

Regione Basilicata



Comune di Rapolla



Comune di Venosa



PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN CLUSTER DI N.2 IMPIANTI AGRIVOLTAICI DENOMINATI "RAPOLLA" E "VENOSA" DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI PICCO PARI A 29.353,68 kWp DA REALIZZARSI IN AGRO DI RAPOLLA E VENOSA (PZ) E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE UBICATE ANCHE NEL COMUNE DI MELFI (PZ)

TITOLO

Relazione Geologica

PROGETTAZIONE



SR International S.r.l.
Via di Monserrato 152 - 00186 Roma
Tel. 06 8079555 - Fax 06 80693106
C.F e P.IVA 13457211004



Valleverde Energia S.r.l.
Via Foggia 174 - 85025 Melfi (PZ)
mail info@valleverde-energia.it
C.F e P.IVA 02118870761



Ing. Andrea Bartolazzi

CONSULENZA



BELL FIX PLUS S.r.l.
Sede operativa: Via Tancredi Normanno, 13
72023 Mesagne (BR)
e-mail: amministrazione@bellfixplus.it

Responsabile elaborato:

Geol. Francesco CALDARONE
Ordine Geologi Puglia n. 507
fcaldarone@pec.epap.it
tel. +39 347 1832322



PROPONENTE



ATON 36 S.r.l.
Via Ezio Macconi, 54 - 38121 Trento
aton36.srl@pec.it
C.F e P.IVA 02729140224

00	29/01/2024	Geol. Caldarone	Ing. Bartolazzi	ATON 36 S.r.l.	Relazione Geologica
Revisione	Data	Elaborato	Verificato	Approvato	Descrizione

Codice Elaborato

PSR-GRM-GEO

Scala

-

Formato

A4

Indice

1. Premessa.....	2
2. Collocazione geografica dell'area.....	2
3. Inquadramento geomorfologico.....	7
4. Inquadramento geologico e strutturale	9
4.1 Complesso degli Argilloscisti Varicolori M ¹ O ³ (Oligo-Miocene).....	10
4.2 Formazione della Daunia MD (Miocene).....	10
4.3 Conglomerati trasgressivi P (Pliocene med-inf)	11
4.4 Depositi fluvio-lacustri Im (Pleistocene-Olocene).....	11
5. Inquadramento idrogeologico	14
6. Indagini eseguite.....	15
6.1 Profilo sismico a rifrazione.....	15
6.2 Profilo sismico con metodologia MASW.....	16
7. Geolitologia e idrogeologia dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico	18
7.1 Geolitologia e caratteristiche tecniche dei terreni	18
8. Caratterizzazione sismica: individuazione della categoria di suolo a mezzo indagine sismica con la metodologia MASW.....	22
8.1 Classificazione sismica	22
8.2 Indagine sismica con metodologia MASW	23
8.3 Categoria del suolo di fondazione.....	24
9. Conclusioni.....	29

Allegati

RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITO

1. Premessa

La società proponente **ATON 36 S.r.l.**, con sede in Via Ezio Maccani, 54 - 38121 Trento - Pec: aton36.srl@pec.it, C.F e P.IVA 02729140224, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una Relazione Geologica relativa al progetto di installazione di n.2 impianti agrivoltaici denominati "Rapolla", avente potenza nominale installata di circa 14.811,36 kWp e "Venosa", avente potenza nominale installata di circa 14.542,32 kWp. I due impianti, da realizzarsi in agro di Rapolla e Venosa, nella Provincia di Potenza, con moduli fotovoltaici bifacciali della potenza nominale di 590 Wp ciascuno, avranno una potenza complessiva di picco pari a circa 29.353,68 kWp.

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.5 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. 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

Il Cluster composto dai 2 impianti ricopre una superficie totale di circa 41 ettari: 20,73 ha nel comune di Rapolla e 19,92 ha in quello di Venosa ed è diviso su 5 aree: una nel comune di

Rapolla e quattro in quello di venosa; i campi agrivoltaici risultano accessibili dalla viabilità locale, costituita da strade interpoderali che sono connesse alla SP ex SS 168 ed alla SS 93. I siti dei due impianti ricadono rispettivamente nei territori comunali di Venosa e Rapolla, in una zona occupata da terreni agricoli.

L'area è prossima all'invaso del Rendina (circa 1,4 km) ed è localizzata in un'area posta ad una distanza compresa tra i 6 e 8 km dai centri abitati di Lavello, Venosa, Rionero in Vulture, Rapolla e Melfi. Il sito dista circa 10 km in direzione sud, dal confine con la regione Puglia e la provincia di Foggia.

Verrà realizzata una stazione elettrica utente, denominata SEU, situata nelle immediate vicinanze del futuro ampliamento della Stazione Elettrica (SE) della RTN a 380/150 kV denominata "Melfi" esistente, alla quale sarà collegato l'impianto mediante un cavidotto interrato in AT a 36 kV. Il futuro ampliamento, tecnicamente denominato SE, sarà distante circa 9,8 km in linea d'aria, dall'impianto Rapolla e circa 11,0 km dall'impianto Venosa. La SEU sarà condivisa da entrambi gli impianti, e il cavidotto in uscita dalla stazione utente, che si collegherà con la SE, sarà anch'esso condiviso.

Le aree di impianto ricadono sul Foglio 187 della Carta d'Italia I.G.M. scala 1:25.000, Tav. I N.O. "Venosa".

Di seguito si riportano i dati identificativi del progetto:

Ubicazione	comuni di Venosa e Rapolla (PZ)	
Uso	Terreno agricolo	
Dati catastali	VENOSA FG. 18	P.LLE 48-49-51-53-66-70-162
	VENOSA FG. 26	P.LLE 21-22-44-45-135
	RAPOLLA FG.7	PLLE 19-28-86
Inclinazione superficie	Orizzontale	
Fenomeni di ombreggiamento	Assenza di ombreggiamenti rilevanti	
Altitudine	310 -342 m slm	

**CLUSTER DI N.2 IMPIANTI AGRIVOLTAICI DENOMINATI
"RAPOLLA" E "VENOSA"
COMUNI DI RAPOLLA E VENOSA
PROVINCIA DI POTENZA, BASILICATA**

RELAZIONE GEOLOGICA

Latitudine - Longitudine

Impianto Venosa

COORDINATE UTM WGS-84		
	Latitudine	Longitudine
Area Impianto 1	4538075.31	562715.25
Area Impianto 2	4538207.52	563179.87
Area Impianto 3	4537905.12	563499.96
Area Impianto 4	4537689.93	563298.44
Area SEU	4545581.00	555093.00
Area nuova stazione SE	4545637.96	555206.49

Impianto Rapolla

COORDINATE UTM WGS-84		
	Latitudine	Longitudine
Area Impianto Agrivoltaico	4538719.09	562243.48
Area SEU	4545581.27	555093.44
Area nuova stazione SE	4545642.87	555202.70

Cluster RAPOLLA e VENOSA

IMPIANTI

□ RAPOLLA

□ VENOSA

aree impianti

■ campi FV

■ mitigazione

■ NUOVA SE

■ SEU

— cavidotto

CONFINI REGIONALI

▭

□ limiti comunali IT

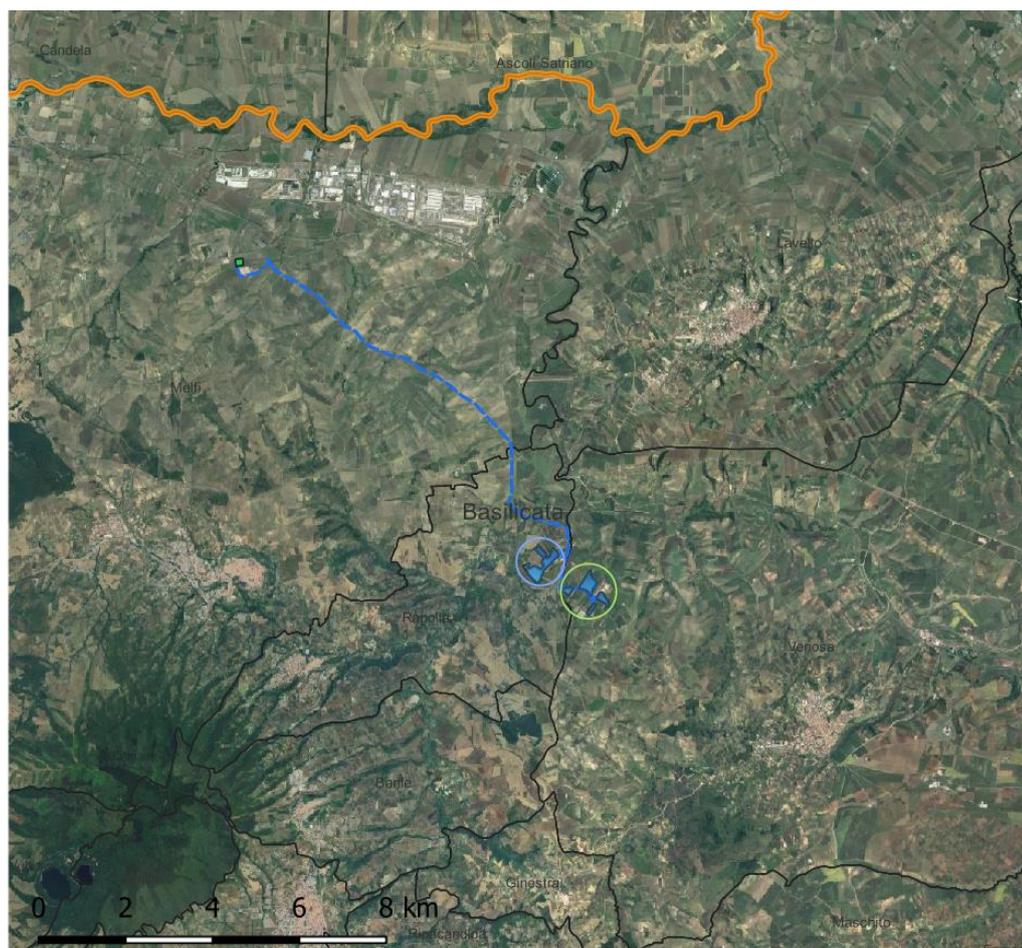


Fig. 1 - Ortofoto con ubicazione dell'area di intervento

Proponente:
ATON 36 S.R.L.

ATON 36

Sede legale: Via Ezio Maccani, 54 - 38121 Trento (TN)
C.F e P.IVA: 02729140224 PEC: aton36.srl@pec.it

Consulenza:
BELL FIX PLUS S.R.L.

Sede operativa: Via T. Normanno, 13 - 72023 Mesagne (BR)
C.F e P.IVA: 02534000746 mail: info@bellfixplus.it



**CLUSTER DI N.2 IMPIANTI AGRIVOLTAICI DENOMINATI
 “RAPOLLA” E “VENOSA”
 COMUNI DI RAPOLLA E VENOSA
 PROVINCIA DI POTENZA, BASILICATA**

RELAZIONE GEOLOGICA

Cluster RAPOLLA e VENOSA

IMPIANTI

■ RAPOLLA

■ VENOSA

aree impianti

■ campi FV

■ mitigazione

■ NUOVA SE

■ SEU

— cavidotto

ESRI Topo

CONFINI REGIONALI

■

□ limiti comunali IT

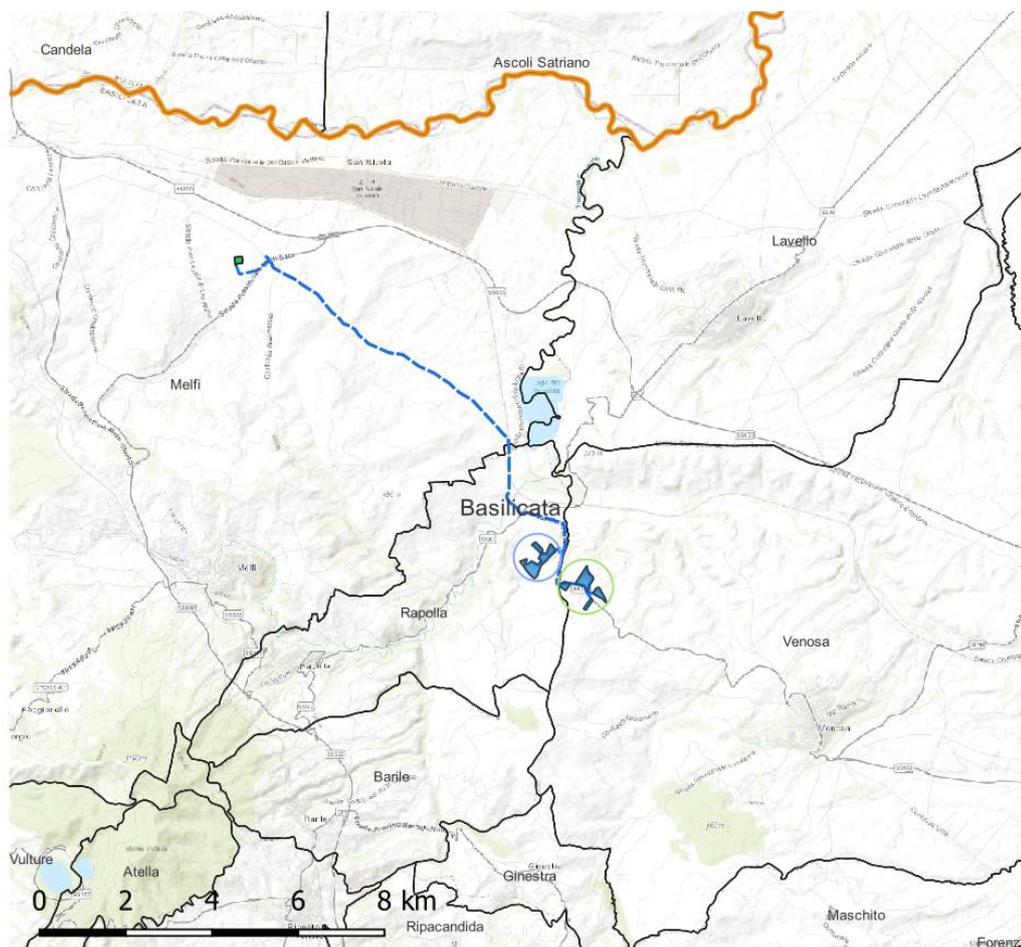


Fig. 2 - Inquadramento geografico dell'area di intervento

Proponente:
ATON 36 S.R.L.

ATON 36

Sede legale: Via Ezio Maccani, 54 - 38121 Trento (TN)
 C.F e P.IVA: 02729140224 PEC: aton36.srl@pec.it

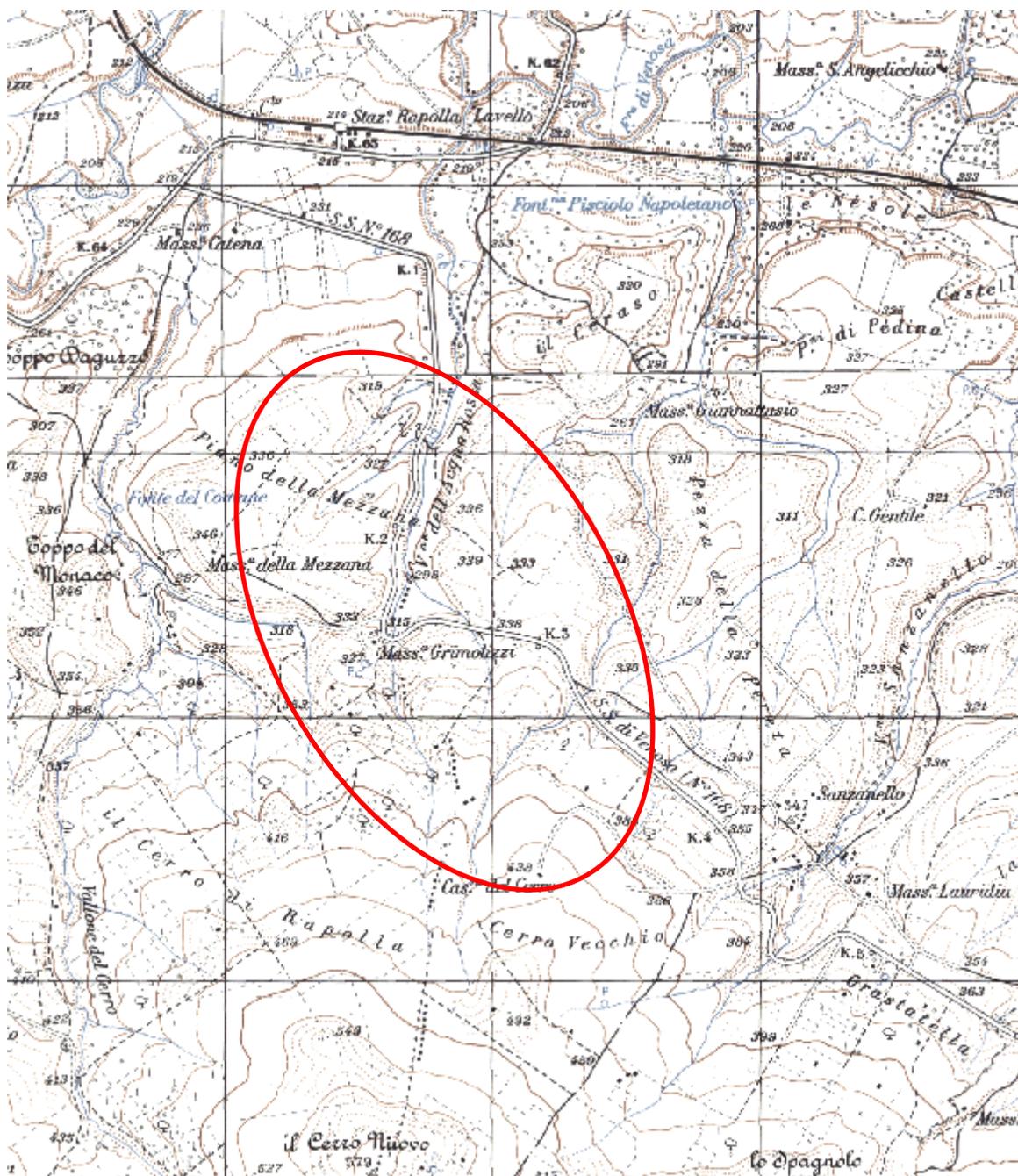
Consulenza:
BELL FIX PLUS S.R.L.

Sede operativa: Via T. Normanno, 13 - 72023 Mesagne (BR)
 C.F e P.IVA: 02534000746 mail: info@bellfixplus.it



FIG. 3 - COROGRAFIA

Estratto del foglio 187 - Tav. "Venosa" - Carta d'Italia I.G.M. - scala 1:25.000



UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI STUDIO

3. Inquadramento geomorfologico

Il sito oggetto di studio è posto a quote medie pari a 326 m s.l.m. ed è caratterizzato da un andamento morfologico sub-pianeggiante, con lievi ondulazioni; pur rientrando in territorio lucano, esso ricade in prossimità del territorio pugliese, da cui dista ca. 10 km e dal quale è separato per mezzo del confine naturale/amministrativo rappresentato dal fiume Ofanto, oltre il quale vi è il Tavoliere delle Puglie.

Questo è situato nella parte settentrionale della Regione pugliese e costituisce la più estesa pianura dell'Italia meridionale; si sviluppa in direzione NW-SE ed è compreso tra il F. Fortore a nord, i Monti della Daunia ad ovest, il Gargano e il mare Adriatico ad est ed, appunto, il F. Ofanto a sud.

Il Tavoliere è l'unica area della Puglia ad essere dotata di una rete idrografica ben definita, costituita da corsi d'acqua a regime prevalentemente torrentizio che incidono i depositi quaternari. Morfologicamente il Tavoliere è una pianura lievemente ondulata caratterizzata da vaste spianate che digradano debolmente verso mare a partire dalle quote più alte del margine appenninico.

L'idrografia superficiale dell'intero territorio, è collegata ai due fiumi principali, il Fortore e l'Ofanto, che scorrono alle due estremità del Tavoliere e nascono dall'Appennino, sfociando entrambi nel Mare Adriatico; gli altri corsi d'acqua maggiori, il Candelaro, il Cervaro ed il Carapelle, scendono pure dall'Appennino e attraversano il Tavoliere, ma con regimi tipicamente torrentizi e deflussi stagionali; sono caratterizzati da alvei poco profondi e generalmente regolarizzati con opere di regimazione.

È possibile distinguere da ovest verso est ben cinque distretti morfologici (Bonzi, 1983):

un'area collinare, una zona a ripiani, una vasta piana alluvionale antica, una piana costiera ed una zona litorale. La prima zona, che borda il margine orientale appenninico, è rappresentata da rilievi collinari, posti a 300-400 m di quota. I ripiani corrispondono a terrazzi marini, che digradano verso l'Adriatico e sono, a luoghi, delimitati verso est da scarpate poco elevate, corrispondenti a ripe di abrasione. La piana alluvionale si estende con continuità dalla zona dei terrazzi più antichi fino alla piana costiera che corrisponde, per gran parte, ad antiche aree lagunari (Lago di Salpi e Lago Salso) successivamente colmate per fatti naturali ed antropici.

Nell'area si individuano tre regioni a carattere morfologico differente: l'Appennino, il Gargano e il Tavoliere.

La piana del Tavoliere corrisponde a una superficie strutturale allungata in direzione NW-SE, leggermente inclinata verso l'attuale linea di costa, incisa da torrenti e canali allineati in direzione E-O.

In relazione ai sedimenti affioranti -in quest'area si possono distinguere forme di modellamento diverso procedendo da ovest verso est (Boenzi, 1983): un'area collinare, una zona a ripiani, una vasta piana alluvionale antica, una piana costiera ed una zona litorale.

I ripiani corrispondono a terrazzi marini che digradano verso l'Adriatico e sono delimitati ad est da poco elevate scarpate, corrispondenti a ripe di abrasione, che specialmente nella parte meridionale del Tavoliere risultano più erosi tanto da essere completamente circondati da depositi alluvionali. Questi ultimi, si raccordano più ad est con i sedimenti della piana costiera, sede in un passato storico di ambiente palustre di laguna, successivamente bonificato.

La faglia che corre lungo il T. Candelaro separa nettamente dalle basse pianure del Tavoliere di Foggia il massiccio Promontorio Garganico, che viene così a formare una caratteristica unità orografica, geologica, idrografica e morfologica.

All'interno del Tavoliere, il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza vasti bacini ma con linee di impluvio a basso grado di gerarchizzazione che si generano dai rilievi di origine appenninica. I profili delle sezioni trasversali di queste incisioni sono piuttosto profondi.

Si tratta di corsi d'acqua a carattere torrentizio, con portate minime per la maggior parte dei giorni dell'anno, ma che in occasione di eventi piovosi di una determinata entità e durata sono in grado di convogliare notevoli quantità d'acqua e di trasporto solido.

Come anticipato, il fiume Ofanto risulta posto all'incirca a 10 km N dell'area di impianto.

Le caratteristiche morfologiche degli impluvi posti sui rilievi cambiano sensibilmente nella parte della piana alluvionale. Infatti il grado di gerarchizzazione degli impluvi aumenta e i profili delle sezioni trasversali risultano meno profondi e meno acclivi.

All'altopiano calcareo delle Murge posto ad Est, si contrappone, a Sud, l'esteso ed ampio bacino del medio Bradano (Fossa Bradanica, ovvero fossa premurgiana) con paesaggio contraddistinto da rilievi poco pronunciati, che si susseguono in strette e lunghe dorsali con pendici dolcemente ondulate a formare gobbe e monticoli cumuliformi, che si alternano a rilievi fortemente delineati in isolate alture e pendici acclivi. Quest'ultimo aspetto è strettamente connesso con la natura clastica delle rocce presenti che può rappresentare la causa della facilità con cui le rocce subiscono gli agenti erosivi con conseguenti frane e dissesti tipici della morfologia della zona.

Alcune piccole valli risultano attraversate da corsi d'acqua quali il Fiume Bradano, il Torrente Basentello e il Torrente Roviniero.

Il passaggio dalle Murge Alte alla Fossa Bradanica è segnato dal ciglione di una scarpata avente direzione appenninica, abbastanza netto e spesso assai ripido, intaccato trasversalmente da numerosi solchi d'incisione torrentizia. Gli stili tettonici individuati nell'area sono due: il primo riguarda i calcari delle Murge, il secondo le formazioni plio-pleistoceniche.

I calcari sono corrugati in pieghe a largo raggio, sono fagliati ed hanno una vergenza generale verso SO. Le pieghe sono antecedenti alle faglie in quanto risultano troncati da una superficie di abrasione marina nettamente dislocata da faglie dirette da NO e SE.

Le faglie, a prevalente direzione appenninica, sono dirette, con il piano perlopiù conforme alla stratificazione e hanno dato all'intera struttura una caratteristica forma a gradinata.

4. Inquadramento geologico e strutturale

In cartografia ufficiale - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (Fig.4) - l'area di studio ricade nel Foglio 187 "Melfi", a cavallo tra i "Monti della Daunia" ed il "Tavoliere di Puglia". Quest'ultimo consiste in una vasta zona pianeggiante delimitata a sud-est dall'altopiano murgiano, a sud-ovest dai primi rilievi collinari dell'Appennino Dauno e a nord dal promontorio del Gargano.

Da un punto di vista geologico il Tavoliere di Puglia coincide con la parte settentrionale della Fossa bradanica (MIGLIORINI, 1937), un bacino di sedimentazione di età plio-pleistocenica situato tra il margine esterno della Catena sud-appenninica e l'Avampaese apulo-garganico. La Fossa Bradanica si estende per circa 200 km in direzione NO-SE dal Fiume Fortore fino al Golfo di Taranto con un'ampiezza che varia da 15-20 km a nord dell'Ofanto fino a 50-60 km in prossimità della costa ionica. Verso nord, all'altezza del Fiume Fortore, il bacino bradanico si raccorda all'Avanfossa padano-adriatica, mentre verso sud prosegue nel Golfo di Taranto. Come è noto, le avanfosse sono dei bacini di sedimentazione che si formano tra il fronte di una catena in sollevamento e il settore di avampaese non ancora coinvolto dall'orogenesi. La loro origine è da porre in relazione alla subsidenza flessurale delle aree di avampaese dovuto ad un progressivo processo di arretramento della cerniera della subduzione e al carico litostatico della catena. In questo contesto geodinamico settori crostali, in cui era presente una sedimentazione di mare sottile o continentale, sono interessati da una rapida sedimentazione clastica sottomarina con depositi provenienti in massima parte dalle aree di catena in via di sollevamento. Il Bacino bradanico, in particolare, si inizia a delineare nel Pliocene inferiore e deve la sua formazione alla subduzione verso ovest della litosfera adriatica (MALINVERNO & RYA N, 1986; ROYDEN et alii, 1987; PATACCA & SCANDONE, 1989; DOGLIONI, 1991) un processo già attivo a partire dal Miocene inferiore. Durante il processo di flessurazione l'avampaese apulo subisce un'intensa fratturazione con la formazione di una struttura ad horst e graben. Come conseguenza di ciò si ha l'ingressione marina e un progressivo approfondimento del bacino. Tale approfondimento è guidato dalla retroflessione della litosfera adriatica e dal carico litostatico della catena appenninica il cui fronte progressivamente si sposta verso est sovrapponendosi agli stessi depositi di avanfossa.

A partire dal Pleistocene medio, l'arretramento della litosfera rallenta a causa della resistenza a subdurre della spessa litosfera continentale adriatica (DOGLIONI, 1991). Inizia una fase di sollevamento regionale e di regressione marina testimoniata dalla presenza di un trend regressivo nei sedimenti bradanici. Con il colmamento del bacino si ha l'emersione dell'intera area che da quel momento in poi non subisce movimenti significativi.

Per meglio comprendere le caratteristiche stratigrafiche e strutturali dell'area ricadente nel Foglio 187 "Melfi" e l'evoluzione geologica dell'area si ritiene opportuno fornire un quadro regionale delle unità affioranti e di quelle presenti nel sottosuolo. È bene sottolineare che

queste ultime rivestono una notevole importanza per la comprensione dell'evoluzione geologica dell'area; la gran parte della successione bradanica, infatti, non affiora, ma è stata ampiamente investigata attraverso studi geofisici, profili sismici a riflessione e perforazioni per ricerche di idrocarburi e risorse idriche (JABOLI & ROGER, 1954).

Sulla base dei dati di superficie e di sottosuolo è possibile distinguere nell'area dei fogli interessati due unità stratigrafiche che rivestono anche una notevole importanza dal punto di vista paleogeografico:

- la piattaforma apulo-garganica appartenente al dominio strutturale di avampaese, costituita da una successione sedimentaria la cui età accertata va dal Permiano fino al Miocene;
- la successione di riempimento della Fossa Bradanica appartenente al dominio strutturale di avanfossa, la cui età, nell'area del Foglio, va dal Pliocene medio al Pleistocene medio.

L'area in questione è caratterizzata dalla presenza di depositi recenti che vanno dal Pleistocene inferiore all'Olocene. All'interno di questi sedimenti sono presenti importanti superfici di discontinuità, che hanno costituito la base per la suddivisione del record sedimentario in unità stratigrafiche a limiti inconformi (Unconformity Bounded Stratigraphic Units, UBSU) di diverso rango gerarchico (SALVADOR, 1987, 1994).

All'interno del foglio interessato si evidenzia una serie di formazioni stratigrafiche, così deposte¹:

4.1 Complesso degli Argilloscisti Varicolori M'O³ (Oligo-Miocene)

Complesso formato da argillo-marnoscisti, più o meno scagliosi, anche con cristallini di gesso, marne di colore giallo-brunastro; calcari marnosi, quarzoareniti grigiastre. Intercalazioni di calcareniti, brecciole, calcari biancastri, marnosi varicolori, fini sabbie giallastre, rossastre, arenarie calcaree rossastre.

Periodo: Aquitaniano-Oligocene superiore.

4.2 Formazione della Daunia MD (Miocene)

La formazione risulta costituita da calcari marnosi biancastri e giallastri, in piccoli strati, talvolta con selce, pulverulenti biancastri o giallo brunastri. Marne biancastre o giallastre, scisti marnosi, argillosi verdastri. Arenarie, calcareniti grigio-azzurre, giallastre; calcari detritici, brecciole con intercalazioni di scisti argillosi gialli, rossi, verdi, ecc.; conglomerati ad elementi calcarei cretacei.

Periodo di sedimentazione: Tortoniano-Aquitaniano.

¹ Note Illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:100.000 - Foglio 187 - "MELFI" - O. Hieke Merlin, L. La Volpe, G. Nappi, G. Piccarreta, G. Santagata - Roma 1971.

4.3 Conglomerati trasgressivi P (Pliocene med-inf)

Si tratta di conglomerati trasgressivi, arenarie giallastre, sabbie debolmente cementate giallastre, marne giallastre, cartograficamente inscindibili.

4.4 Depositi fluvio-lacustri Im (Pleistocene-Olocene)

Questi depositi sono costituiti da tufiti, si trovano in corrispondenza a paleoalvei di fiume e ai paleolaghi di Melfi, Atella e Venosa. I depositi hanno giacitura suborizzontale con evidente stratificazione e selezione granulometrica dei componenti entro i singoli strati; frequenti le strutture da corrente (laminazione incrociata). I depositi mostrano composizione eterogenea; a luoghi hanno composizione mista (elementi vulcanici in leganti calcarei, argillosi o sabbiosi)), a luoghi da alternanze di strati ad elementi di natura vulcanica con altri di natura sedimentaria (limi calcarei, croste e livelli travertinosi).

LEGENDA



Depositi fluvio-lacustri e lacustri, finemente stratificati, piuttosto coerenti — talvolta con frustoli vegetali e gasteropodi — costituiti da tufiti (Cotrone, Torre degli Embrici, ecc.), con intercalazioni di tufi subaerei (Melfi, Albero in Piano, ecc.), di materiali sabbioso-conglomeratici, ad elementi vulcanici e sedimentari.



Conglomerati trasgressivi, arenarie giallastre, sabbie debolmente cementate giallastre, marne giallastre, cartograficamente inscindibili (tav. I NO, I SO, I SE). **PLIOCENE MEDIO-INFERIORE O INFERIORE** (microfauna).



FORMAZIONE DELLA DAUNIA — Calcari: marnosi biancastri; giallastri, ecc., in piccoli strati, a volte con selce; polverulenti biancastri; giallo-brunastri, fetidi. Marne biancastre, giallastre, scisti marnosi, argillosi verdastri, ecc.. Arenarie, molasse giallastre (come in « M^1 »). Calcare-niti grigio-azzurre, giallastre, brecciole, con foraminiferi rimaneggiati, resti di lamellibranchi, denti di pesci. Calcari detritici, brecciole, con intercalazioni di scisti argillosi gialli, rossi, verdi, ecc.; conglomerati ad elementi calcarei cretacei, ecc.. **TORTONIANO-AQUITANIANO** (microfauna: talora, probabilmente, orizzonti di transizione fra l'Aquitaniiano e l'Oligocene superiore: livelli inferiori di calcareniti, brecciole, ecc., potrebbero anche rientrare in « Mc^0 »).



COMPLESSO DEGLI ARGILLOSCISTI VARICOLORI — Alternanze di: argillo-marnoscisti rossastri, verdastri, ecc., calcari, anche marnosi, varicolori, in piccoli strati, calcari subcristallini, ceroidi, oppure silicei, biancastri; talora, calcareniti (« $Oè$ »). Diaspri rossi, a livelli manganiferi, con intercalazioni di scisti argilloso-silicei rossastri, ecc., e scisti bituminosi; calcari ceroidi, calcari marnosi, o silicei, di vario colore, con selce; singoli strati di selce. Siltsubfтанiti verdastre, ecc., con intercalazioni di scisti varicolori, di scisti bituminosi sottilmente fogliettati, a volte di selce (« $Oè$ »). Marnoscisti prevalentemente rossastri, calcari ceroidi biancastri, ecc., calcari marnosi varicolori, calcareniti, brecciole con nummuliti ed alveoline rimaneggiate, calciruditi, arenarie calcaree rossastre, rosso-violacee, talora calcari silicei varicolori (« $Oè$ »). (I due orizzonti di « $Oè$ » non sono stati ovunque distinti da « M^0 »). Fini sabbie giallastre, ecc., (solo al limite con « MD »), argillo-marnoscisti, più o meno scagliosi, anche con cristallini di gesso, marne, di colore giallo-brunastro, brunastro, verdastro, ecc., calcari marnosi, quarzoareniti grigiastre, siltsubfтанiti subscistose brunastre, a lastre (facies eteropica di terreni di « $Oè$ »); argillo-marnoscisti, più o meno scagliosi, rossastri, verdastri, brunastri, ecc., sovente con cristallini di gesso, talora marne giallo-brunastre, ecc.; comportanti intercalazioni di calcareniti, brecciole con nummuliti ed alveoline rimaneggiate, calcari ceroidi biancastri, calcari marnosi varicolori, a luoghi « paesiniformi », fini sabbie grigiastre, rossastre, arenarie calcaree rossastre, ecc. (« M^0 »). **AQUITANIANO-OLIGOCENE SUPERIORE** (e, per « M^0 », anche possibili orizzonti oligocenici più antichi). (Rinvenute microfaune ascrivibili all'Aquitaniiano solo in argilloscisti varicolori « M^0 » al limite o prossimi al limite con « MD » o con « M^1 », particolarmente sotto « MD »: in detti argilloscisti varicolori, in prossimità del limite con « M^1 », trovata altresì, microfauna con associazione ancora oligocenica).

Argillo-marnoscisti varicolori, ecc., calcari, ecc., corrispondenti a terreni del complesso in oggetto — e per lo più con andamento variamente disturbato o caotico — si ritrovano inseriti al limite, circa, fra « M_{ma} » e « M^1 », o in relativa prossimità di tale limite; oppure, entro « M^0 »; talora, nel Pliocene, ecc.: a seguito di una loro « messa in posto » causata da frane sottomarine, movimenti gravitativi, tettonici, ecc..

5. Inquadramento idrogeologico

Nell'area del foglio in cui affiorano i sedimenti oggetto di studio non si segnalano sorgenti di notevole importanza. Modeste sorgenti sgorgano al contatto delle formazioni ciottolose e sabbiose della parte alta della serie plio-pleistocenica con le argille marnose sottostanti.

Le risorse idriche di pozzi d'acqua sono legate alla falda acquifera delle formazioni ciottolose e sabbiose della serie pleistocenica, nonché alle coperture alluvionali dei fondovalle.

Nel corso delle indagini eseguite, non è stata riscontrata la presenza di una falda freatica. Ciononostante, non si esclude la possibilità di una presenza di modeste falde superficiali sospese, anche a carattere stagionale, in stretta connessione con il regime pluviometrico.

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 gennaio 2024) le seguenti indagini indirette:

- n.5 profili sismici a rifrazione;
- 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.5 profili sismici a rifrazione (SR1, SR2, SR3, SR4, SR5) ognuno con uno stendimento di lunghezza pari a 33 m.

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) 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. 5 - 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 i profili eseguiti, della lunghezza di 33 m ciascuno, hanno permesso di ricostruire un medesimo modello a due sismostrati:

- Il profilo sismico tomografico a rifrazione SR1 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore variabile tra circa 1,0-1,5 m caratterizzato da una velocità V_p di 500 m/s; il secondo, caratterizzato da una velocità V_p di 1150 m/s.
- Il profilo sismico tomografico a rifrazione SR2 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore medio di circa 1,50 m caratterizzato da una velocità V_p di 500 m/s; il secondo, caratterizzato da una velocità V_p di 1200 m/s.
- Il profilo sismico tomografico a rifrazione SR3 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore medio di circa 2,00 m caratterizzato da una velocità V_p di 450 m/s; il secondo, caratterizzato da una velocità V_p di 1000 m/s.
- Il profilo sismico tomografico a rifrazione SR4 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore variabile tra circa 1,50 e 2,00 m caratterizzato da una velocità V_p di 450 m/s; il secondo, caratterizzato da una velocità V_p di 950 m/s.
- Il profilo sismico tomografico a rifrazione SR5 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo con uno spessore variabile tra circa 1,00 e 1,50 m caratterizzato da una velocità V_p di 450 m/s; il secondo, caratterizzato da una velocità V_p di 1200 m/s.

I profili sismici eseguiti in sito hanno consentito di ricostruire le sequenze stratigrafiche di massima, di seguito riportate, che si rinvengono nel sottosuolo.

Le quote indicate sono da considerarsi quali medie tra quelle emerse dall'osservazione delle sezioni sismostratigrafiche.

Colonna stratigrafica SR1

0,00 m ÷ 1,25 m

terreno vegetale e/o parte superiore dei depositi fluvio-lacustri;

1,25 m ÷ prof. non indagata

depositi sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati (tufiti).

Colonna stratigrafica SR2

0,00 m ÷ 1,50 m

terreno vegetale e/o parte superiore dei depositi fluvio-lacustri;

1,50 m ÷ prof. non indagata

depositi sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati (tufiti).

Colonna stratigrafica SR3

0,00 m ÷ 2,00 m

terreno vegetale e/o parte superiore dei depositi fluvio-lacustri;

2,00 m ÷ prof. non indagata

depositi sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati (tufiti).

Colonna stratigrafica SR4

0,00 m ÷ 1,75 m

terreno vegetale e/o parte superiore dei depositi fluvio-lacustri;

1,75 m ÷ prof. non indagata

depositi sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati (tufiti).

Colonna stratigrafica SR5

0,00 m ÷ 1,25 m

terreno vegetale e/o parte superiore dei depositi fluvio-lacustri;

1,25 m ÷ prof. non indagata

depositi sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati (tufiti).

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

In Fig. 6 si riporta la colonna stratigrafica con i due livelli individuati nei cinque profili sismici a rifrazione eseguiti.

Nella tabella seguente vengono riportati i principali moduli e parametri desunti dalla misurazione delle velocità Vs e Vp nel corso dei profili sismici a rifrazione (cfr *Relazione conclusiva delle attività di indagine in Allegati*):

Strato	Vp (m/sec)	Vs (m/sec)	ϕ (°)	C (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E Din. (Kg/cmq)	η
1	400-500	-	-	-	-	-	-
2	950-1100	260	30	0.12	1.82	2725	0.42
3	1150-1200	320	31	0.05	1.93	3400	0.48

Vp = vel. longit.; Vs = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C = coesione efficace;
 γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di poisson

Tab. 1 - Parametri geotecnici e moduli correlati a Vp e Vs

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, 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 Basilicata ha recepito l'Ordinanza 3274/03 provvedendo alla prima, ancorché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale lucano, così come individuata nell'Allegato 1 alla Deliberazione del Consiglio Regionale 19 novembre 2003 n.731 (che approva la Deliberazione della Giunta Regionale del 4 novembre 2003, n.2000), operata estrapolando dall'Allegato A all'ordinanza 3274/03 i comuni lucani 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 Venosa e Rapolla ricadono rispettivamente in zona 2 e zona 1.

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 Vs, 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 rigidezza 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 rigidezza 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 Vs e il parametro Vs,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 sottosuolo per l'area indagata.

All'interno dei lotti nei quali è prevista la realizzazione dell'impianto sono stati eseguiti n.3 profili di lunghezza pari a 33 m, di seguito denominati MASW1, MASW2 e MASW3.

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 $V_{s,eq}$

MASW1: 382 m/s;

MASW2: 319 m/s;

MASW3: 431 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 caso si attribuiscono ai suoli di fondazione le seguenti (cfr *Relazione conclusiva delle attività di indagine in sito* in Allegati):

- categoria B (per i terreni indagati con le indagini MASW1 e MASW3) così definita:

“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 (per i terreni indagati con l’indagine MASW2) così definita:

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 del Consiglio Regionale 19 novembre 2003, n.731 che recepisce la Deliberazione della Giunta Regionale del 4 novembre 2003, n.2000.

Sulla base di tale “Deliberazione” i comuni di Venosa e Rapolla risultano inseriti rispettivamente in Zona Sismica 2 e 1:

“Zona 1 - E’ la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti”.

“Zona 2 - Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti”.

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 Venosa

Codice ISTAT: 076095

Coordinate sito Progetto Agrivoltaico *Venosa*:

Longitudine = 15.751643°E;

Latitudine = 40.991651°N.

Nodi intorno al sito: 32335 32557 32558 32336

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 2)

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	0.46497269	2.45611688	0.29000000
SLD	50	0.58982929	2.57370194	0.30807346
SLV	475	1.83656361	2.48498477	0.41445351
SLC	975	2.54184910	2.43672105	0.42445351

Tab. 2 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i Periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite

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.

Popolazione residente (Istat 2017)	11.837
Densità per Km² (Istat 2017)	69,9
Zona sismica (D.C.R. n.731/2003)	2

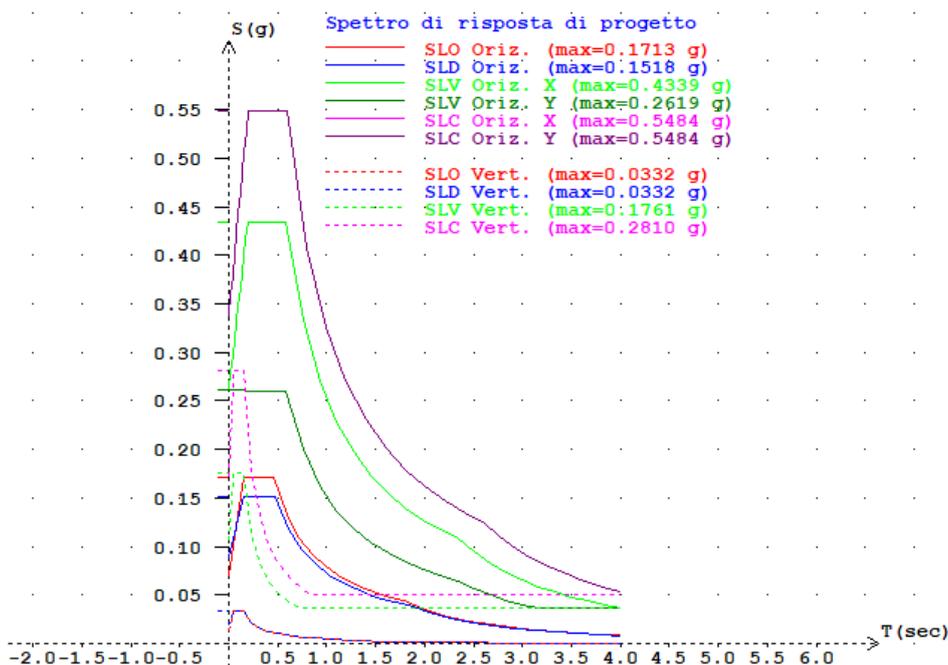


Fig. 7 - Spettri di risposta sismica di progetto - Impianto Agrivoltaico Venosa

Lotti ricadenti nel comune di Rapolla

Codice ISTAT: 076064

Coordinate sito Progetto Agrivoltaico *Rapolla*:

Longitudine = 15.739465°E;

Latitudine = 40.996461°N.

Nodi intorno al sito: 32335 32334 32556 32557

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 1)

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)
SLO	30	0.47369775	2.44830411	0.28707791
SLD	50	0.60004536	2.56572700	0.31000000
SLV	475	1.87364167	2.47686135	0.41371145
SLC	975	2.59244591	2.43248897	0.42371145

Tab. 3 - Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i Periodi di ritorno T_R associati a ciascun Stato Limite

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.

Popolazione residente (Istat 2017)	4.400
Densità per Km² (Istat 2017)	151,5
Zona sismica (D.C.R. n.731/2003)	1

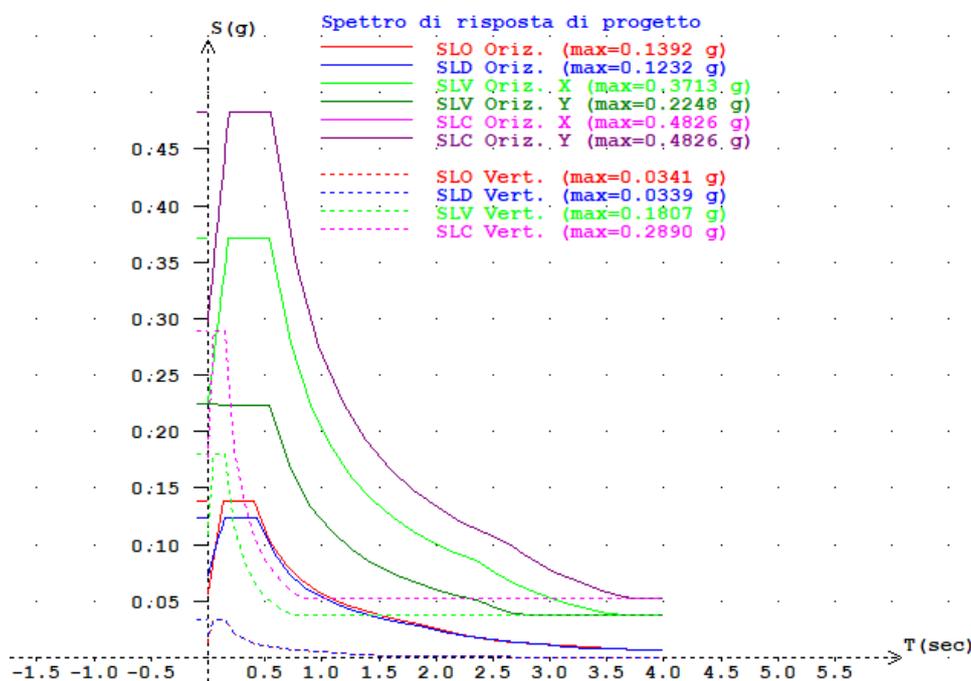


Fig. 8 - Spettri di risposta sismica di progetto - Impianto Agrivoltaico Rapolla

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

9. Conclusioni

La società proponente **ATON 36 S.r.l.**, con sede in Via Ezio Maccani, 54 - 38121 Trento - Pec: aton36.srl@pec.it, C.F e P.IVA 02729140224, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una Relazione Geologica relativa al progetto di installazione di n.2 impianti agrivoltaici denominati "Rapolla" e "Venosa", nella Provincia di Potenza, della potenza complessiva di picco pari a 29.353,68 kWp, da realizzarsi in agro di Rapolla e Venosa (PZ) con moduli fotovoltaici bifacciali della potenza nominale di 590 Wp ciascuno.

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.5 profili sismici a rifrazione con ricostruzione tomografica;
 - o n.3 profili sismici con metodologia MASW per caratterizzazione sismica con individuazione delle Vs,eq.

Lo studio ha evidenziato che:

- la successione stratigrafica dei terreni in sito può essere ricostruita nel seguente modo:

0,00 m ÷ 1,55 m	terreno vegetale e/o parte superiore dei depositi fluvio-lacustri;
1,55 m ÷ prof. non indagata	depositi sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati (tufiti).
- lo studio idrogeologico eseguito, non ha evidenziato la presenza di una falda freatica. Ciononostante, non si esclude la possibilità di una presenza di modeste falde superficiali sospese, anche a carattere stagionale, in stretta connessione con il regime pluviometrico;
- 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 sottosuolo:

- categoria B (per i terreni indagati con le indagini MASW1 e MASW3) così definita:
"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 (per i terreni indagati con l'indagine MASW2) così definita:
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;

- secondo la "Deliberazione della Giunta Regionale" n° 2000 del 4 novembre 2003, i comuni di Venosa e Rapolla risultano inseriti rispettivamente in Zona Sismica 2 e 1.

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, gennaio 2024

dott. geol. Francesco Caldarone



ALLEGATI

Proponente:

ATON 36 S.R.L.

Sede legale: Via Ezio Maccani, 54 - 38121 Trento (TN)

C.F e P.IVA: 02729140224 PEC: aton36.srl@pec.it

ATON 36

Consulenza:

BELL FIX PLUS S.R.L.

Sede operativa: Via T. Normanno, 13 - 72023 Mesagne (BR)

C.F e P.IVA: 02534000746 mail: info@bellfixplus.it



COMUNE DI RAPOLLA COMUNE DI VENOSA (PROV. DI POTENZA)

COMMITTENTE: Dott. Geol. Francesco Caldarone

INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PRESSO
UN'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO DI
REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO
AGRIVOLTAICO

Ruffano, Gennaio 2024

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



nbINDICE

<i>INDICE</i>	1
<i>PREMESSA</i>	2
<i>INDAGINE GEOGNOSTICA</i>	3
<i>Profili sismici a rifrazione</i>	4
<i>Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)</i>	16

PREMESSA

Nel mese di Gennaio 2024, la Società Geoprove S.r.l. di Ruffano, eseguiva delle indagini allo scopo di ricostruire il modello geologico-stratigrafico e di caratterizzare meccanicamente e sismicamente un'area interessata dal progetto di un impianto fotovoltaico situato in diversi agri nei pressi della S.P. 168 a nord-ovest del Comune di Venosa (PZ) e a est del Comune di Rapolla (PZ).

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.5 profili sismici a rifrazione (i profili nn.1, 2, 3, 4 e 5);
- n.3 profili sismici con metodologia MASW (sulle stesse stese nn.1, 3 e 5).

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.5 profili sismici a rifrazione;
- n.3 profili sismici con metodologia MASW.

Profili sismici 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 sono stati eseguiti adottando una distanza tra i geofoni di 3 metri; in totale sono stati eseguiti 5 profili così come riportati nella planimetria seguente.

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.

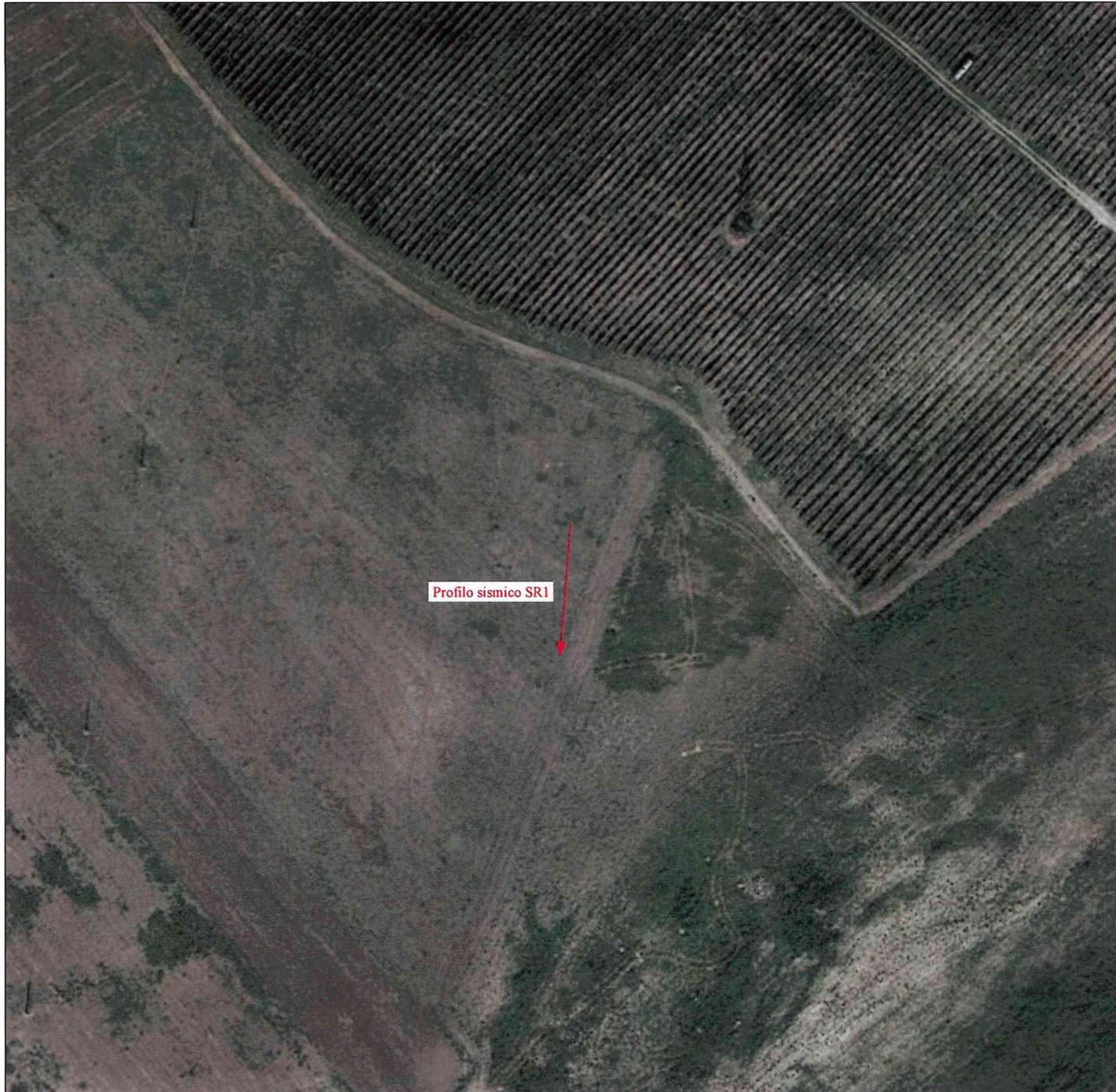
Per quanto riguarda l'interpretazione dei dati di campagna, essa è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Profilo sismico SR 1

Il profilo sismico a rifrazione 1 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di 1.0 – 1.5 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 500 m/sec è riconducibile a terreno di copertura; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1150 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad una litologia caratterizzata da sabbie concrezionate.



Esecuzione profilo sismico a rifrazione 1 e Masw n.1 sullo stesso stendimento



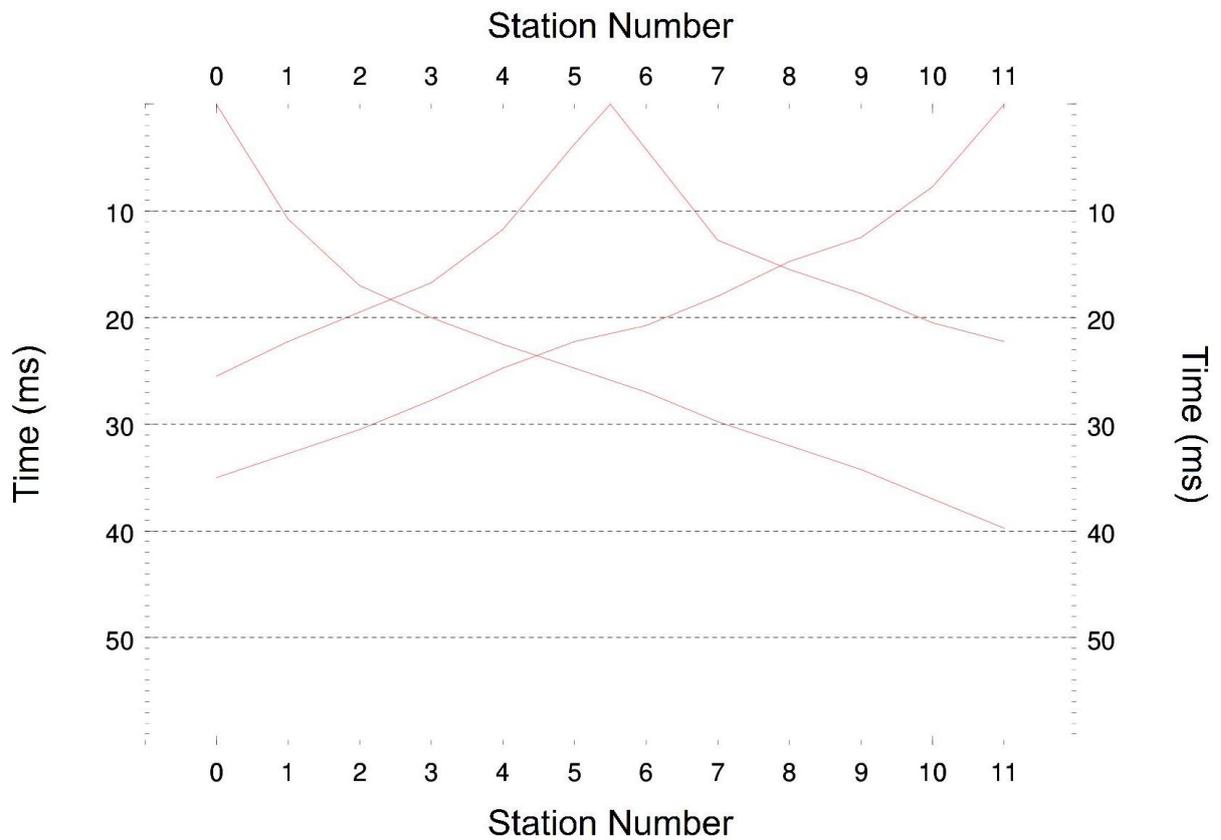
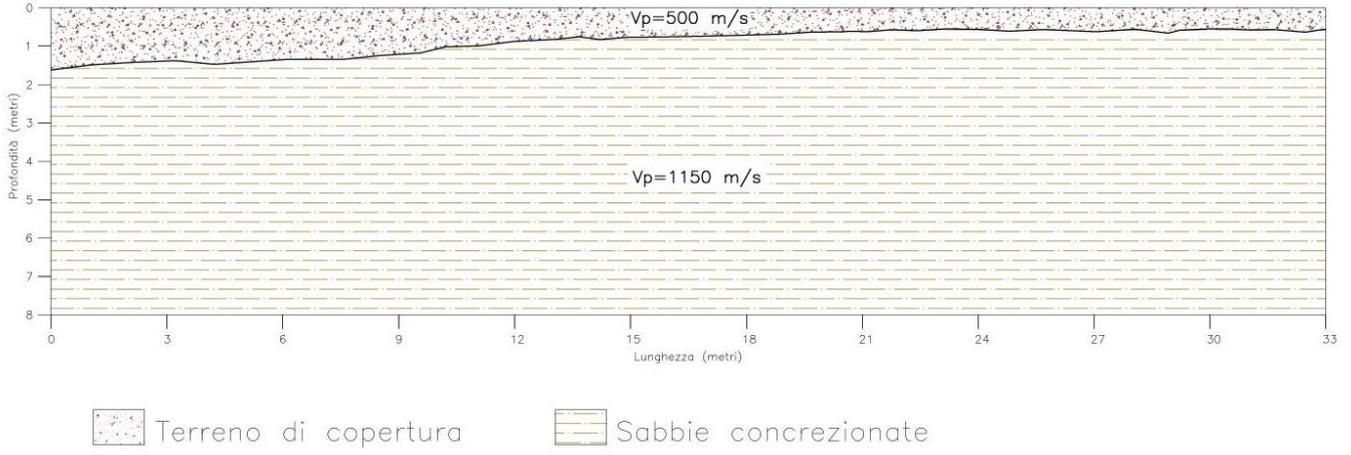
UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



-  Profilo sismico a rifrazione
-  Area indagata



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 1
 LOCALITA': VENOSA(PZ) – RAPOLLA(PZ)



Profilo sismico SR 2

Il profilo sismico a rifrazione 2 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di 1.5 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 500 m/sec è riconducibile a terreno di copertura; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1200 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad una litologia caratterizzata da sabbie concrezionate.



Esecuzione profilo sismico a rifrazione 2



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



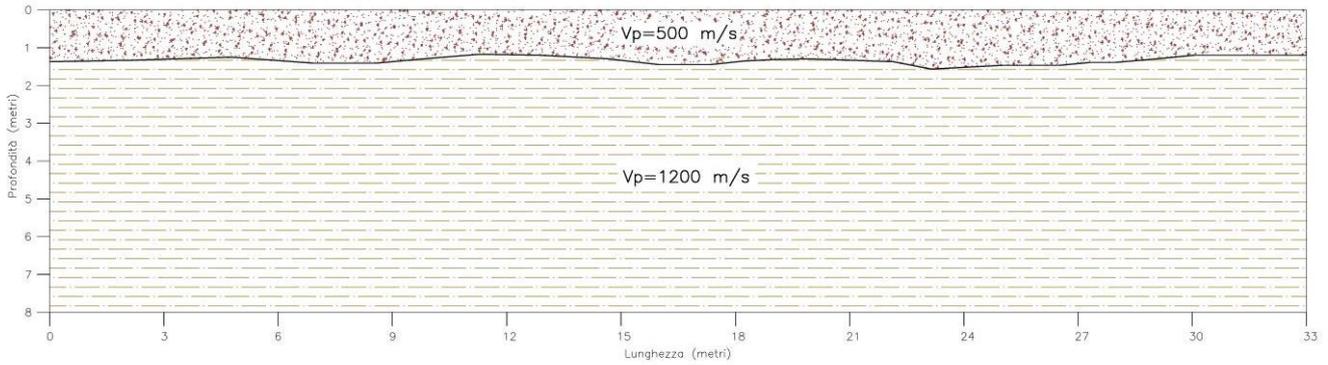
 Profilo sismico a rifrazione

 Area indagata

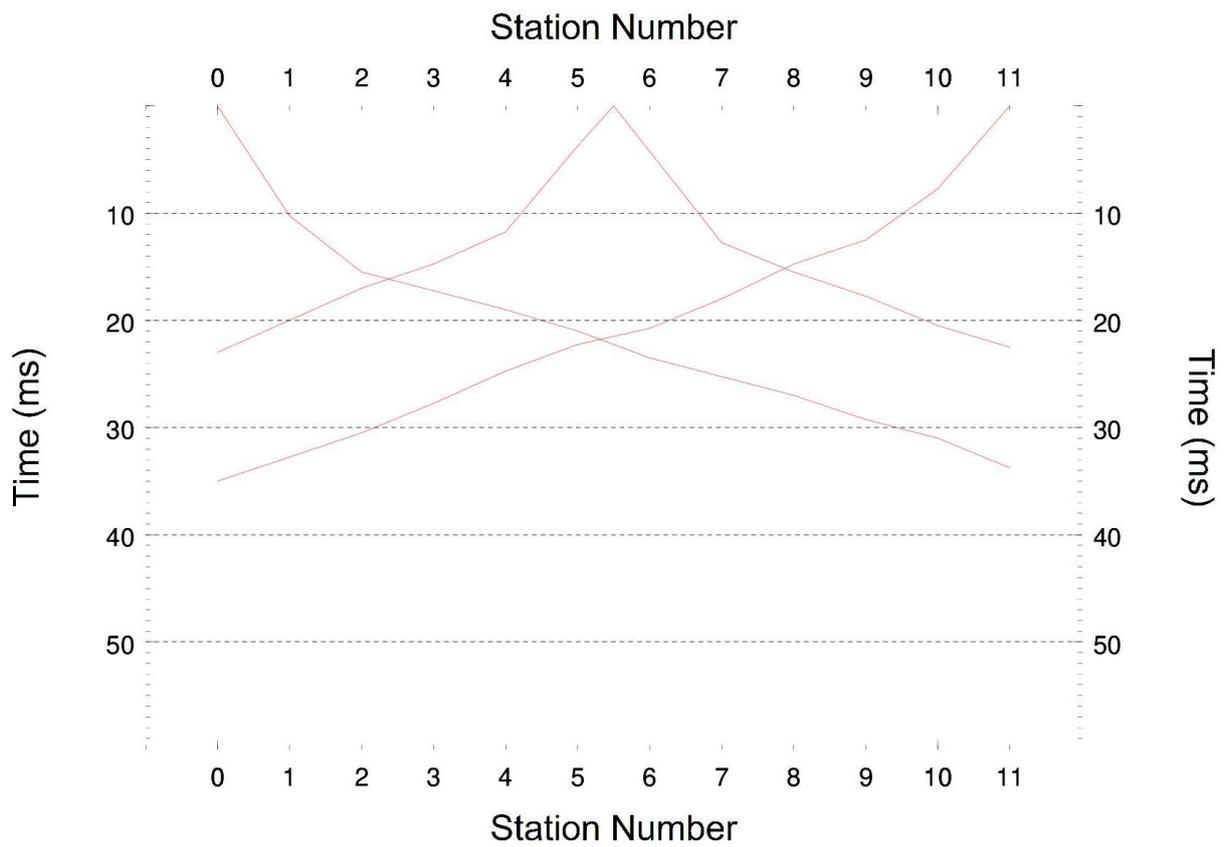


SCALA 1:1000

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 2
 LOCALITA': VENOSA(PZ) – RAPOLLA(PZ)



Terreno di copertura
 Sabbie concrezionate



Profilo sismico SR 3

Il profilo sismico a rifrazione 3 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di 2.0 metri si rinviene il primo sismostrato che è caratterizzato da una velocità V_p di 450 m/sec e riconducibile a terreno di copertura; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1000 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad una litologia caratterizzata da sabbie con inclusioni ghiaiose.



Esecuzione profilo sismico a rifrazione 3 e Masw n.2 sullo stesso stendimento

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



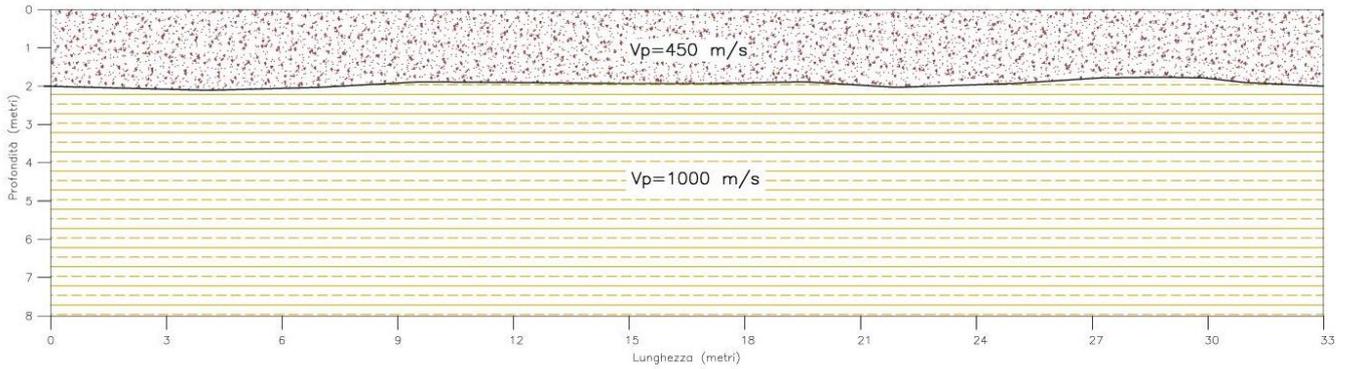
 Profilò sismico a rifrazione

 Area indagata



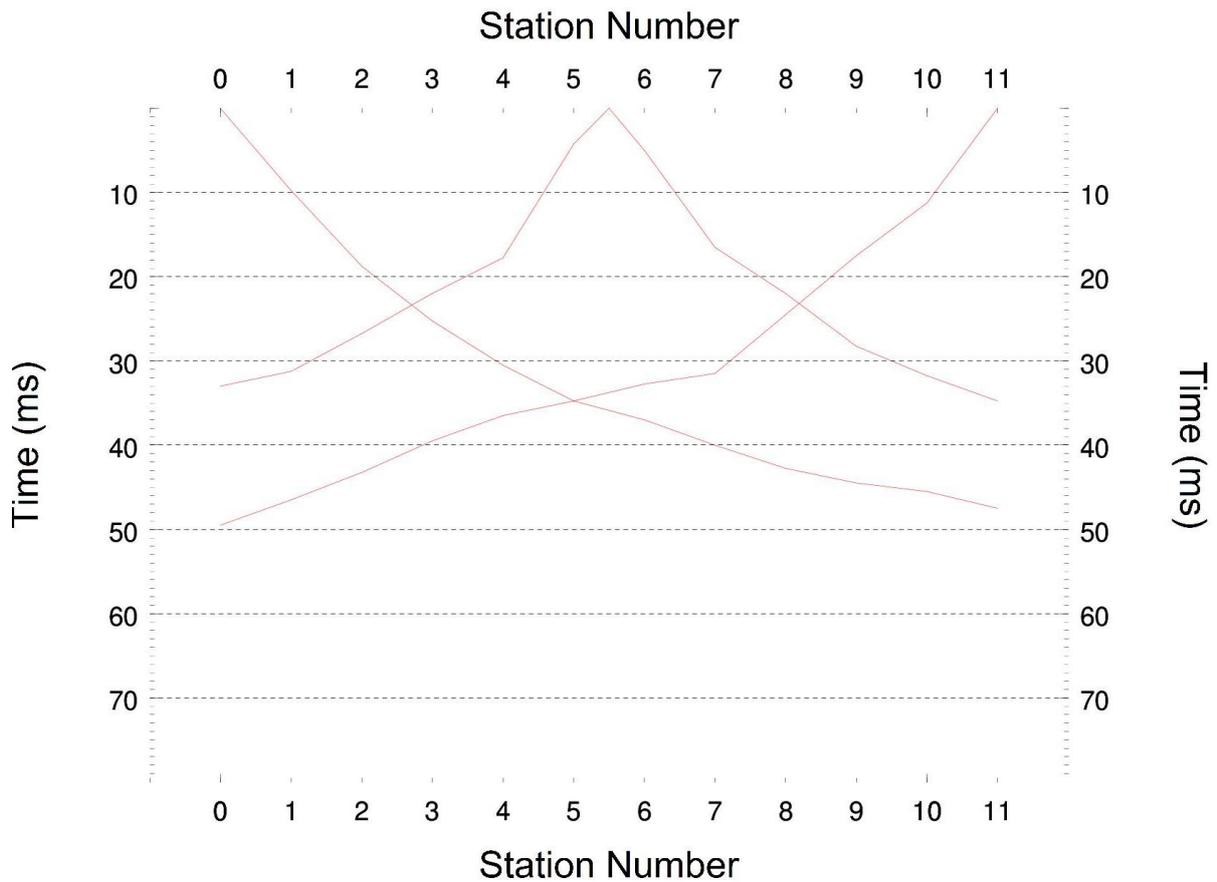
SCALA 1:1000

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 3
 LOCALITA': VENOSA(PZ) – RAPOLLA(PZ)



 Terreno di copertura

 Sabbie con inclusioni ghiaiose



Profilo sismico SR 4

Il profilo sismico a rifrazione 4 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di 1.5 – 2.0 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 450 m/sec è riconducibile a terreno di copertura; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 950 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad una litologia caratterizzata da sabbie con inclusioni ghiaiose.



Esecuzione profilo sismico a rifrazione 4

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



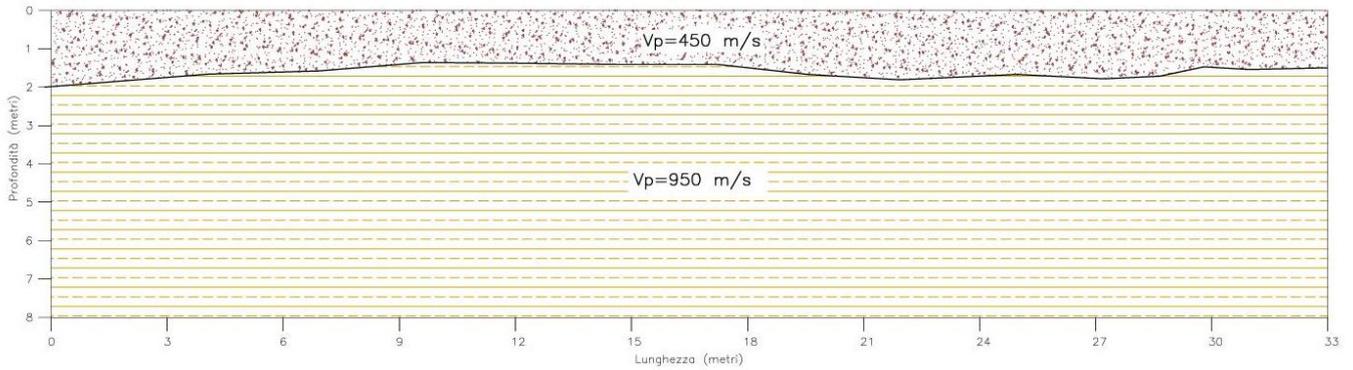
 Profilò sismico a rifrazione

 Area indagata

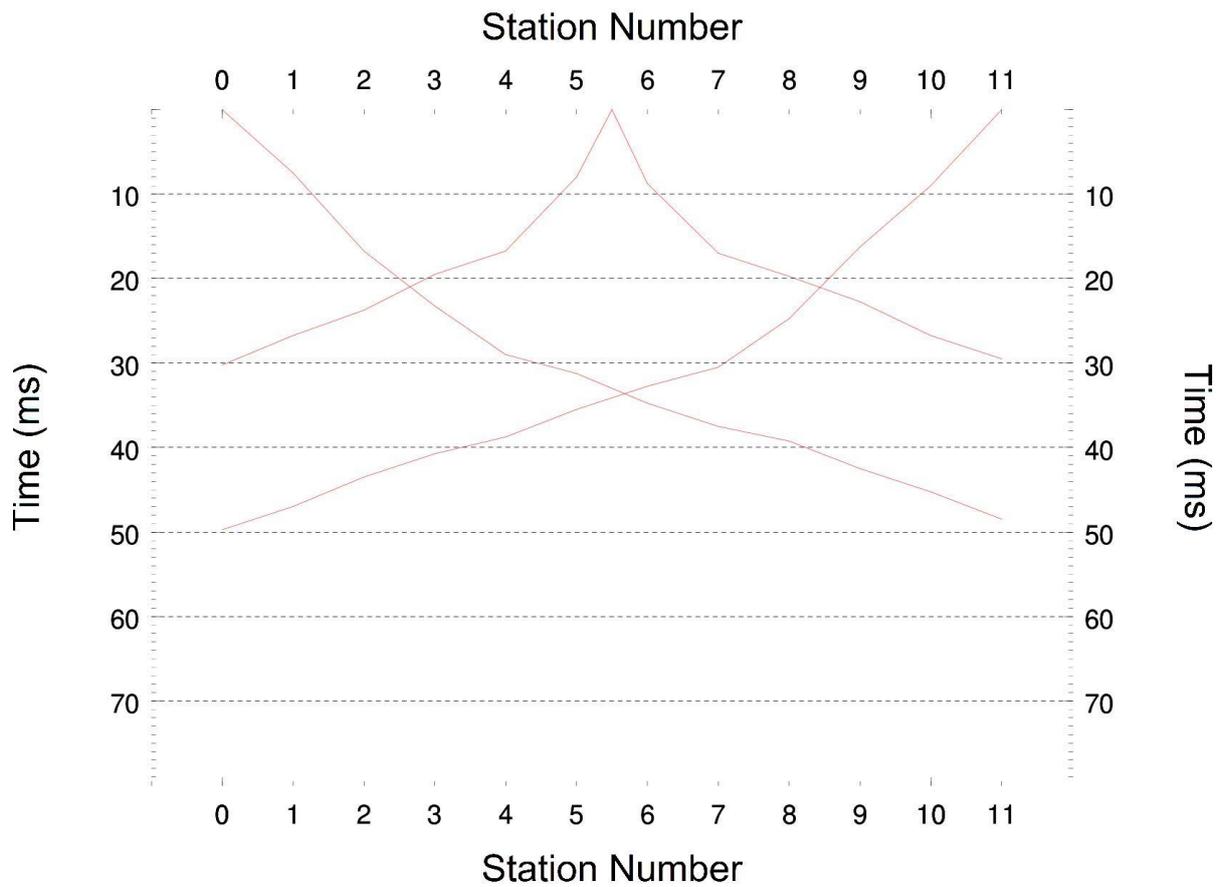


SCALA 1:1000

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 4
 LOCALITA': VENOSA(PZ) – RAPOLLA(PZ)



Terreno di copertura
 Sabbie con inclusioni ghiaiose



Profilo sismico SR 5

Il profilo sismico a rifrazione 5 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di 1.0 – 1.5 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 450 m/sec è riconducibile a terreno di copertura; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 1200 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad una litologia caratterizzata da sabbie concrezionate.



Esecuzione profilo sismico a rifrazione 5 e Masw 3 sullo stesso stendimento

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE



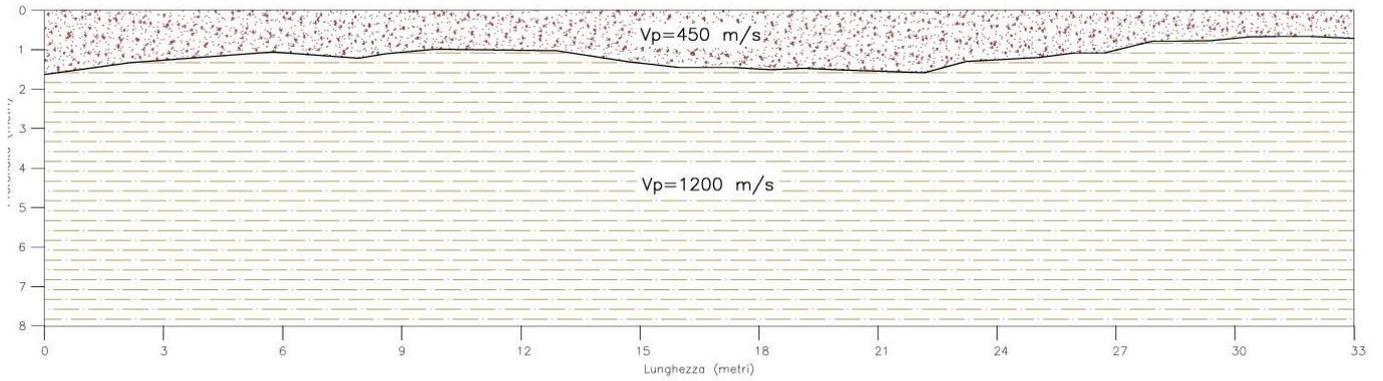
 Profilò sismico a rifrazione

 Area indagata



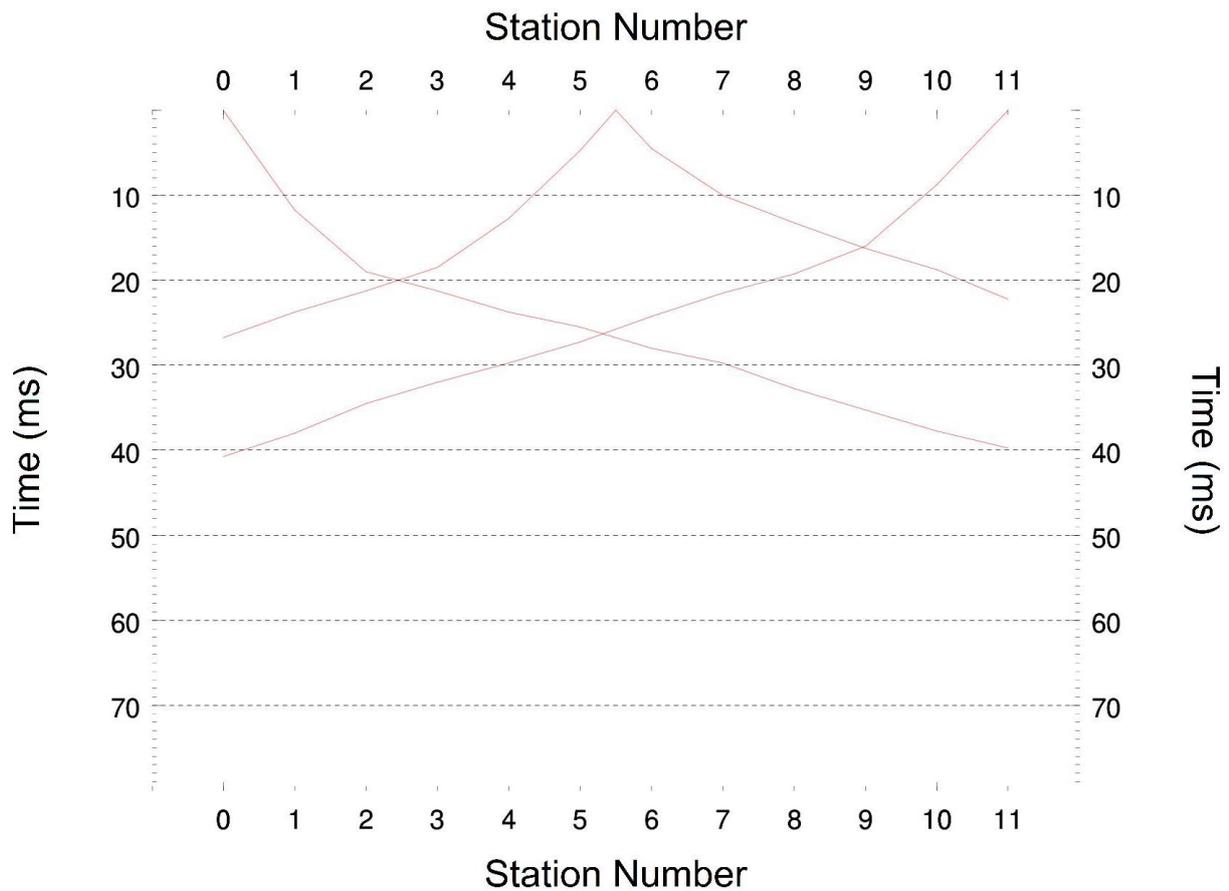
SCALA 1:1000

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 5
 LOCALITA': VENOSA(PZ) – RAPOLLA(PZ)



Terreno di copertura

 Sabbie concrezionate



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

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ϕ (°)	C (kg/cmq)	γ (gr/cmc)	E Din. (Kg/cmq)	η
1	400-500	-	-	-	-	-	-
2	950-1100	260	30	0.12	1.82	2725	0.42
3	1150-1200	320	31	0.05	1.93	3400	0.48

V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C = coesione efficace;
 γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di poisson

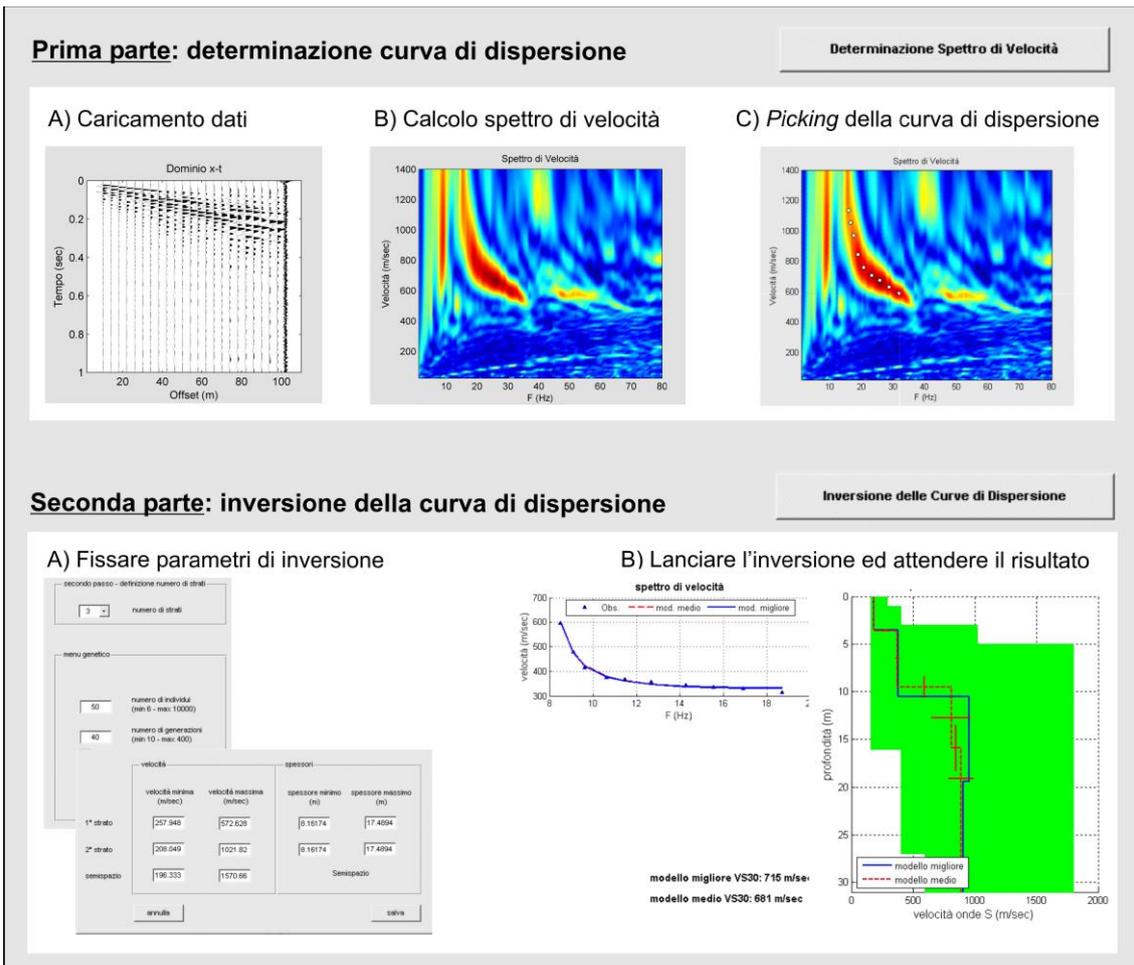
Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

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:

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

UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW



Profilo MASW 1



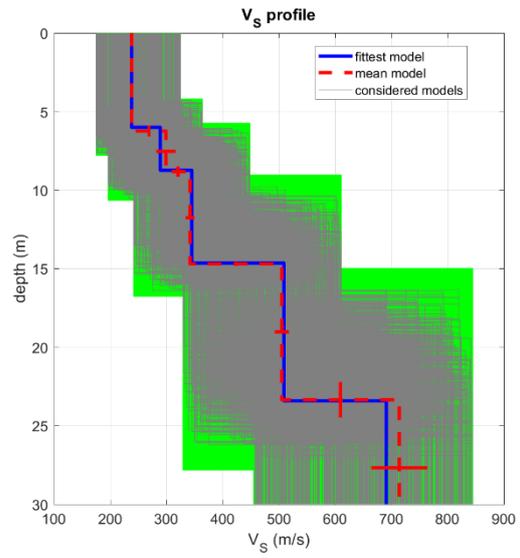
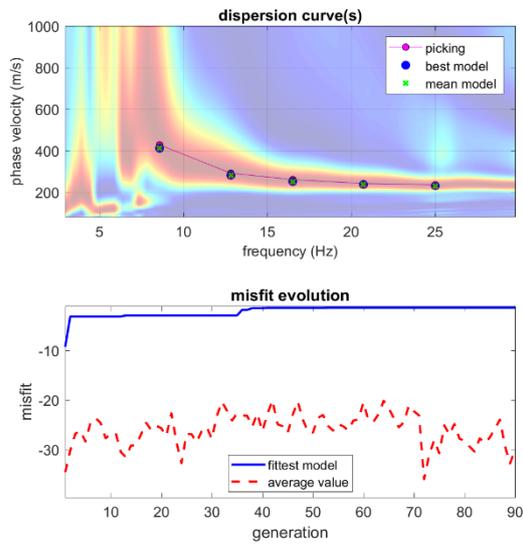
 Profilo sismico MASW

 Area indagata



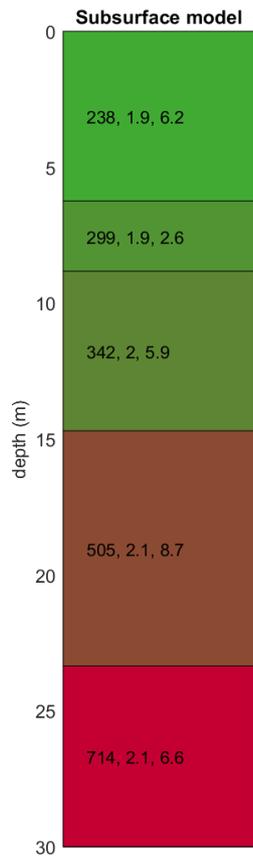
SCALA 1:1000

Profilo sismico Masw 1



dataset: 2454.dat
 dispersion curve: P.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 382 382 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 382 382 m/s

www.winmasw.com



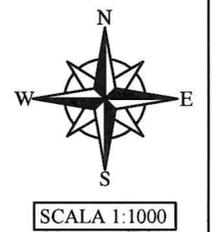
V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)



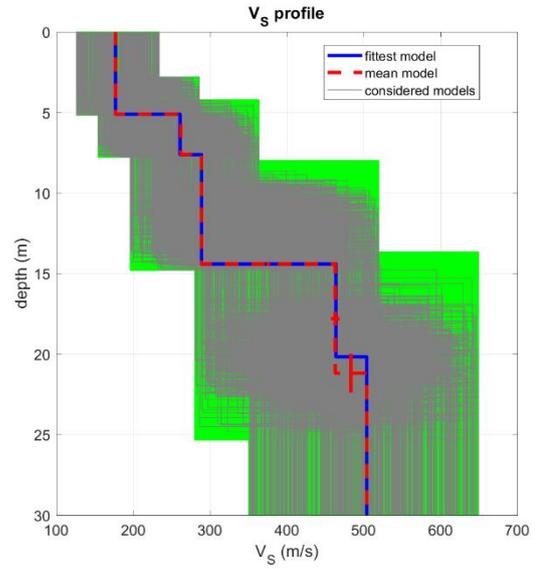
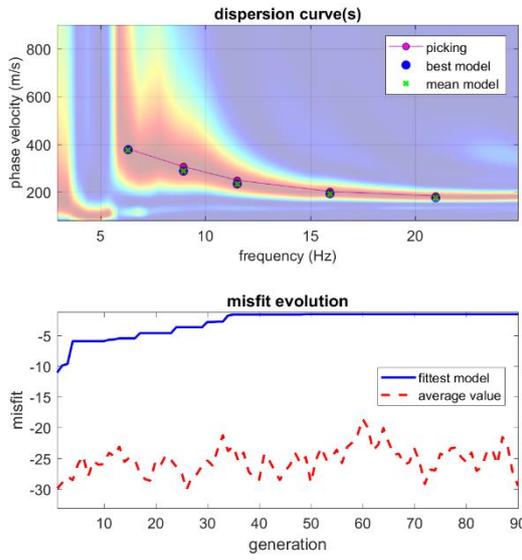
UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW



-  Profilo sismico MASW
-  Area indagata

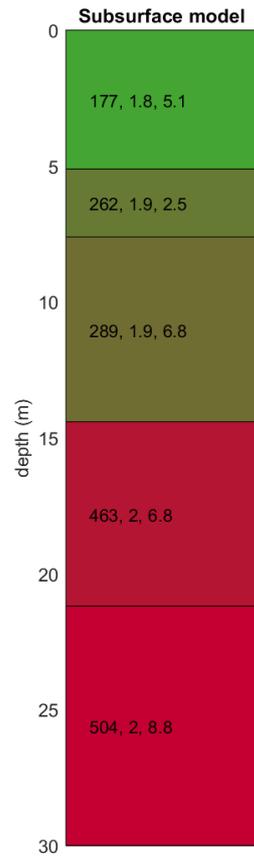


Profilo sismico Masw 2



www.winmasw.com

dataset: 2444.dat
 dispersion curve: p.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 319 319 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 319 319 m/s



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)



UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW

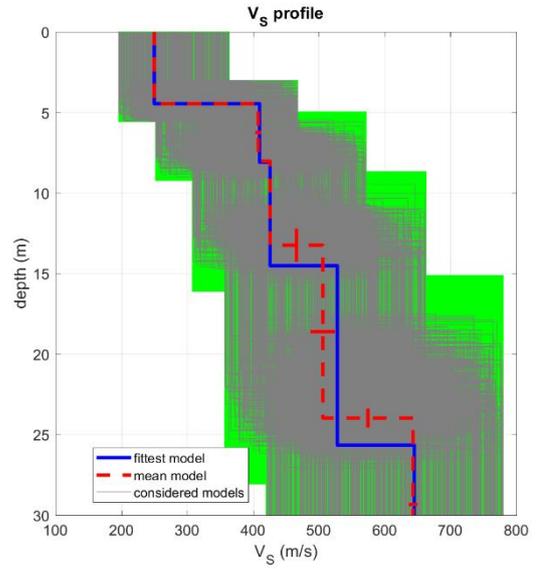
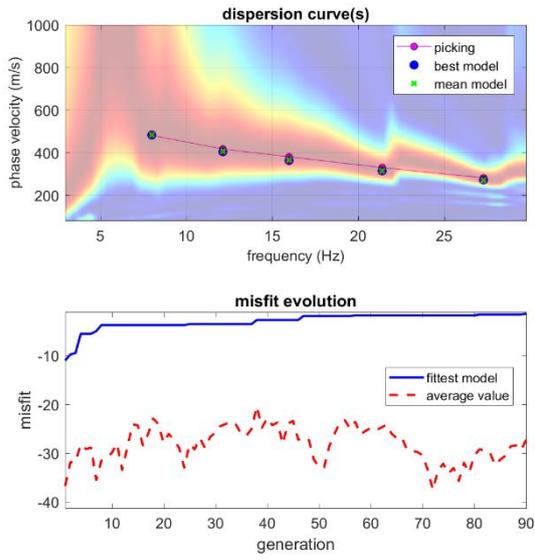


-  Profilo sismico MASW
-  Area indagata



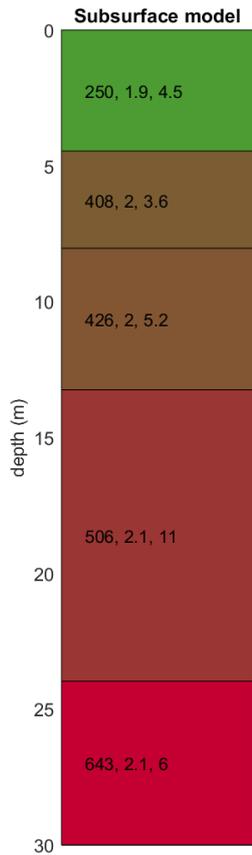
SCALA 1:1000

Profilo sismico Masw 3



dataset: 2426.dat
 dispersion curve: P.cdp
 Vs30 & VsE (best model): 431 431 m/s
 Vs30 & VsE (mean model): 432 432 m/s

www.wlrmasw.com



V_s density thickness
 (m/s) (gr/cm³) (m)

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.

Alla luce di quanto detto, avendo ottenuto un valore di V_{seq} di:

Masw 1 = 382 m/sec

Masw 2 = 319 m/sec

Masw 3 = 431 m/sec

Il sottosuolo oggetto di studio rientra nella **categoria B** con valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s per i profili Masw 1 e 3, mentre rientra nella **categoria C** con valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s per il profilo Masw 2.

Ruffano, Gennaio 2024

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

