sub>c</sub>), poggiano direttamente sui calcari cretaci della fascia pedemontana delle Murge. <b>CALABRIANO (Q<sup>s</sup><sub>c</sub>)</b>. <b>TUFO DI GRAVINA.</b></p>
	<p>Calcari ceroidi e detritici a rudiste [<i>Biradiolites Angulosus</i> (D'ORB.), <i>Durania martellii</i> (PAR.)], stratificati, alternati a livelli marnoso-calcarei ad Ophthalmitidae ed ostracodi, indicanti episodi salmastri. Nella parte alta, calcari dolomitici. <b>SENONIANO.</b> <b>CALCARE DI ALTAMURA.</b></p>



## 5. Inquadramento idrogeologico

I caratteri idrogeologici dell'area indagata sono in stretta relazione con le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti.

Le rocce calcareo-dolomitiche mesozoiche, fessurate e carsificate, presentano nel complesso una certa omogeneità litologico-strutturale ed idrogeologica.

Tali terreni sono caratterizzati da un elevato grado di permeabilità per fessurazione e carsismo, come peraltro è dimostrato dall'assenza di una idrografia superficiale e dalla cospicua presenza di acque nel sottosuolo che nell'area in esame danno origine ad un'unica falda acquifera detta "profonda" (nell'area indagata il livello statico della falda è rinvenibile a profondità medie comprese tra 300 e 340 m dal p.c.).

Nelle masse rocciose mesozoiche è ospitata, infatti, una imponente falda di acqua dolce galleggiante, per minore densità, sull'acqua marina di invasione continentale.

L'alimentazione idrica, garantita in prevalenza dalle acque meteoriche di infiltrazione, si esplica essenzialmente laddove le rocce del basamento affiorano o sono ricoperte da sedimenti sufficientemente permeabili e di modesto spessore.

Le acque dolci di falda risultano sostenute alla base, come dicevamo precedentemente, dalle acque marine di invasione continentale, sulle quali esse "galleggiano" in virtù della loro minore densità: in condizioni di quiete ed in assenza di perturbazioni della falda, si stabilisce una situazione di equilibrio e non si verifica alcun fenomeno di mescolamento tra le due diverse masse idriche.

Detta condizione di galleggiamento della lente di acqua dolce sulla sottostante acqua salata, può essere esplicitata mediante la legge di GHYBEN-HERZBERG che permette di determinarne lo spessore (h) in funzione della densità e del carico piezometrico:

$$h = (d_f / (d_m - d_f)) \times t$$

dove  $d_m$  è la densità dell'acqua di mare (1.03 g/cm<sup>3</sup>),  $d_f$  la densità dell'acqua dolce di falda (1.0028 g/cm<sup>3</sup>) e t il carico piezometrico.

Dalla lettura dei valori che t assume in zona, si deduce che lo spessore dell'acquifero in questione è valutabile in 2.000 m circa.

La falda profonda salentina presenta, su grande scala, una forma pseudo-lenticolare con spessori massimi nella parte centrale della penisola, che si assottigliano poi progressivamente in direzione della costa. Il livello di base verso cui le acque di falda defluiscono è, infatti, costituito dal livello marino: il deflusso, di tipo radiale si esplica pertanto dall'entroterra verso le zone costiere, con cadenti piezometriche molto basse, raramente superiori all'1%.

"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo



Fig. 5 - Sezione idrologica della Penisola Salentina.

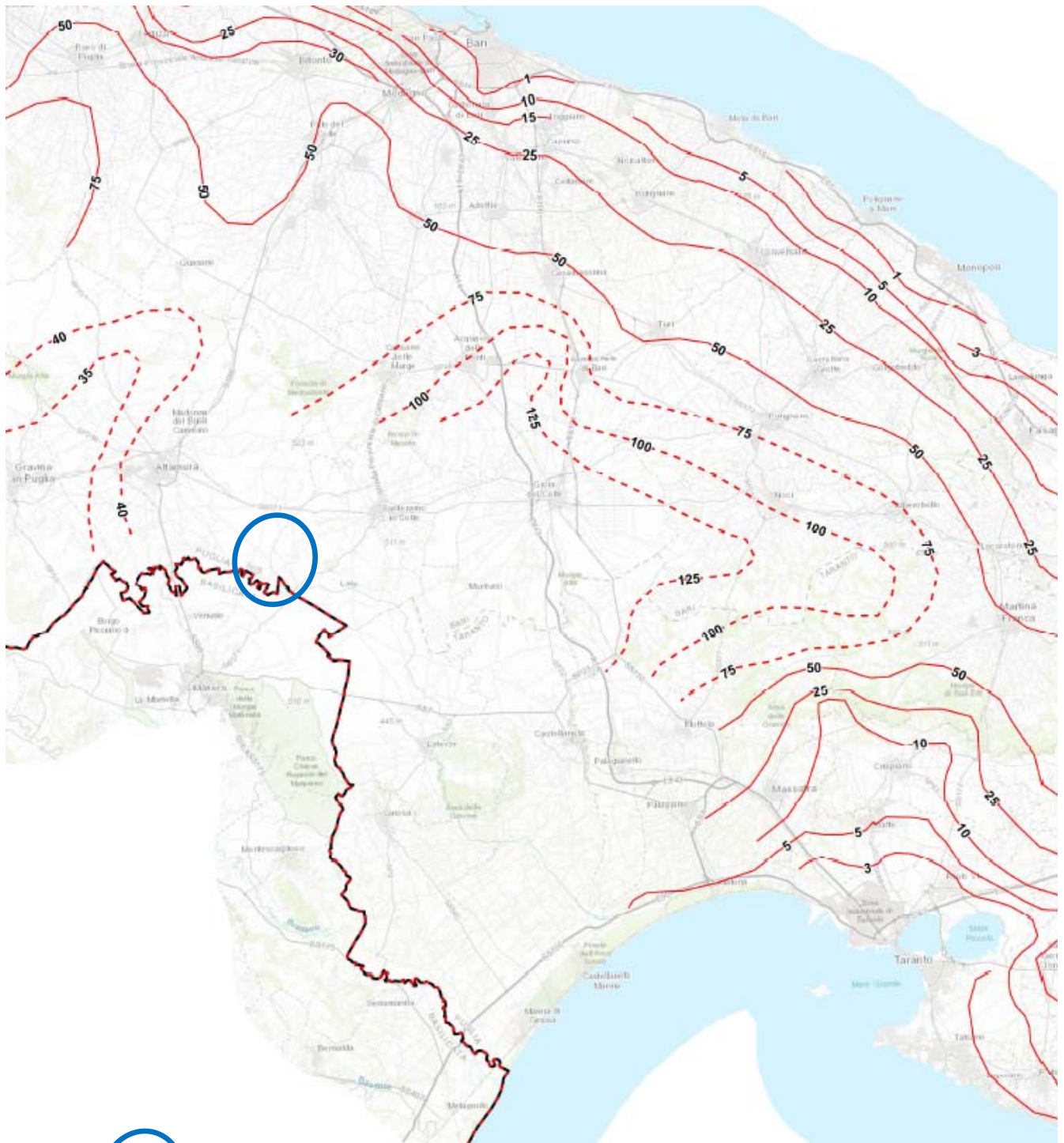
**"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.**

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo

**FIG. 6 - PTA REGIONE PUGLIA – AGGIORNAMENTO 2019**

**ELAB. C05 – DISTRIBUZIONE MEDIA DEI CARICHI PIEZOMETRICI DEGLI ACQUIFERI**



**UBICAZIONE AREA DI IMPIANTO**

## 6. Indagini eseguite

Come affermato in premessa, per il riconoscimento delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione sono state eseguite (dalla GEOPROVE S.r.l., in data 12 maggio 2021) le seguenti indagini indirette:

- n.4 profili sismici a rifrazione in Onda P e S;
- n.3 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

### 6.1 Profilo sismico a rifrazione

Per la ricostruzione stratigrafica e sismostratigrafica dell'area e per la caratterizzazione meccanica dei litotipi che si rinvencono nell'area sono stati eseguiti n.4 profili sismici a rifrazione (SR1, SR2, SR3, SR4) ognuno con uno stendimento di lunghezza pari a 33 m, sia in onda P, sia in onda S.

La sismica a rifrazione consente di valutare, sulla base della misura delle velocità di propagazione delle onde elastiche, le caratteristiche strutturali e di deformabilità dei terreni. Inoltre, permette di delimitare le coperture presenti (depositi eluvio-colluviali, materiale di riporto, ecc.).

L'indagine si basa sulla registrazione dei tempi di arrivo ad una serie di geofoni delle onde elastiche longitudinali generate da impatti sulla superficie del terreno.

Quando le onde sismiche incidono su di una superficie di discontinuità elastica (ovvero una superficie che separa due mezzi sovrapposti aventi natura e proprietà elastiche differenti) si verificano fenomeni di rifrazione e di riflessione. I raggi rifratti possono ritornare in superficie per cui, noti i tempi di percorrenza tra sorgente sonora e geofono, nonché la distanza tra questi due, è possibile calcolare la velocità di propagazione delle onde longitudinali in ciascun "mezzo sismico" attraversato e da questa risalire anche alle costanti elastiche.

L'elaborazione del profilo sismico è avvenuta mediante apposito algoritmo delle sezioni sismografiche. Tale metodo permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche, con un elevato potere risolutivo offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con differenti tecniche di indagine.

L'apparecchiatura adottata per l'esecuzione delle prospezioni è rappresentata da un sismografo 12 canali della *Geometrics* (Sismografo Modulare *GEODE*), costituito da una serie di geofoni di bassa frequenza regolarmente spazati lungo un determinato stendimento e da un sistema che registra l'istante di partenza del treno d'onda ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono. L'energizzazione del terreno è stata ottenuta per mezzo di una massa battente del peso di 5 Kg.

L'analisi dei sismogrammi ha consentito di ricavare i tempi di primo arrivo delle onde sismiche longitudinali tramite i quali sono stati ricavati i diagrammi distanza-tempo (dromocrone)

"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo

---

utilizzati sia per il calcolo analitico delle velocità di propagazione delle onde elastiche, sia per l'interpretazione della struttura sotterranea e l'elaborazione della corrispondente sezione sismo-stratigrafica.

Per maggiori dettagli inerenti la tecnica utilizzata e la determinazione dei moduli elastici e delle caratteristiche meccaniche dei litotipi indagati si rimanda alla *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati* al presente lavoro.

### **6.2 Profilo sismico con metodologia MASW.**

Per la presentazione dell'indagine sismica con metodologia MASW si rimanda al Cap. 8 ed alla *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati*.

FIG. 7 - ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI



**Legenda**

**SR** Profilo sismico a rifrazione

**MASW** Profilo sismico con metodologia MASW

## 7. Geolitologia e idrogeologia dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico

### 7.1 Geolitologia e caratteristiche tecniche dei terreni

I profili sismici eseguiti in sito hanno permesso di ricostruire un modello che mette in evidenza i rapporti tra i diversi sismostrati in base ai tempi di arrivo delle onde sismiche.

In particolare:

- Il profilo sismico a rifrazione SR1 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore medio di 0,40 m caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/s; il secondo con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale caratterizzato da una velocità media  $V_p$  di 900 m/s.
- Il profilo sismico a rifrazione SR2 ha segnalato la presenza nel sottosuolo del medesimo modello a due sismostrati, il primo con uno spessore variabile tra 0,6 e 1,8 m caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/s; il secondo con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale caratterizzato da una velocità media  $V_p$  di 700 m/s.
- Il profilo sismico a rifrazione SR3 ha rilevato in affioramento la presenza, per uno spessore medio di 1,40 m, di un livello caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/s; il secondo sismostrato con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale caratterizzato da una velocità media  $V_p$  di 700 m/s.
- Il profilo sismico a rifrazione SR4 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore variabile tra 0,80 e 1,30 m caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/s; il secondo con una potenza di strato la cui litologia non varia fino alla profondità cui si è spinta la rilevazione strumentale del segnale caratterizzato da una velocità media  $V_p$  di 800 m/s.

Per le ricostruzioni delle sezioni sismostratigrafiche si rimanda alla *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati*.

Pertanto, in base all'analisi dei profili sismici, la successione stratigrafica nei diversi settori, può essere ricostruita nel seguente modo:

#### Colonna stratigrafica SR1

0,00 m ÷ 0,40 m	terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali;
0,40 m ÷ prof. non indagata	limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

**Colonna stratigrafica SR2**

0,00 m ÷ 1,20 m (valore medio)

1,20 m ÷ prof. non indagata

terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali;

limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

**Colonna stratigrafica SR3**

0,00 m ÷ 1,40 m

1,40 m ÷ prof. non indagata

terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali;

limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

**Colonna stratigrafica SR4**

0,00 m ÷ 1,00 m (valore medio)

1,00 m ÷ prof. non indagata

terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali;

limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

Nella successione riportata la descrizione dei livelli è basata sulle evidenze delle risposte geotecniche avute nel corso delle prove. Pertanto, venendo meno l'esame obiettivo dei campioni, non sono possibili ulteriori dettagli, per esempio di carattere granulometrico o tessiturale (% di limo, presenza di concrezioni carbonatiche, ecc.).

Per questa ragione è plausibile supporre che il livello di terreno vegetale riscontrato nelle diverse prove presenti spessore inferiore a quello indicato; tuttavia la risposta geotecnica, emersa dall'indagine geofisica, non consente di differenziare ulteriormente.

Pertanto, le indagini eseguite, pur fornendo una risposta geotecnica adeguata, non consentono di distinguere un contatto netto tra il livello di terreno vegetale e i depositi siltosi che caratterizzano la formazione delle Argille Calcigne.

Quel che appare chiaro, osservando il profilo relativo a SR2, è che detto livello aumenta di potenza approssimandosi all'incisione corrispondente al Pantano, la quale, con direzione NNE-SSW, taglia sostanzialmente in due il corpo centrale delle aree di impianto. Il livello superficiale incontrato nel suddetto profilo sismico da 33 m, difatti, presenta spessore variabile tra 0,40 e 1,80 m, con gli spessori maggiori riscontrati verso il corso d'acqua posto ad est.

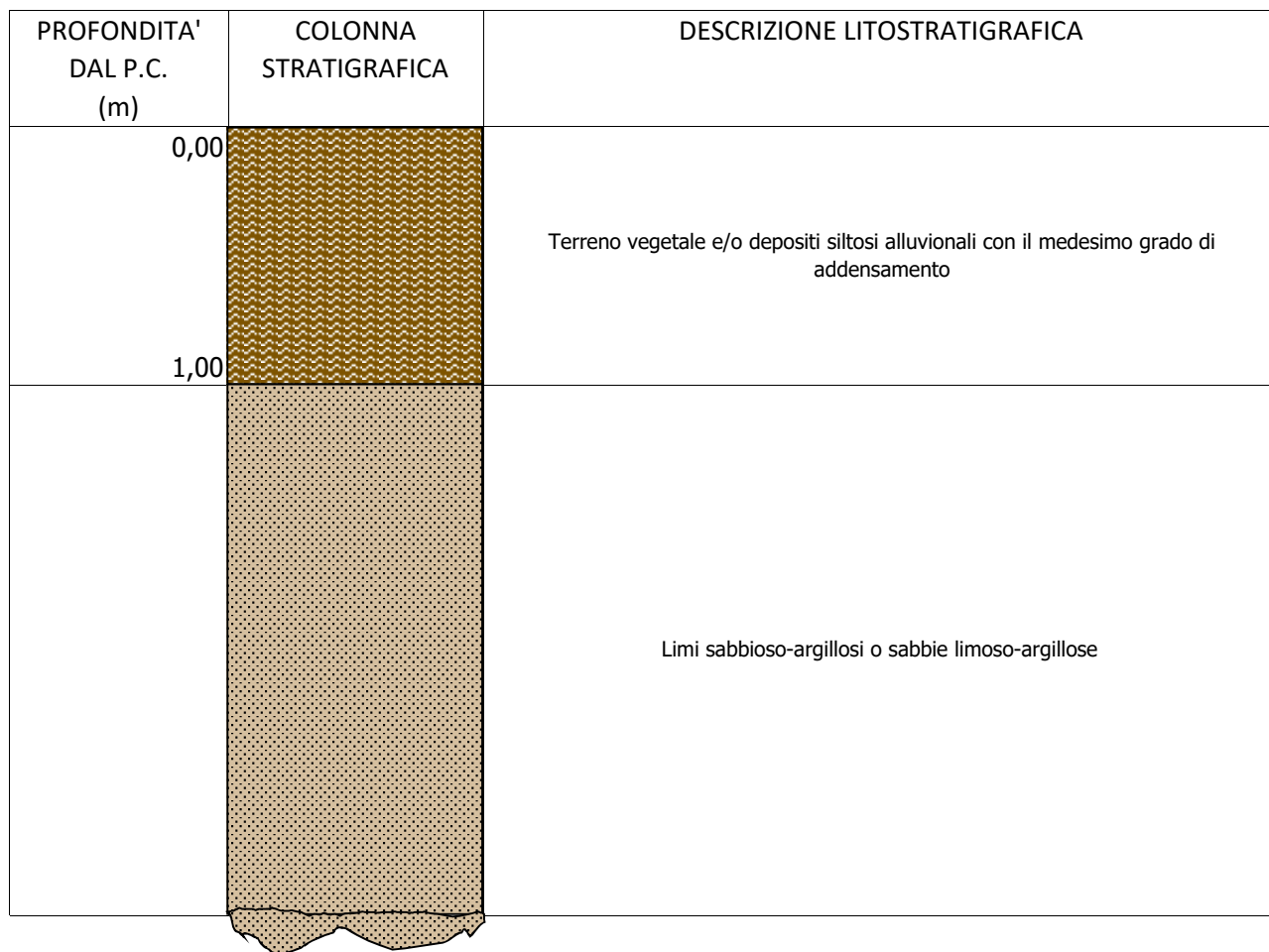
Le caratteristiche fisiche e geomeccaniche dei livelli individuati con i profili sismici, riportate all'interno della *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in *Allegati*, mostrano discreta correlazione, evidenziando senza incertezza parametri meccanici omogenei a parità di livello.

Per quanto riguarda il cavidotto, il suo tracciato si snoderà interessando la parte superficiale del terreno fino ad una profondità massima di 1,20 m. Pertanto gli scavi dove verrà alloggiato intercetteranno il primo sismostrato (terreno vegetale e/o depositi siltosi) ed, eventualmente, la parte superiore del secondo sismostrato (sabbie limose).

In Fig. 8 si riporta la colonna stratigrafica con i due livelli individuati nei quattro profili sismici a rifrazione. Le quote rappresentano le medie aritmetiche tra quelle riscontrate a parità di livello.



**Fig.8 - COLONNA STRATIGRAFICA**  
**Realizzazione di un impianto solare fotovoltaico da 33,997 MWp**  
**Progetto "MASSERIA IESCE"**



## 8. Caratterizzazione sismica: individuazione della categoria di suolo a mezzo indagine sismica con la metodologia MASW

### 8.1 Classificazione sismica

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003, pubblicata in G.U. n. 105 del 8-5-2003 - Suppl. Ordinario n.72, stabilisce che in prima applicazione, sino alle deliberazioni delle Regioni, le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale", elaborato dal Gruppo di Lavoro costituito sulla base della risoluzione della Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997.

Tale "Proposta" individua le nuove zone sismiche (quattro) nelle quali è suddiviso l'intero territorio nazionale (ivi compreso il territorio regionale pugliese), classificando sismicamente ciascun comune in una delle quattro zone e comparando detta nuova classificazione con quella previgente. In proposito, si evidenzia che l'ordinanza 3274/03 attribuisce alle singole Regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica per quelle costruzioni da edificare sui rispettivi territori in zona sismica classificata 4 e per quegli edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini della protezione civile e dell'eventuale collasso degli stessi, da realizzare ex novo, di cui al DPCM 21/10/2003.

L'esercizio di tale ultima facoltà è consentito, grazie alle tante proroghe succedutesi, fino all'emanazione del D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni" dove al comma 4 viene precisato che *"le indicazioni di cui ai punti precedenti non operano per le verifiche tecniche e le nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di interesse strategico ed a particolari opere infrastrutturali..."*. Dall'entrata in vigore del decreto, la progettazione dovrà essere elaborata esclusivamente sulla base delle nuove norme tecniche dallo stesso approvate.

La Regione Puglia ha recepito l'Ordinanza 3274/03 provvedendo alla prima, ancorché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale pugliese, così come individuata nell'Allegato 1 alla Deliberazione della Giunta Regionale 2 marzo 2004 n.153, operata estrapolando dall'Allegato A all'ordinanza 3274/03 i comuni pugliesi ivi classificati, riservandosi di provvedere definitivamente alla predetta riclassificazione sismica, successivamente all'intervenuta elaborazione della nuova mappa nazionale del rischio sismico a cura della competente Amministrazione statale.

Secondo la suddetta riclassificazione i comuni di Altamura (BA) e Matera (MT) ricadono in **zona 3**.

Per il sito oggetto del presente studio, la caratterizzazione sismica è stata eseguita con la modalità riportata nel paragrafo seguente.

## 8.2 Indagine sismica con metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , sulla base della misura delle onde superficiali eseguita in corrispondenza di diversi sensori (geofoni nel caso specifico) 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 e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) 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; onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW utilizzato è di tipo attivo in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo (tramite energizzazione con mazza battente allineata all'array geofonico) e misurate da uno stendimento lineare di sensori. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5-10 Hz e 70-100 Hz, quindi fornisce informazioni sulla parte più superficiale del suolo, generalmente compresa nei primi 30-50m, in funzione della rigidità del suolo e delle caratteristiche della sorgente.

La metodologia utilizzata consiste in quattro fasi:

- acquisizione dei dati di campagna energizzando a più riprese e alternativamente ai due estremi dello stendimento geofonico;
- determinazione dello spettro di velocità sperimentale dal campo di moto acquisito nel dominio spazio-tempo lungo lo stendimento;
- calcolo della curva di dispersione attraverso il *picking* o la modellazione diretta;
- inversione della curva di dispersione per l'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  e il parametro  $V_{s,eq}$ .

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata per l'indagine MASW sono costituite da:

- ✓ un sistema di energizzazione ad impatto verticale per le onde di Rayleigh costituito da una mazza battente verticalmente su piastra metallica posta direttamente sul piano di campagna per la generazione di onde Rayleigh;
- ✓ un sistema di ricezione costituito da 12 geofoni verticali;
- ✓ un sistema di acquisizione dati: costituito da un sismografo e da un notebook PC Windows XP con software di acquisizione dati;

- ✓ un sistema di trigger: consistente 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.

### 8.3 Categoria del suolo di fondazione

Grazie alla tecnica descritta precedentemente è stato possibile giungere all'individuazione della categoria del suolo per l'area indagata.

All'interno dei siti oggetto di studio sono stati eseguiti n.3 profili di lunghezza pari a 33 m, di seguito denominati MASW 1, MASW 2 e MASW 3.

La  $V_{s,eq}$  è stata calcolata con la seguente espressione:

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

Da tale relazione sono emersi i seguenti valori di  $V_{s,eq}$ .

**MASW 1: 207 m/s;**

**MASW 2: 245 m/s.**

**MASW 3: 295 m/s;**

Per ogni categoria del suolo (A-B-C-D-E) è fissata una descrizione litostratigrafica, con ad essa associati i parametri di riferimento geotecnici e sismici.

Ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni" il profilo stratigrafico dei terreni permette di classificare le zone oggetto di indagine come appartenenti a differenti categorie sismiche:

- ✓ *Categoria A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;*
- ✓ *Categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;*
- ✓ *Categoria C: Depositati 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;*

- ✓ *Categoria D: Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;*
- ✓ *Categoria E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

In questo lavoro, in base all'analisi dei profili sismici e delle correlazioni relative, si attribuisce ai suoli di fondazione la seguente categoria:

***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.***

Come premesso, con l' "Ordinanza" n° 3274 del 20 Marzo 2003 della "Presidenza del Consiglio dei Ministri" sono state emanate le norme che definiscono i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche ai sensi dell' Art. n° 93, 1g del Decreto Legislativo 112/1998 ai fini della formazione e dell'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai sensi dell' Art. 94, 2a del medesimo decreto.

L' "Ordinanza Ministeriale" è stata recepita con "Deliberazione della Giunta Regionale" della Puglia n° 153 del 02/03/2004.

Sulla base di tale "Deliberazione" i comuni di Castellaneta (TA) e Laterza (TA) ricadono in **zona 3:**

"Zona 3 - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2."

Sulla base delle recenti disposizioni previste dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (17/01/2018) si definiscono, per l'opera in progetto, i seguenti parametri sismici:

#### Lotti ricadenti nel comune di Altamura

Codice ISTAT: 16072004

Coordinate sito Progetto MASSERIA IESCE: Longitudine = 16.654466° E;

Latitudine = 40.745698° N

---

**"INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.**

Relazione Geologica

Francesco CALDARONE - Geologo

Nodi intorno al sito: 33237 33236 33458 33459

Vita nominale dell'opera: VN = 50 anni (due volte il periodo di resa dei pannelli fotovoltaici)

Classe d'uso: II (opera privata di rilevante importanza in zona sismica 3)

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite:

Periodo di ritorno $T_r$ (anni)		Parametri di pericolosità sismica		
		$a_g$ (g/10)	$F_0$ (adim)	$T_c^*$ (sec)
SLD	30	0.34819972	2.47302591	0.26909796
SLD	50	0.43872310	2.48459599	0.30086396
SLV	475	1.05568953	2.61171418	0.38848586
SLC	975	1.30335643	2.66223813	0.41608991

Dai valori ottenuti è possibile ricavare gli spettri da utilizzare per l'analisi sismica della struttura.

Dove: SL = Stato Limite considerato;  $T_r$  = Tempo di ritorno (anni);  $a_g$  = Accelerazione orizzontale massima al sito;  $F_0$  = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  $T_c^*$  = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

<b>Popolazione residente (Istat 2001)</b>	<b>70.595</b>
<b>Densità per Km<sup>2</sup> (Istat 2001)</b>	<b>165</b>
<b>Zona sismica (Ordinanza n.3274/2003)</b>	<b>3</b>

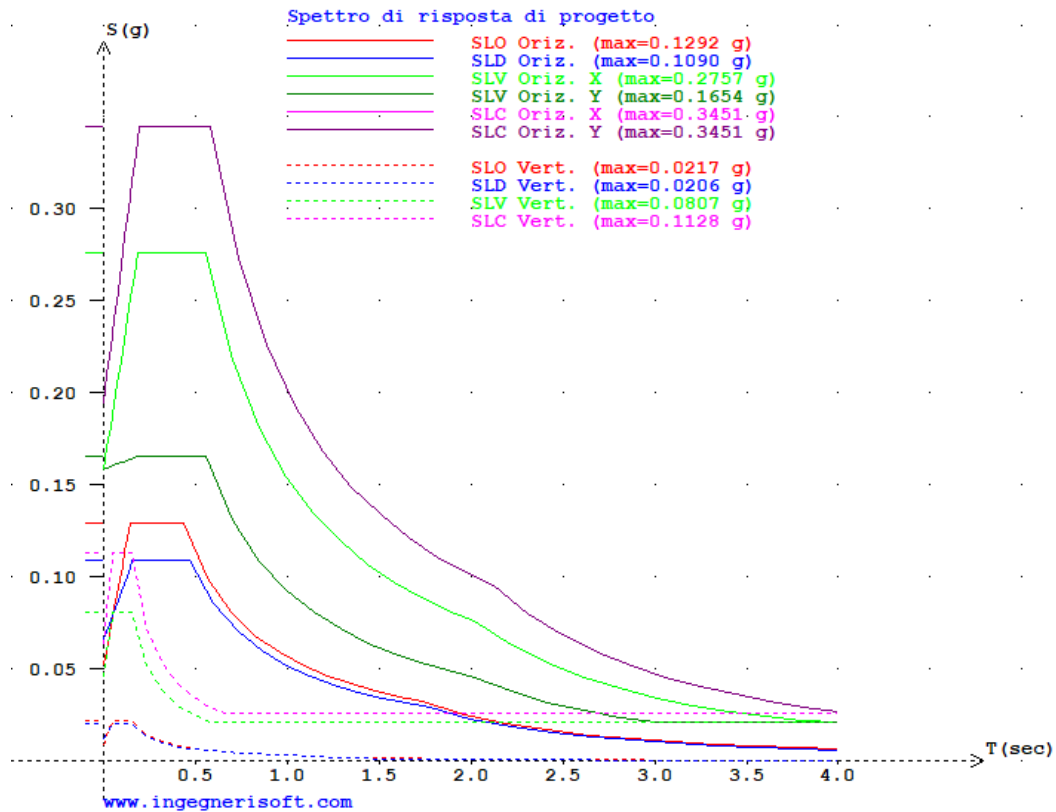


Fig. 9 - Spettri di risposta sismica di progetto - Altamura

Lotto ricadente nel comune di Matera

Codice ISTAT 2001: 17077014

Coordinate sito Progetto MASSERIA IESCE: Longitudine = 16.663946° E;

Latitudine = 40.747181° N

Nodi intorno al sito: 33237 33459 33460 33238

Vita nominale dell'opera: VN = 50 anni (due volte il periodo di resa dei pannelli fotovoltaici)

Classe d'uso: II (opera privata di rilevante importanza in zona sismica 3)

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun Stato Limite:

Periodo di ritorno $T_R$ (anni)		Parametri di pericolosità sismica		
		$a_g$ (g/10)	$F_0$ (adim)	$T_c^*$ (sec)
SLD	30	0.34450753	2.46806506	0.26798028
SLD	50	0.43340767	2.48688917	0.30000000
SLV	475	1.03952546	2.61623547	0.38807886
SLC	975	1.28282782	2.66835376	0.41605915

Dai valori ottenuti è possibile ricavare gli spettri da utilizzare per l'analisi sismica della struttura.

Dove: SL = Stato Limite considerato; Tr = Tempo di ritorno (anni);  $a_g$  = Accelerazione orizzontale massima al sito; Fo = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; Tc\*= Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

<b>Popolazione residente (Istat 2001)</b>	<b>60.351</b>
<b>Densità per Km<sup>2</sup> (Istat 2001)</b>	<b>155,5</b>
<b>Zona sismica (Ordinanza n.3274/2003)</b>	<b>3</b>

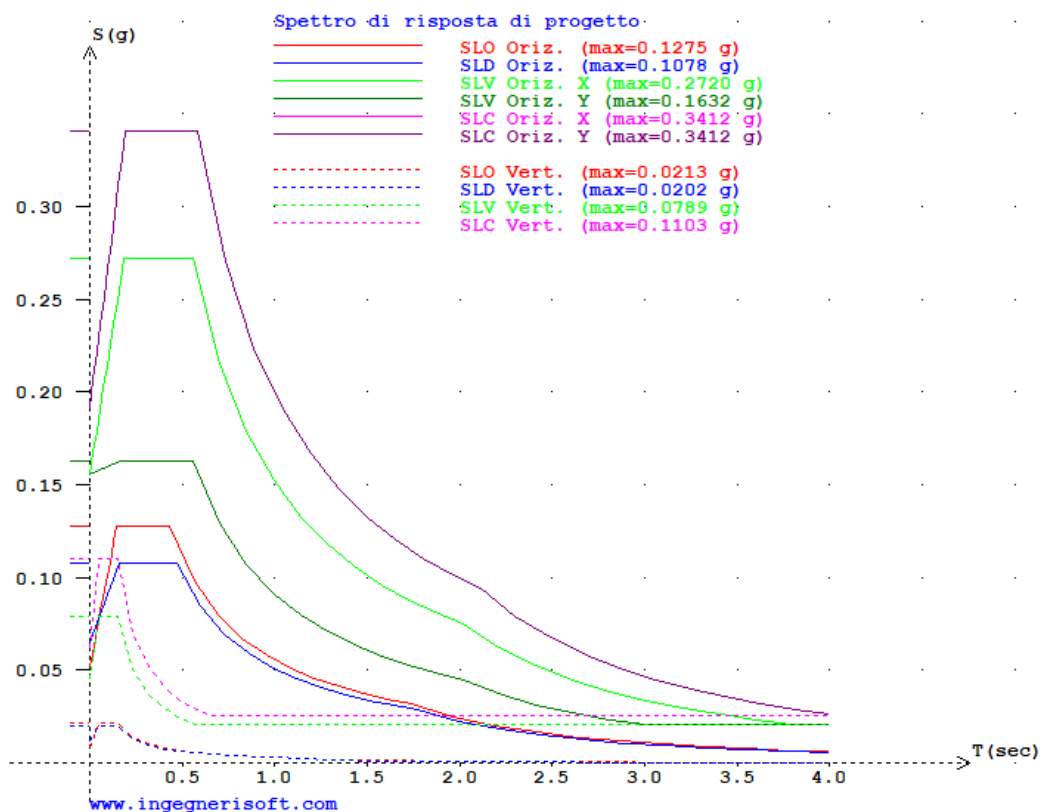


Fig. 10 - Spettri di risposta sismica di progetto - Matera

Le elaborazioni riportate sono state effettuate con il software *Spettri ver. 2.3* della *Ingegneria Soft.com*.



## 9. Conclusioni

La società proponente **PV Apulia 2020 S.r.l.**, con sede legale in C.da Lobia, 40 - Brindisi, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una relazione geologica relativa al progetto per la realizzazione di *INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE in agro di Altamura (BA) e Matera (MT), Denominato "Masseria Iesce", avente Potenza Elettrica installata pari a 33.996,62 kW.*

Al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico dell'area oggetto di studio e di pervenire ad una sua caratterizzazione geologica, si è proceduto:

- al rilevamento geologico di campagna di dettaglio;
- all'analisi di dati in possesso dello scrivente;
- all'analisi di dati e informazioni desunte da letteratura tecnica;
- all'esecuzione di un piano di investigazione costituito da
  - indagini indirette:
    - o n.4 profili sismici a rifrazione in Onda P e S;
    - o n.3 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

Lo studio ha evidenziato che:

- la successione stratigrafica nei diversi settori, può essere ricostruita nel seguente modo:

0,00 m ÷ 1,00 m (valore medio)	terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali;
1,00 m ÷ prof. non indagata	sabbie limose.
- il tracciato del cavidotto si snoderà interessando la parte superficiale del terreno fino ad una profondità massima di 1,20 m. Pertanto gli scavi in cui verrà alloggiato intercetteranno il primo sismostrato (terreno vegetale e/o depositi siltosi) e la parte superiore del secondo sismostrato (sabbie limose);
- nell'area non è presente una falda superficiale. E' presente quella profonda, che circola nel basamento calcareo cretaceo, e quindi su tutto il territorio oggetto di studio, con quote teoriche comprese tra 300 e 340 m ca. dal p.c.; lo spessore dell'acquifero in questione è valutabile in 2.000 m circa.
- ai fini della definizione delle azioni sismiche secondo le nuove "Norme Tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni", l'analisi dei profili

sismici con metodologia MASW e le correlazioni relative, hanno permesso di assegnare ai terreni di fondazione, la seguente categoria di suoli:

*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;*

- secondo l'O.P.C.M. n° 3274/2003, i comuni di Altamura e Matera, sono inseriti in Zona sismica 3.

Durante l'esecuzione degli scavi è necessaria l'adozione di strutture di sostegno partendo dal presupposto che le azioni dovute al terreno, all'acqua ed ai sovraccarichi anche transitori devono essere calcolate e composte in modo da pervenire di volta in volta alle condizioni più sfavorevoli.

Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità che è proprio delle formazioni geolitologiche, il progettista e/o direttore dei lavori deve verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e l'effettiva situazione riscontrata, differendo, in caso contrario, le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori indagini.

Brindisi, maggio 2021

dott. geol. Francesco Caldarone  
  


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA  
FRANCESCO CALDARONE - GEOLOGO



Foto 1 – Profilo sismico SR1



Foto 2 – Profilo sismico MASW1



Foto 3 – Profilo sismico SR2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA  
FRANCESCO CALDARONE - GEOLOGO



Foto 4 – Profilo sismico MASW2



Foto 5 – Profilo sismico SR3



Foto 6 – Profilo sismico SR4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA  
FRANCESCO CALDARONE - GEOLOGO



Foto 7 – Profilo sismico MASW3

COMUNE DI ALTAMURA (BA)  
COMUNE DI MATERA (MT)  
PROVINCE DI BARI E MATERA  
REGIONI PUGLIA E BASILICATA

**INTERVENTO AGROVOLTAICO IN SINERGIA FRA PRODUZIONE  
ENERGETICA ED AGRICOLA IN ZONA INDUSTRIALE IN AGRO DI  
ALTAMURA (BA) E MATERA (MT), DENOMINATO "MASSERIA IESCE",  
AVENTE POTENZA ELETTRICA INSTALLATA PARI A 33.996,62 KW**

RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITU

PROPONENTE: **PV APULIA 2020 S.R.L.**

Dott. Marcello De Donatis



Maggio 2021

## ***INDICE***

<i>INDICE</i> .....	1
<i>PREMESSA</i> .....	2
<i>INDAGINE GEOGNOSTICA</i> .....	3
<i>Profilo sismico a rifrazione</i> .....	3
<i>Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)</i> .....	6

---

## **PREMESSA**

Nel mese di maggio 2021, la Società Geoprove S.r.l. di Ruffano, eseguiva delle indagini allo scopo di ricostruire il modello geologico-stratigrafico e di caratterizzare meccanicamente e simicamente i terreni investigati ubicati nel Comune di Altamura.

La campagna d'indagini è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera in rapporto alle caratteristiche del terreno.

Sono stati pertanto eseguiti:

- n.4 profili sismici a rifrazione;
- n.3 profili sismici con metodologia MASW su tre dei quattro stendimenti (stendimenti nn. 1-2-4)



---

## **INDAGINE GEOGNOSTICA**

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi di supporto alla progettazione.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- n.4 profili sismici a rifrazione;
- n.3 profili sismici con metodologia MASW su tre dei quattro stendimenti (stendimenti nn. 1-2-4)

### ***Profilo sismico a rifrazione***

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità ( $V_p$ ) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati così ottenuti si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

---

I profili sismici, quattro in totale, sono stati eseguiti adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri.

L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod. Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

Per quanto riguarda l'interpretazione dei dati di campagna, essa è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

### **Analisi dei risultati**

Il profilo sismico a rifrazione n.1 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di 0.4 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di  $V_p$  di 900 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad un sismostrato caratterizzato da limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

Il profilo sismico a rifrazione n.2 ha permesso di ricostruire lo stesso modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore variabile da 0.6 a 1.8 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle

velocità di  $V_p$  di 700 m/sec da attribuire a limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

Il profilo sismico a rifrazione n.3 ha rilevato in affioramento, per uno spessore di circa 1.4 metri il terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/sec; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di  $V_p$  di 700 m/sec da attribuire a limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

Il profilo sismico a rifrazione n.4 ha permesso di ricostruire lo stesso modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore variabile da 0.8 a 1.3 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità  $V_p$  di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale e/o depositi siltosi alluvionali; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di  $V_p$  di 800 m/sec da ricondurre a limi sabbioso-argillosi o sabbie limoso-argillose.

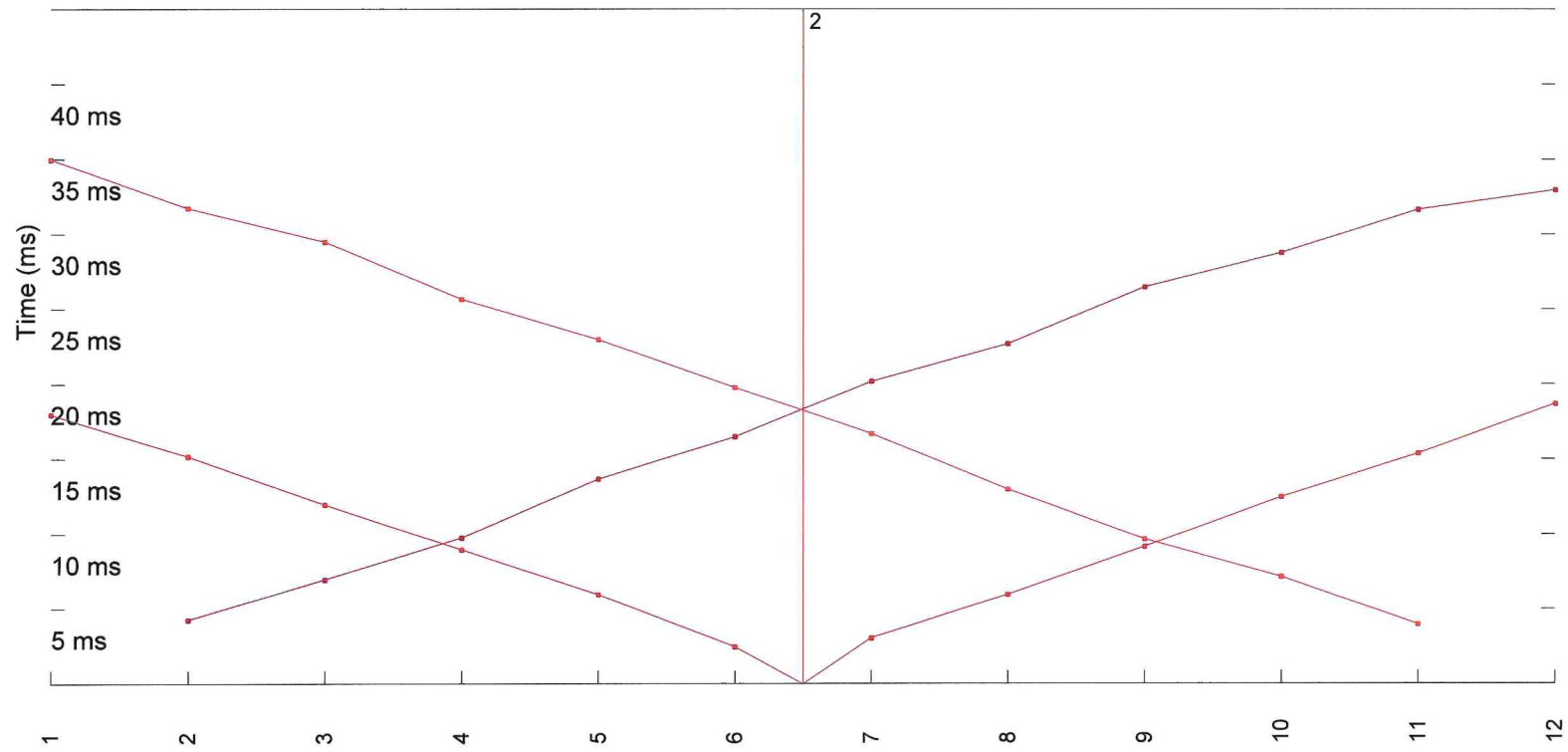
Dalla misurazione delle velocità  $V_p$  e  $V_s$ , si è risaliti ai seguenti parametri.

Strato	$V_p$ (m/sec)	$V_s$ (m/sec)	$\phi$ (°)	$C'$ (kg/cmq)	$\gamma$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$E$ (Kg/cmq)	$\eta$
1	300						
2	800	220	24	0.0	1.7	240	0.47

$V_p$  = vel. longit.;  $V_s$  = vel trasv.;  $\phi$  = angolo di attrito;  $C$  = coesione efficace;  
 $\gamma$  = peso per unità di volume;  $E$  = modulo elastico statico;  $\eta$  = coefficiente di poisson

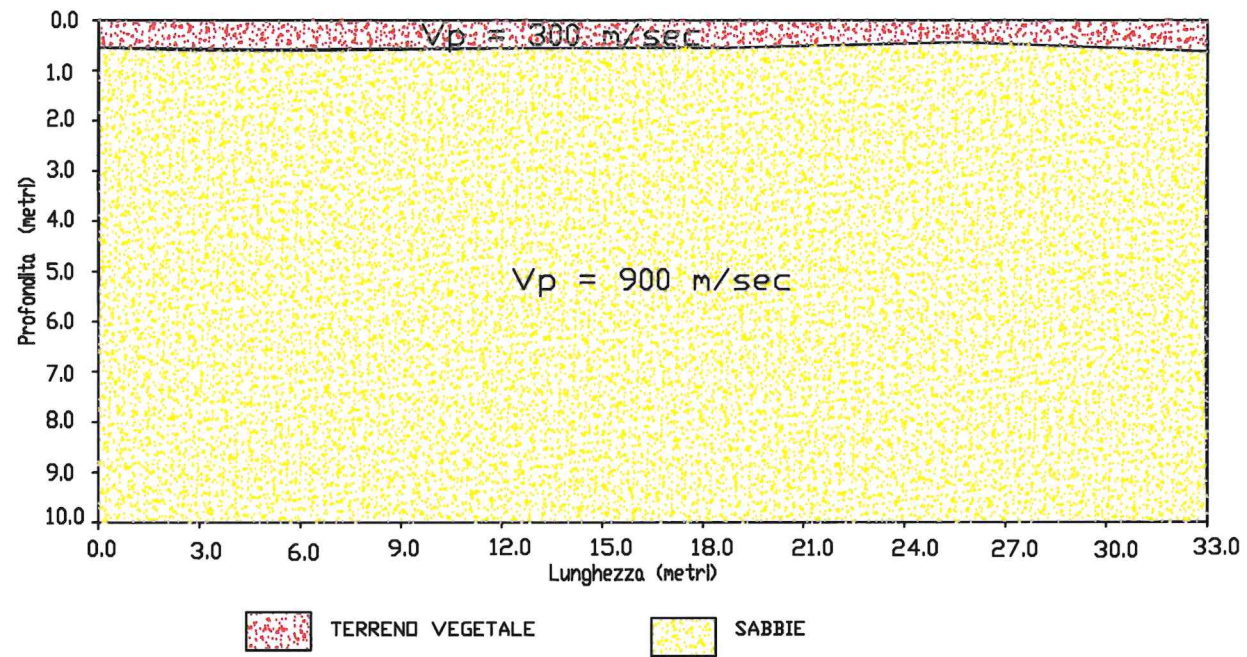
Profilo 1-1';

Località: Altamura (Ba);



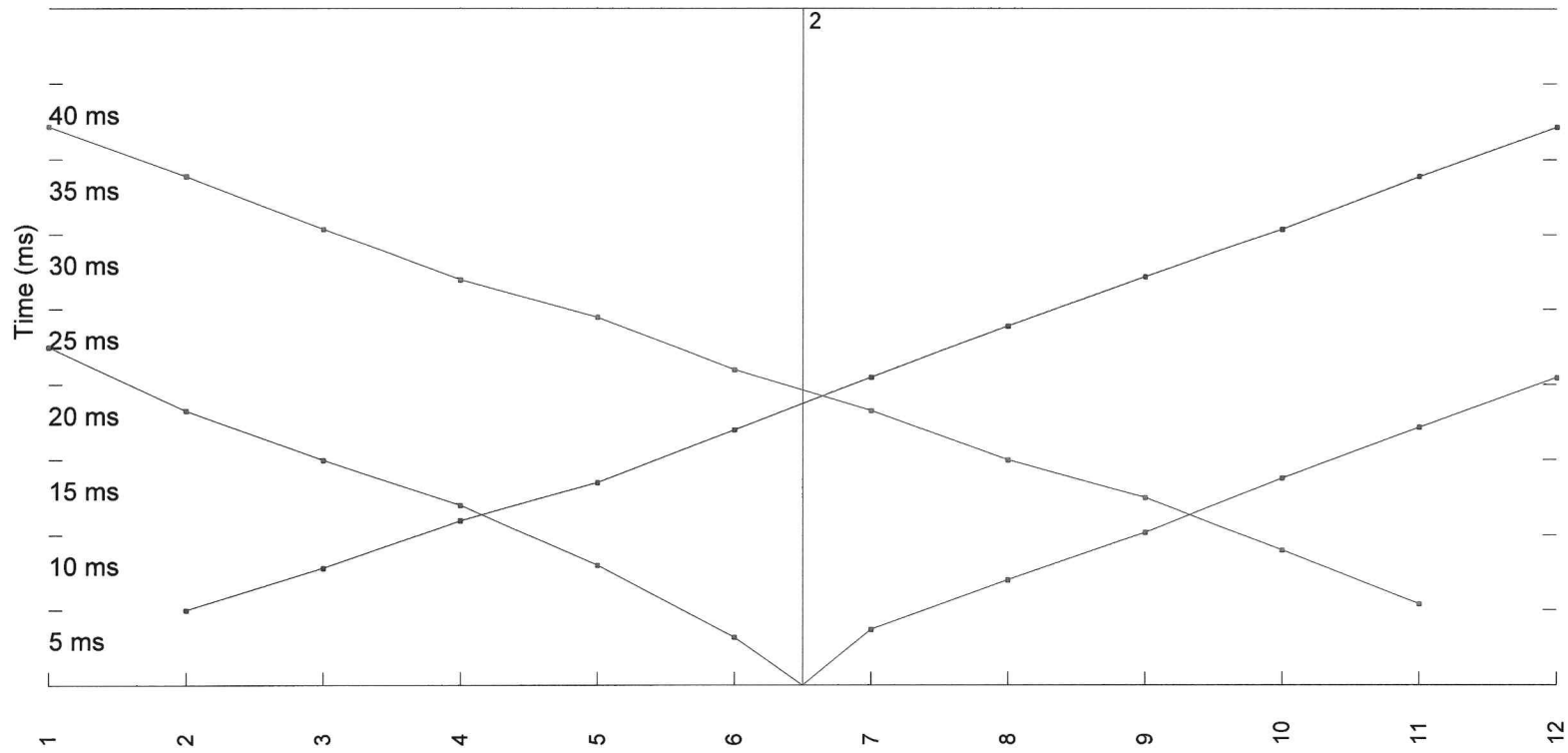
Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1-1'  
LOCALITA': ALTAMURA



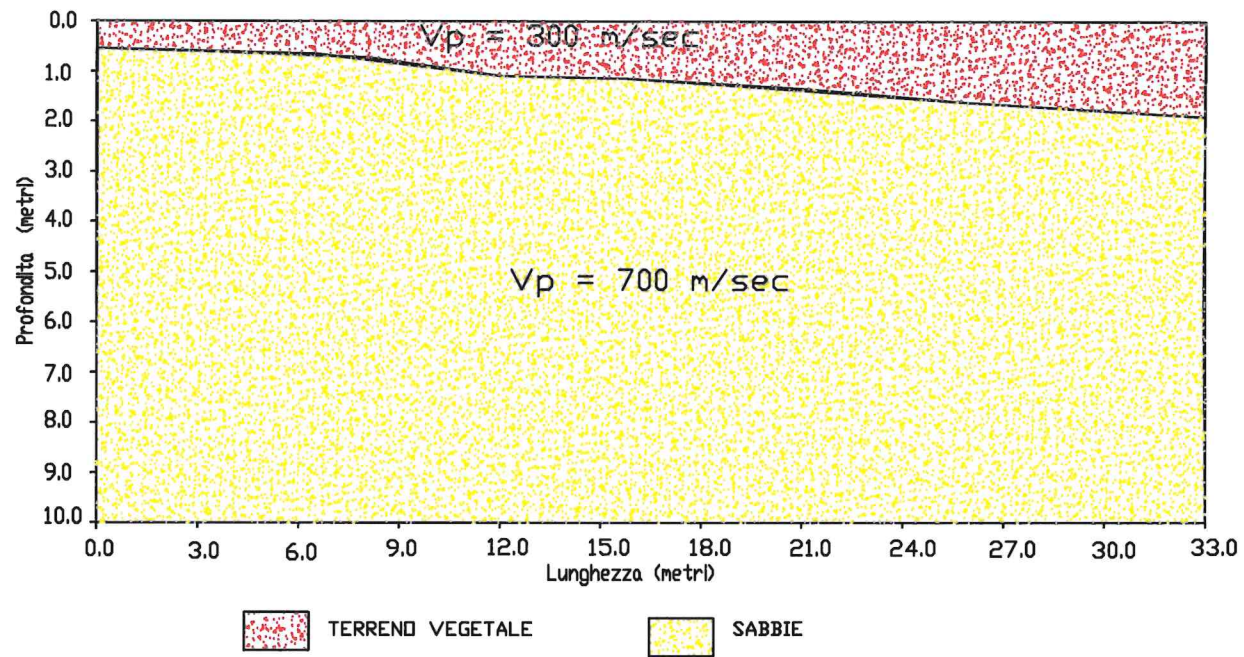
Profilo 2-2';

Località: Altamura (Ba);



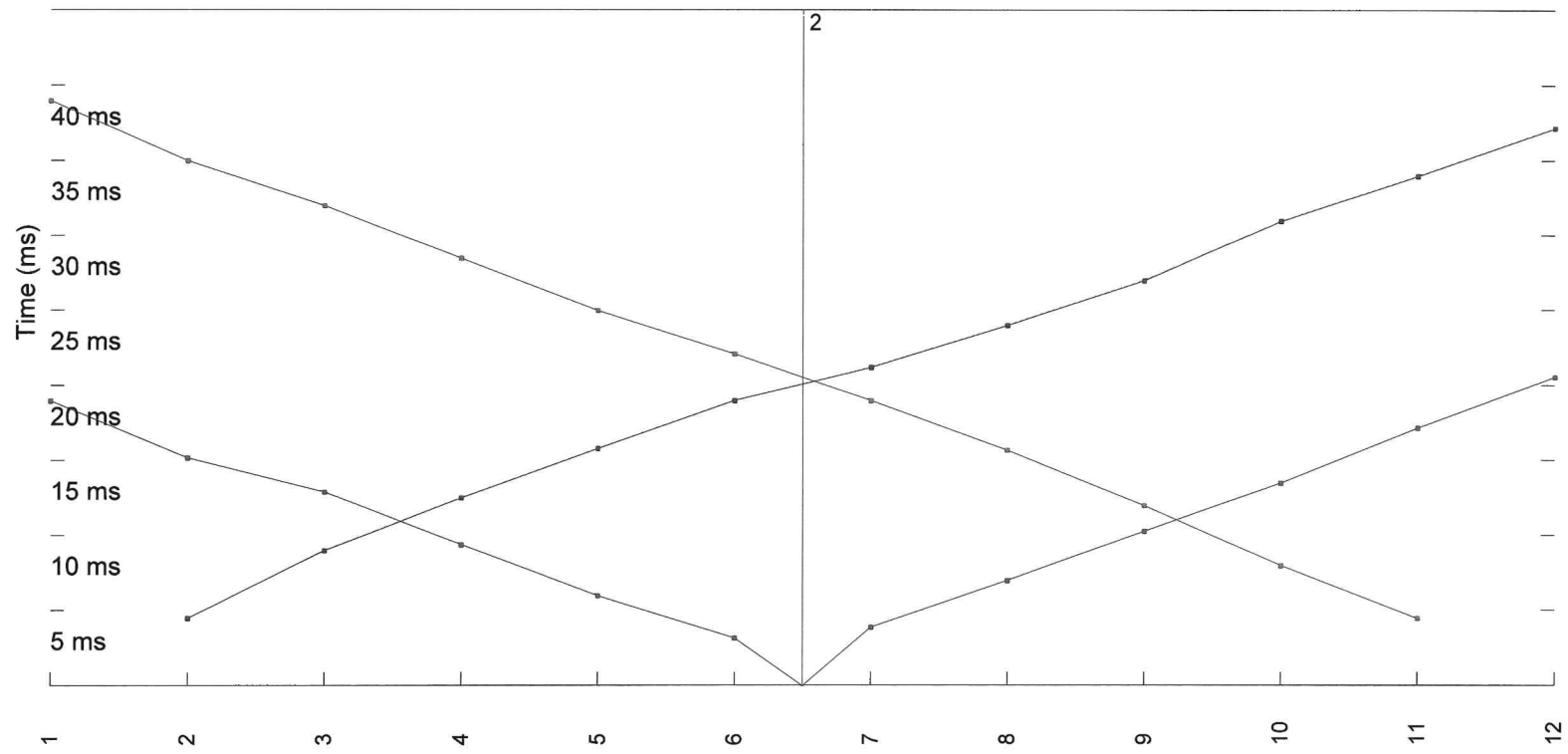
Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2-2'  
LOCALITA': ALTAMURA



Profilo 3-3';

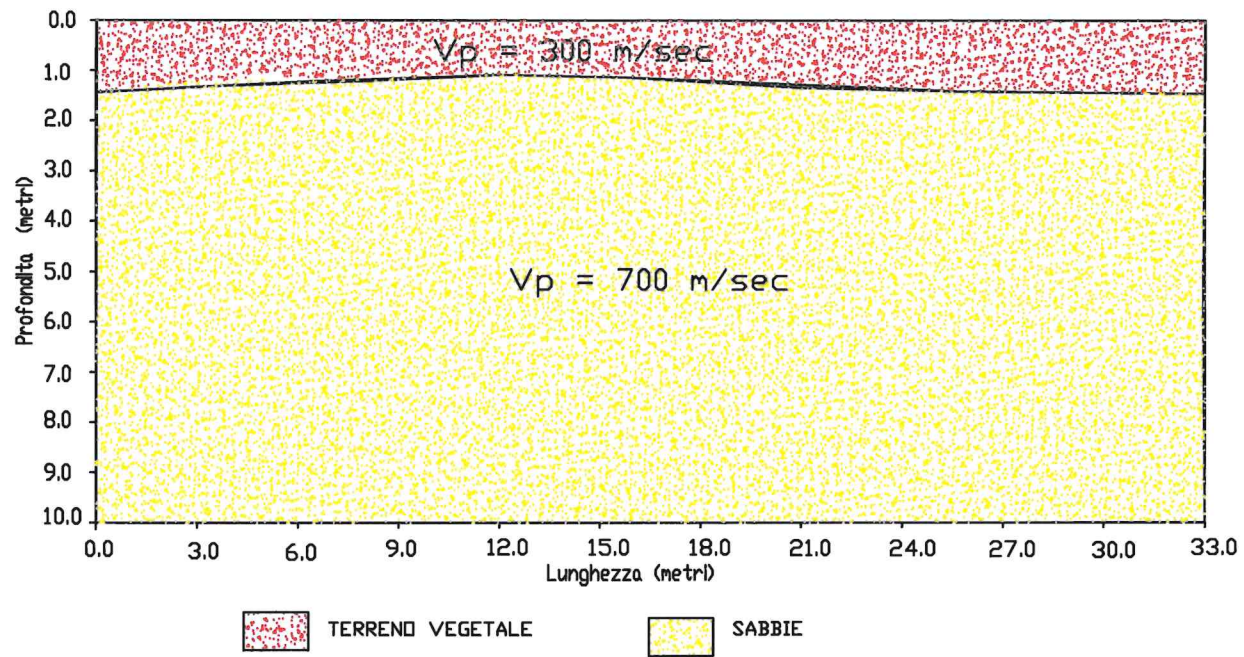
Località: Altamura (Le);



Calculs d'épaisseur

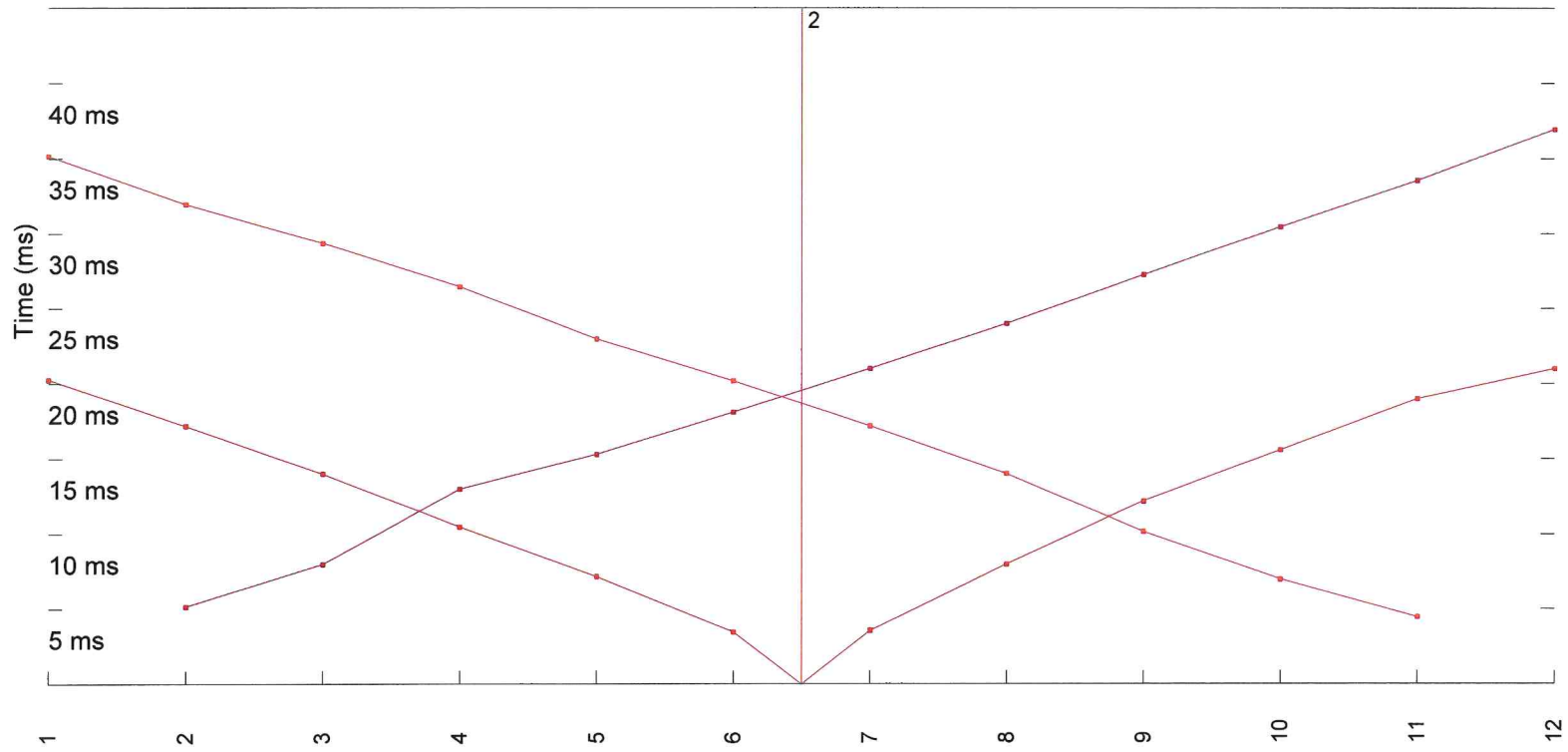


PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 3-3'  
LOCALITA': ALTAMURA



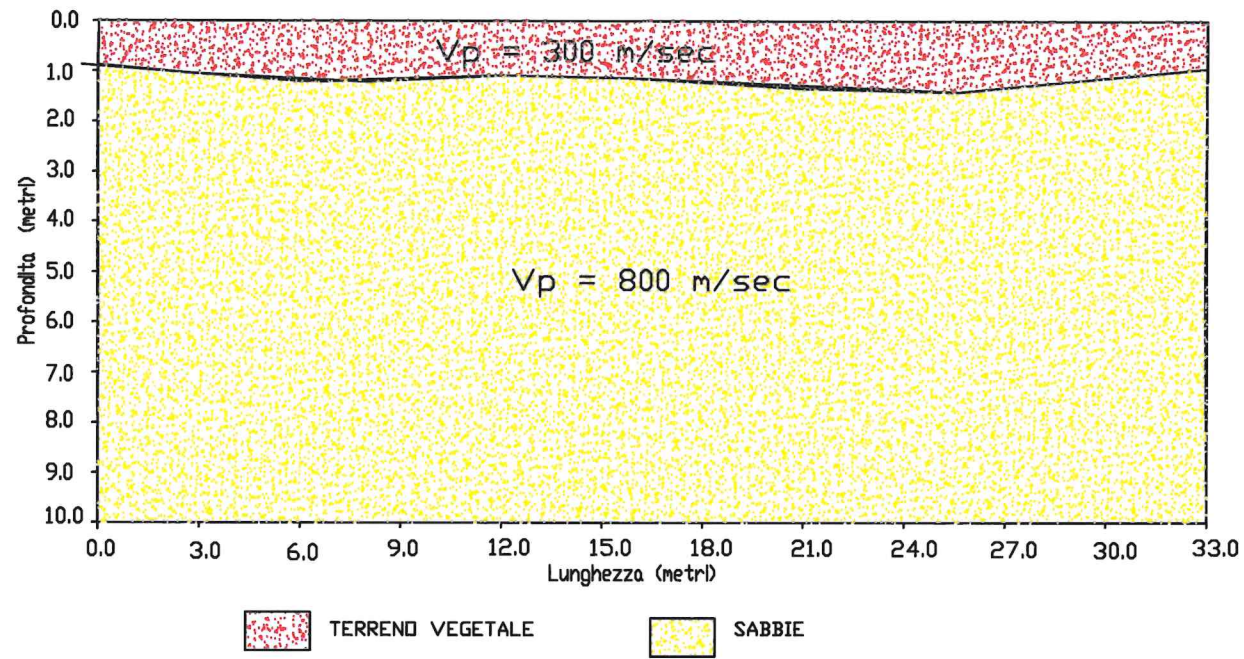
Profilo 4-4';

Località: Altamura (Ba);



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 4-4'  
LOCALITA': ALTAMURA



### ***Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)***

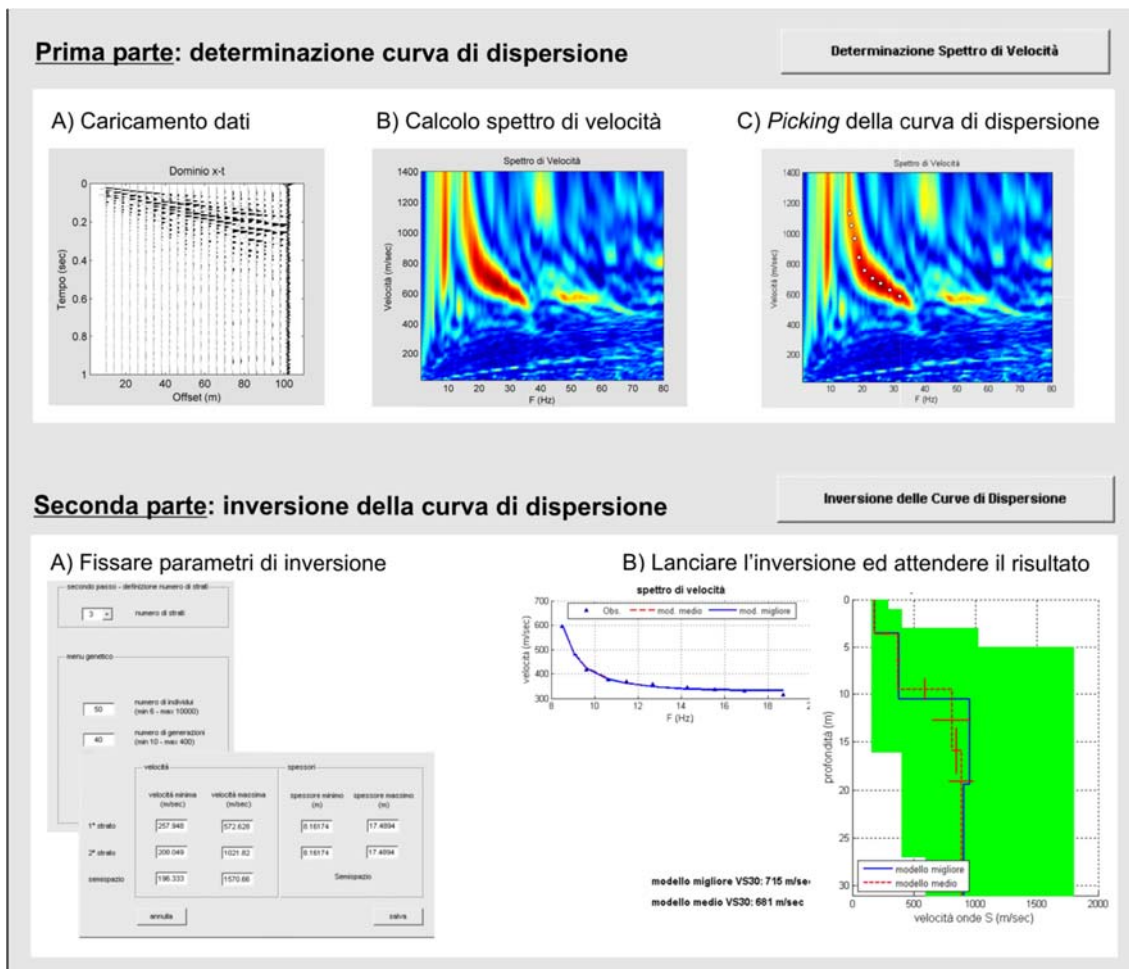
Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione dell'area investigata sono state eseguite delle indagini sismiche con metodologia MASW.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), 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 (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;

- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle VS.



Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve

necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un' esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

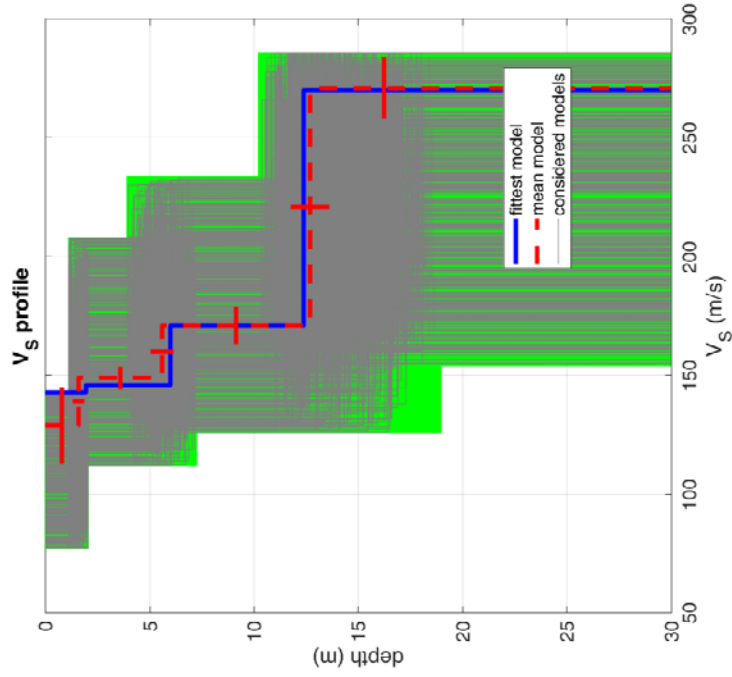
La  $V_{Seq}$  è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum h_i/V_i}$$

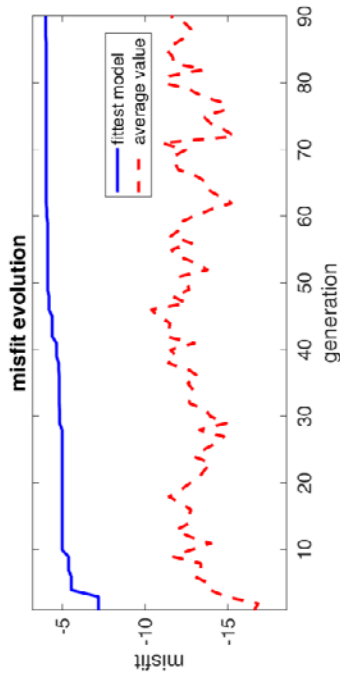
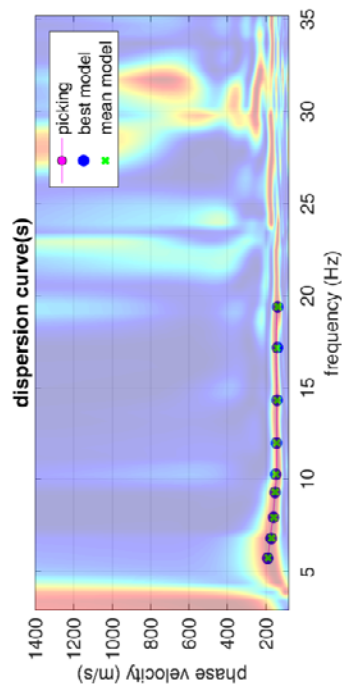
Le indagini sismiche Masw sono tre, eseguite sugli stessi stendimenti di sismica a rifrazione. Sono le indagini Masw1 eseguita sullo stendimento sismico n. 1; la Masw 2 sullo stendimento n. 2 e la Masw 3 sullo stendimento n. 4.

Avendo ottenuto valori di  $V_{seq}$  rispettivamente di 207 m/sec, di 245 m/sec e di 295 m/sec. La Categoria sismica di suolo rientra in ogni caso nella C di *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.*

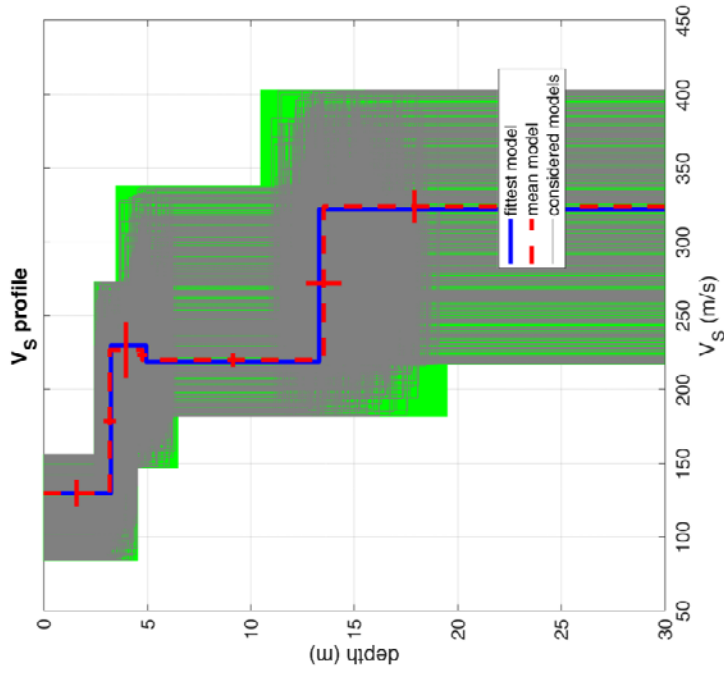
# MASW 1



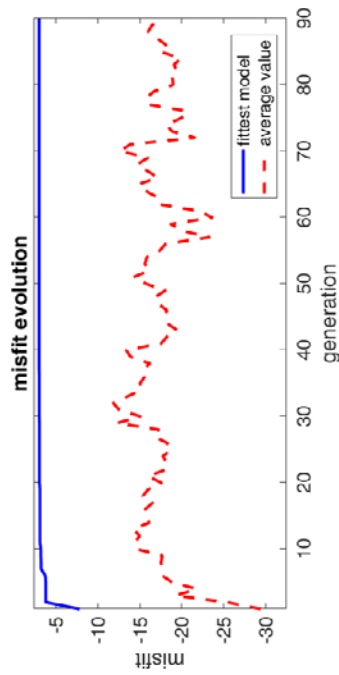
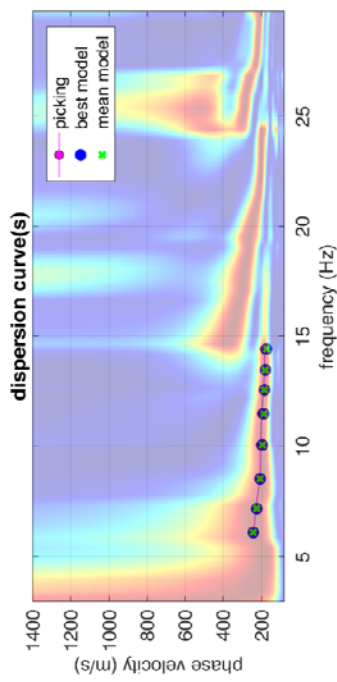
dataset: 1504.dat  
 dispersion curve: Masw 1.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 208 208 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 207 207 m/s



## MASW 2



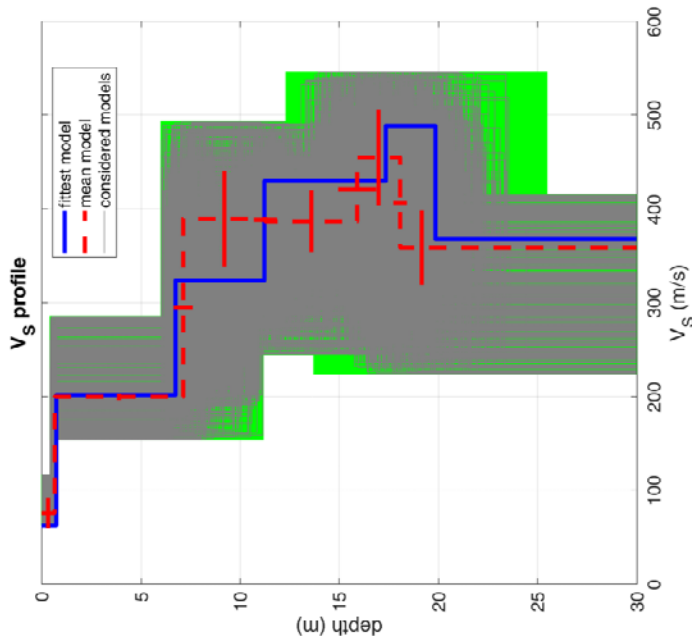
dataset: 1487.dat  
 dispersion curve: Masw2.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 245 245 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 245 245 m/s



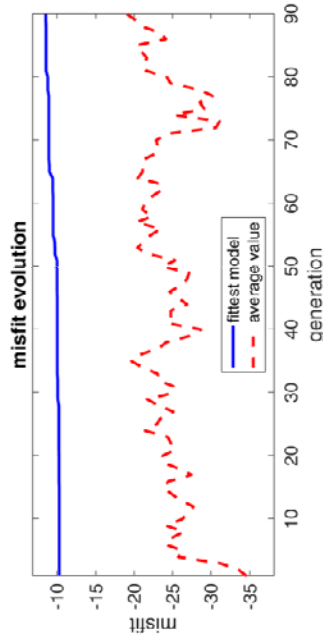
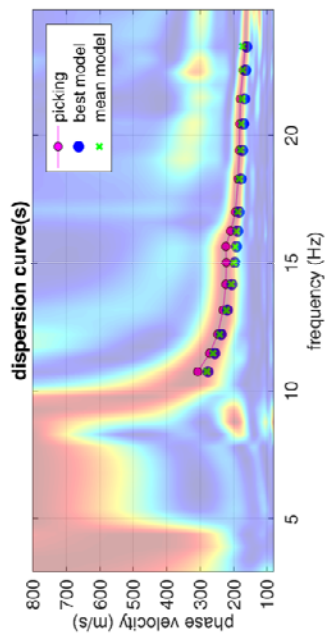
[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)



### MASW 3



dataset: 931.dat  
 dispersion curve: Masw3.cdp  
 Vs30 & VsE (best model): 293 293 m/s  
 Vs30 & VsE (mean model): 295 295 m/s



www.winmasw.com

Le categorie di suolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;

- 
- E) *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalenti riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.*

Ruffano, maggio 2021

**IL DIRETTORE TECNICO**

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

