

Comuni di Latina e Cisterna di Latina,
Provincia di Latina, Regione Lazio

ELLOMAY SOLAR ITALY FIVE S.R.L

Via Sebastian Altmann 9, BOLZANO (BZ), 39100

PEC: ellomaysolaritalyfive@legalmail.it

Impianto Agrosolare ELLO 5 PPR EXTENSION EL5AS19_31 - RELAZIONE GEOLOGICA

IL TECNICO	IL PROPONENTE
<p data-bbox="86 1077 199 1104">GEOLOGO</p> <p data-bbox="86 1151 384 1240">Dott. Geologo Francesco Caldarone geol.caldarone@gmail.com</p> 	<p data-bbox="999 1117 1396 1323">ELLOMAY SOLAR ITALY FIVE S.R.L Sede legale: Via Sebastian Altmann 9, BOLZANO (BZ), 39100 PEC: ellomaysolaritalyfive@legalmail.it Numero REA BZ-229537 P.IVA 03069280216</p>
RESPONSABILE TECNICO BELL FIX PLUS SRL	
<p data-bbox="86 1733 336 1830">Ingegnere Cosimo Totaro elettrico@bellfixplus.it</p> 	

GIUGNO 2022

Indice

1. Premessa.....	2
2. Collocazione geografica dell'area	3
3. Inquadramento geologico-strutturale e geomorfologico.....	8
4. Inquadramento geologico.....	9
4.1 Tufo litoide (tl).....	9
4.2 "Duna antica" (qd)	12
4.3 Zona superficiale alterata (a1)	12
4.4 Terreni alluvionali umiferi (a2).....	12
4.5 Terreni palustri (a).....	12
4.6 Discariche dell'escavazione (d).....	12
5. Inquadramento idrogeologico.....	13
6. Indagini eseguite.....	17
6.1 Profilo sismico a rifrazione	17
6.2 Profilo sismico con metodologia MASW.	18
7. Geolitologia e idrogeologia dell'area interessata dall'impianto fotovoltaico	21
7.1 Geolitologia e caratteristiche tecniche dei terreni	21
7.2 Permeabilità dei terreni	25
8. Caratterizzazione sismica: individuazione della categoria di suolo a mezzo indagine sismica con la metodologia MASW.....	26
8.1 Classificazione sismica.....	26
8.2 Indagine sismica con metodologia MASW	31
8.3 Categoria del suolo di fondazione	32
9. Conclusioni.....	38

Allegati

- RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITO.

1. Premessa

Il Sig. FRIDRICH RAN PINHAS, nato a Tel Aviv (Israele) il 15/04/1953, codice fiscale FRDRPN53D15Z226Y, residente in Via Zalman Shazar, 51 nel Comune di Ramat Gan (Israele), in qualità di legale rappresentante della società proponente **ELLOMAY SOLAR ITALY FIVE S.r.l.**, con sede legale in Via Sebastian Altmann 9, 39100, BOLZANO (BZ), Numero REA BZ-229537, P.I. 03069280216 - PEC: ellomaysolaritalyfive@legalmail.it, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una relazione geologica relativa al progetto di installazione di un **IMPIANTO "AGROSOLARE" DENOMINATO "ELLO 5 PPR EXTENSION"**, della potenza pari a 19.016,64 kWp.

La Società Proponente intende realizzare tale impianto "agrosolare", ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario.

La vendita dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico sarà regolata da criteri di "market parity", ossia avrà gli stessi costi, se non più bassi, dell'energia prodotta dalle fonti tradizionali (petrolio, gas, carbone).

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 freatica. 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 (indagini sismiche 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 sorgerà in agro di Castelverde (frazione di Cisterna di Latina) e di Latina, a ca. 6,5 km W-NW dal comune di Latina.

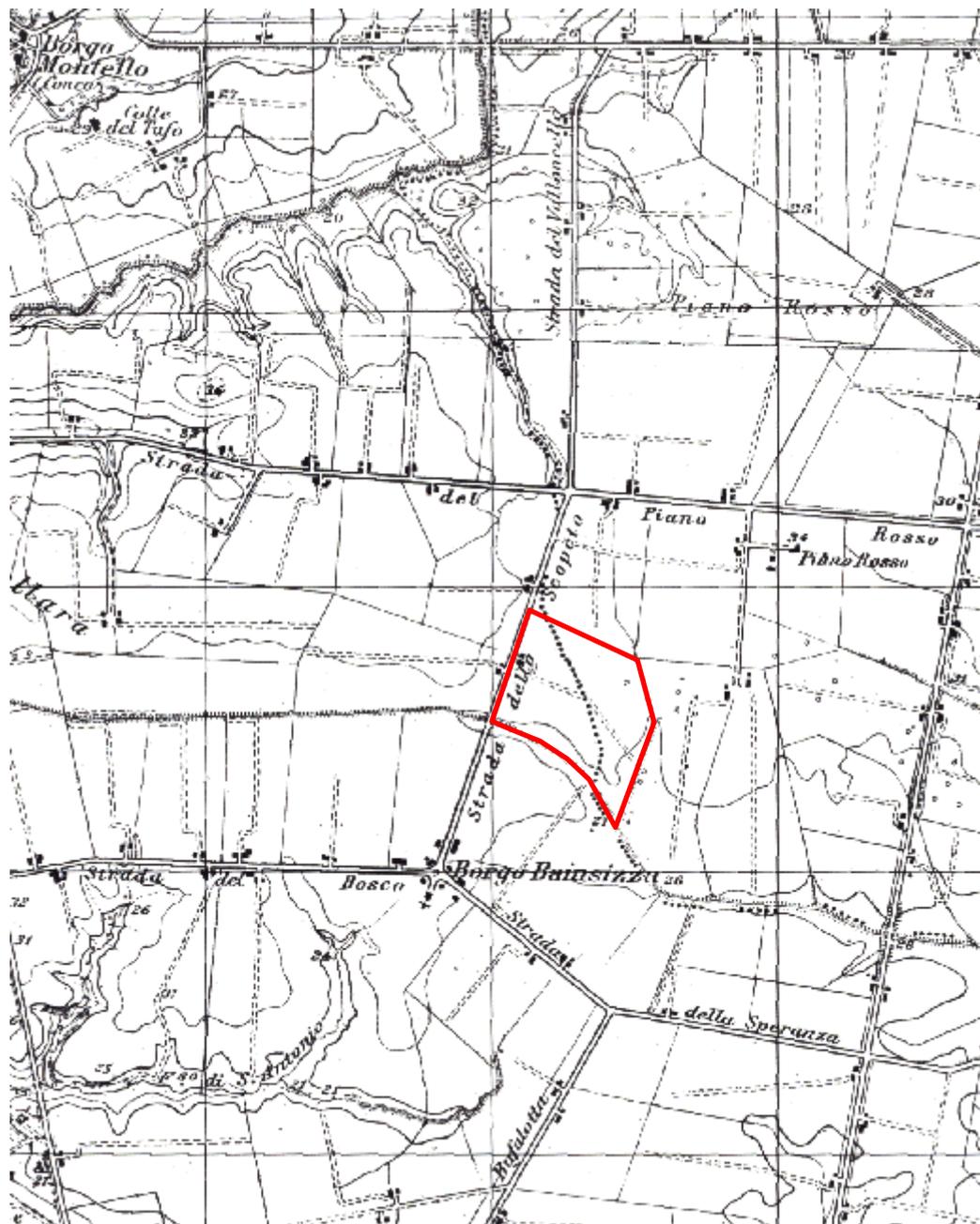
Il sito è individuato alle coordinate geografiche: Latitudine Nord: 41° 29' 23.534"; Longitudine Est: 12° 47' 45.542" a quote altimetriche comprese tra 27 e 32 m s.l.m.

L'estensione superficiale totale del sito (area recinzione) risulta pari a ca. 18,40 ha. L'impianto occuperà un'area pari a 10,20 ha; sarà realizzato su terreni identificati catastalmente nel NCT Latina/B al foglio 24, p.lle 8, 444 e 445.

L'area di intervento ricade sul foglio 158 "Borgo Sabotino" - Tav. II NO della Carta d'Italia I.G.M. scala 1:25.000.

FIG. 1 - COROGRAFIA

Estratto del foglio 158 - Tav. "Borgo Sabotino" - Carta d'Italia I.G.M. - scala 1:25.000



UBICAZIONE DELL'IMPIANTO "ELLO 5 PPR EXTENSION"

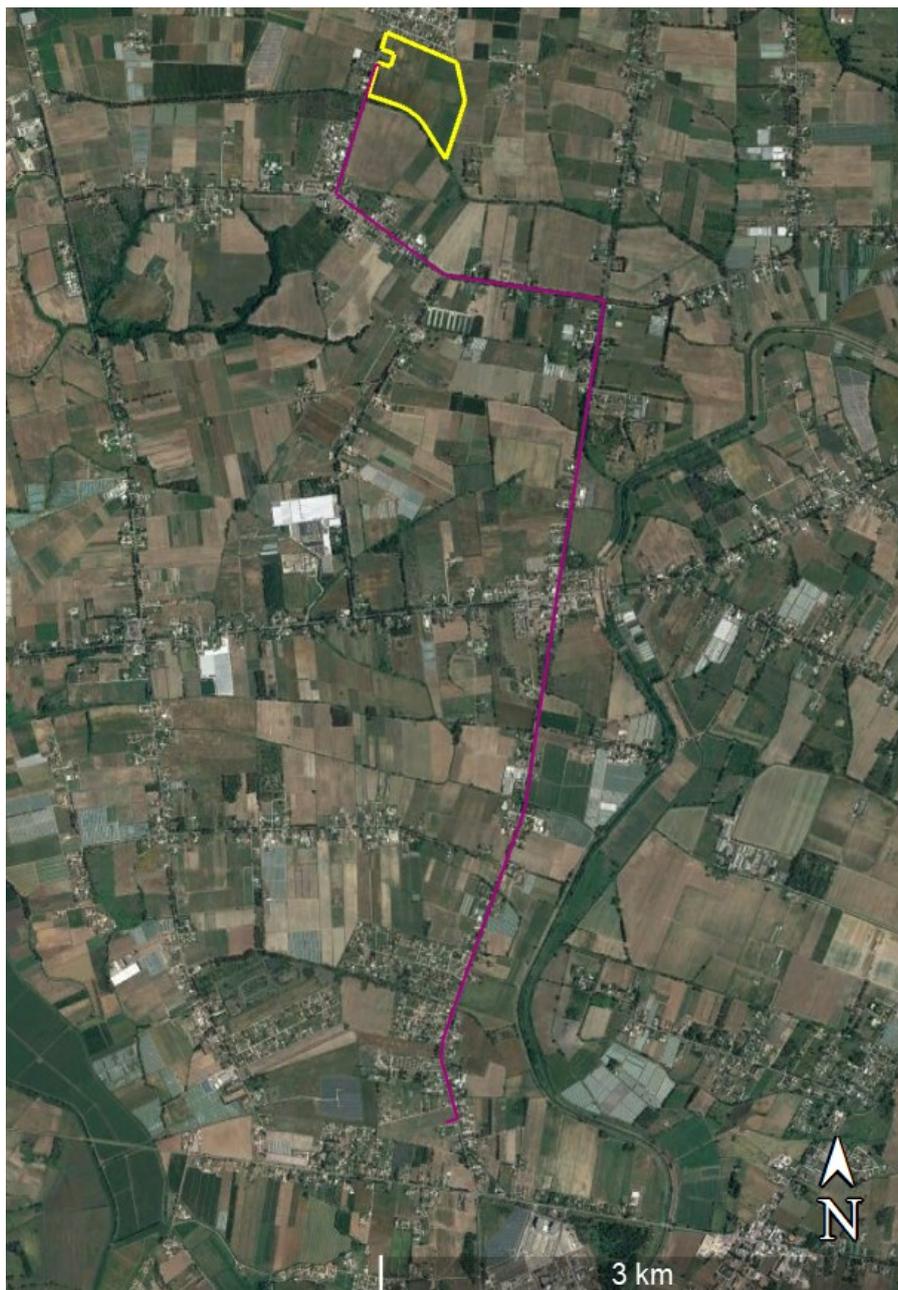


Fig. 2 - Ortofoto dell'area oggetto d'intervento e del tracciato del cavidotto fino alla SEU Utente condivisa

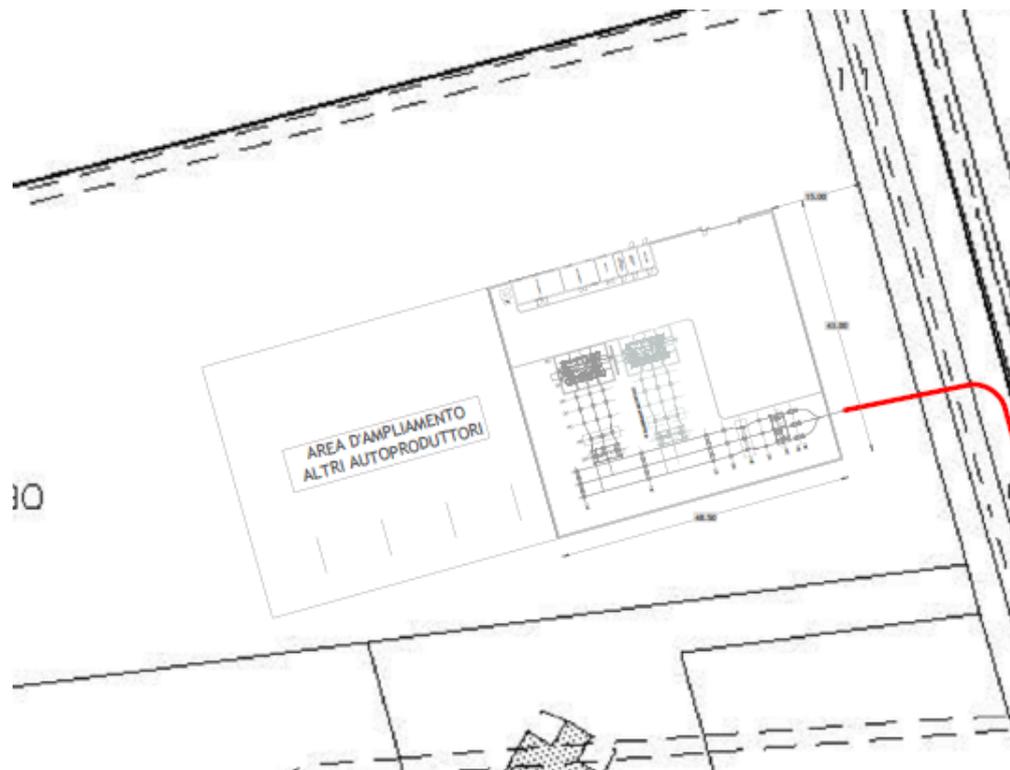


Fig. 3 - Area SEU Utente condivisa (Foglio 45, p.IIa 290)

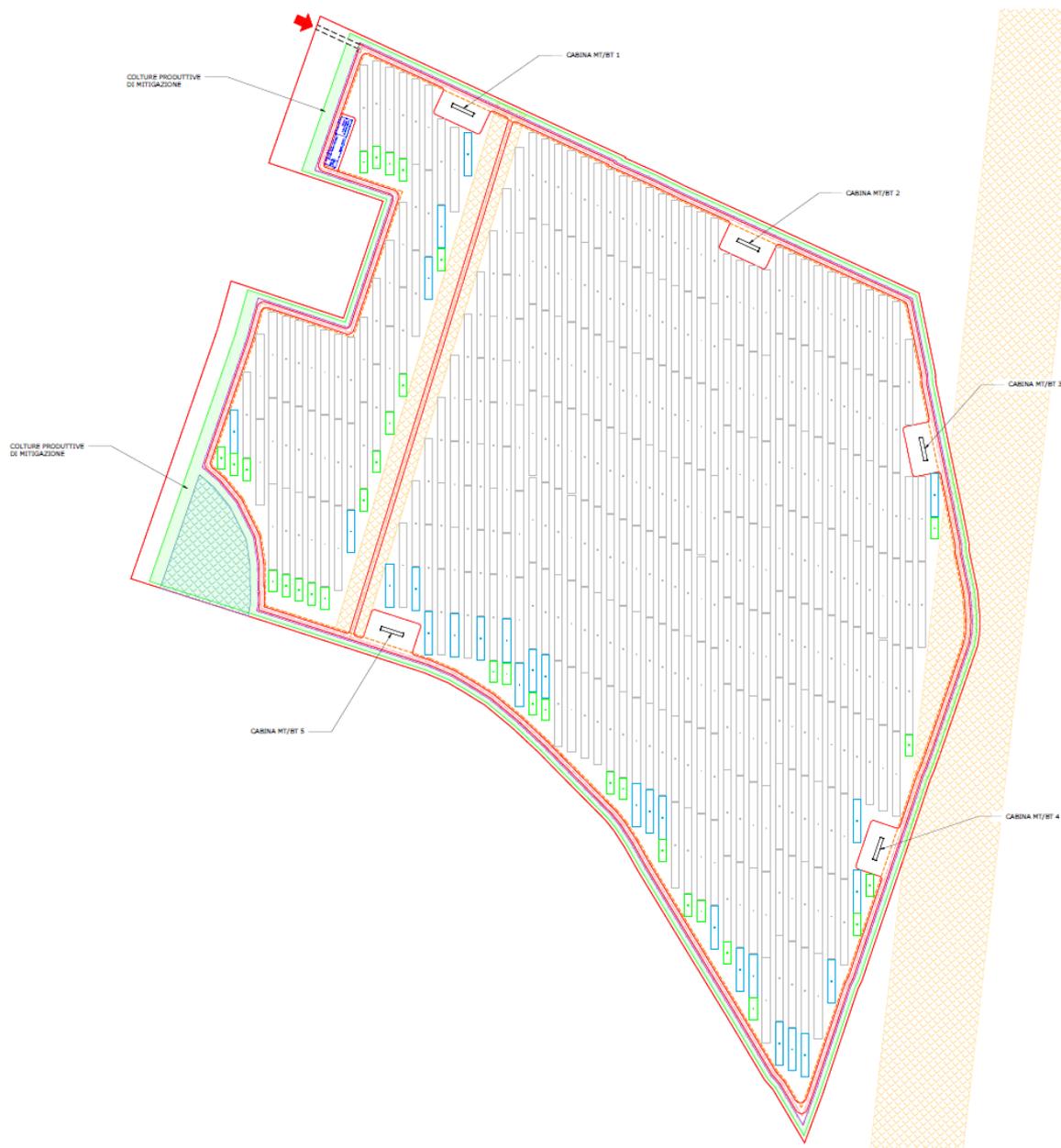


Fig. 4 - Layout di impianto

3. Inquadramento geologico-strutturale e geomorfologico

La Pianura Pontina costituisce la porzione meridionale di un'estesa area subsidente che a partire dal Pliocene si creò tra la catena appenninica e la costa (piana costiera). Essa difatti, posta al margine del Mar Tirreno, risulta delimitata a nord dai Colli Albani e ad est dalla catena dei monti Ausoni e Lepini.

Par quanto attiene gli aspetti strutturali, dal Pliocene al Pleistocene un sistema di faglie dirette ad andamento prevalentemente NW-SE e subordinatamente SE-NW ha interessato il margine tirrenico della catena appenninica, in adiacenza all'area attualmente occupata dalla Pianura Pontina, ha determinato la formazione di un profondo graben, colmato da sedimenti marini, fluvio-palustri e subordinatamente piroclastici.

Sondaggi profondi eseguiti nel territorio racchiuso tra i rilievi carbonatici e la Via Appia (Manfredini, 1990) evidenziano, a partire dall'alto: una formazione superiore di ambiente palustre o lacustre, per uno spessore massimo di circa 100 m, costituita da alternanze di argille torbose, sabbie, travertini e rari orizzonti conglomeratici; una formazione inferiore costituita prevalentemente da sabbie limose di ambiente marino, ricche di macrofossili, per uno spessore massimo di 200 m e attribuibili genericamente al Pleistocene.

Al di sotto di questi terreni sono presenti i termini ribassati delle successioni giurassico-cretaciche di altofondo carbonatico che costituiscono le dorsali dei Monti Lepini ed Ausoni.

Spostandosi verso il mare, nel settore indicativamente individuabile a SW della Via Appia, al di sotto dei depositi di duna antica che giungono fino al mare, i sondaggi profondi (Sondaggi Sabaudia, Pontinia e S. Donato, riportati in Conforto et. Alii, 1962 e in Camponeschi e Nolasco, 1983) e le indagini geofisiche effettuate dai diversi autori, non individuano, sino ad oltre 1000 m di profondità i termini calcarei giurassico-cretacici.

Da un punto di vista morfologico, si passa da un assetto tabulare della Piana costiera (il cui andamento è interrotto unicamente dalle ondulazioni degli antichi depositi dunali), ai rilievi collinari, alle forme vallive ed alle propaggini dei Colli Albani, ai ripidi versanti calcarei.

la configurazione attuale del paesaggio della Pianura Pontina è il risultato, principalmente, dell'attività antropica di regimazione e controllo delle acque superficiali. Dal punto di vista morfologico s.s., infatti, il territorio in esame presenta pochi elementi geomorfologici "naturali" mostrando, al contrario, significativi rapporti con elementi antropici. Le culminazioni morfologiche presenti, sono determinate unicamente dalla presenza dell'antico cordone dunale, che può innalzarsi anche di alcune decine di metri dal piano campagna lungo assi allungati in direzione all'incirca NW - SE.

Il sito oggetto del presente studio risulta posto in un'area sub-pianeggiante, con quote altimetriche comprese tra 27 e 32 m s.l.m.

4. Inquadramento geologico

Per le ragioni precedentemente esposte, la Pianura Pontina occupa la fascia costiera fino al Mar Tirreno con una larghezza di 20 km ca., una lunghezza di 50 km ca., in direzione NW-SE. Dal punto di vista geologico nella pianura affiorano depositi pliocenici e quaternari che, dai rilievi, si estendono fino all'attuale linea di costa e vanno ad occludere le strutture che costituiscono il substrato.

Pertanto, la successione sedimentaria, a partire da un ambiente deposizionale di tipo marino è passato ad un ambiente di transizione (costiero) e successivamente ad un sistema continentale di tipo fluvio-lacustre. Questa evoluzione si riflette in una grande variabilità verticale e laterale dei depositi, che sono fluviolacustri, piroclastici, eolici e costieri.

In dettaglio tali sedimenti possono essere raggruppati in alcune grandi classi in relazione alla loro composizione e modalità di deposizione:

- terreni torbosi di origine fluvio-lacustre (Olocene);
- argille marine e di transizione, sabbie e ghiaie continentali e marine (Pleistocene superiore);
- depositi sabbioso-limosi litorali e transizionali (Pleistocene medio);
- piroclastiti ed epivolcaniti (vulcanismo albano);
- argille azzurre con intercalazioni sabbiose (Pliocene - Pleistocene);
- depositi marini detritici (Pliocene).

In sintesi, le formazioni affioranti all'interno dell'area in esame, facendo riferimento alla "Carta Geologica d'Italia" Scala 1:100.000 - Foglio 158 "Latina", sono, a partire dal basso:

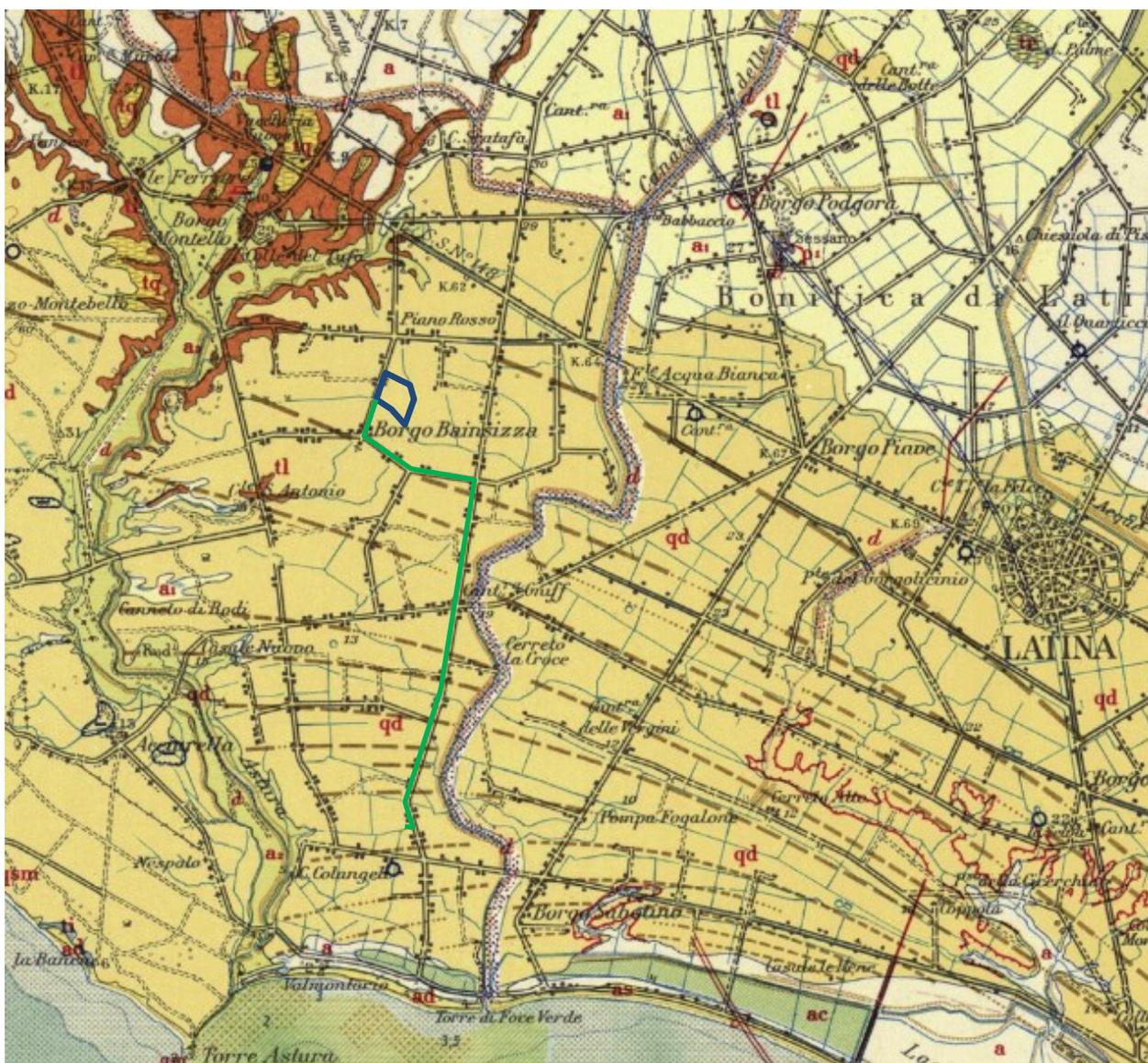
4.1 Tufo litoide (tl)

Denominato anche "tufo lionato", generalmente rosso fulvo, talora grigio, nero, verde alla base, con leucite e biotite. Facies da compatte e uniformi a brecciate fino a pozzolana tipica; facies vacuolare giallastra.

E' affiorante in piccoli lembi posti a nordovest del sito

La sua datazione è Pleistocene medio.

FIG. 5 - CARTA GEOLOGICA



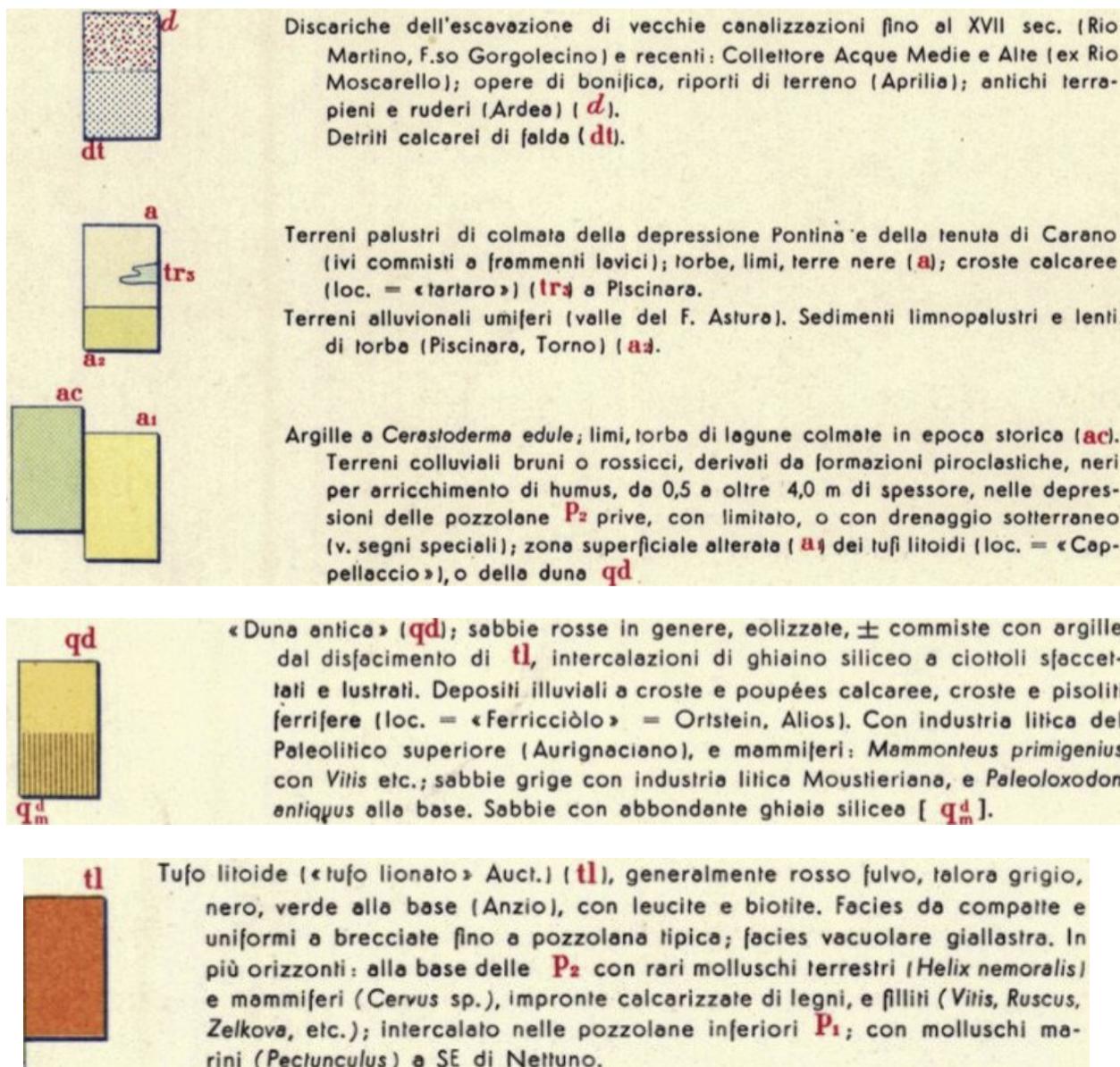
LEGENDA



UBICAZIONE DELL'IMPIANTO "ELLO 5 PPR EXTENSION"



CAVIDOTTO



4.2 “Duna antica” (qd)

Si tratta della formazione direttamente interessata dalle opere da realizzare. Si rinviene diffusamente lungo tutta la fascia costiera della Pianura Pontina.

E' costituita da sabbie rosse eolizzate, più o meno frammiste ad argille provenienti dal disfacimento del Tufo litoide (tl), con all'interno intercalazioni di ghiaio siliceo a ciottoli sfaccettati e lustrati. Depositi illuviali a croste e poupees calcaree, croste e pisoliti ferrifere. Anche sabbie grigie.

Da un punto di vista cronostratigrafico è imputabile al Pleistocene superiore.

4.3 Zona superficiale alterata (a1)

Depositi derivanti dal disfacimento dei “Tufi litoidi” (tl - Loc. “Cappellaccio”) oppure della “Duna antica” (qd). Si tratta di terreni colluviali bruni o rossicci, derivati da formazioni piroclastiche, neri per arricchimento di humus. Si rinviene più o meno estesamente nell'intorno di Borgo Podgora, a nord est del sito oggetto di studio.

Lo spessore raggiunto è al massimo di pochi metri.

La formazione è attribuibile all'Olocene.

4.4 Terreni alluvionali umiferi (a2)

Sedimenti limnopalustri e lenti di torba recenti (Olocene).

Si rinvengono ad ovest del sito lungo il fiume Astura.

4.5 Terreni palustri (a)

Terreni palustri recenti di colmata della depressione Pontina e della Tenuta di Carano. Si rinvengono a nord est del comune di Latina ed a nord e nord ovest del sito oggetto di studio.

4.6 Discariche dell'escavazione (d)

Si tratta di depositi derivanti dall'escavazione avvenuta fino al XVII sec. e recenti, opere di bonifica, riporti di terreno, antichi terrapieni e ruderi.

5. Inquadramento idrogeologico

Come anticipato, la Pianura Pontina è delimitata ad Est dai rilievi carbonatici dei Monti Lepini e la parte più settentrionale dei Monti Ausoni, a Nord dai rilievi vulcanici albanici ad Ovest e a Sud dal Mar Tirreno. La parte emersa della struttura lepina è interessata da un vistoso processo carsico ed ospita una falda imponente, la porzione ribassata sotto la Piana Pontina invece, è coperta da sedimenti plio-quadernari e contiene una ricca falda imprigionata, alimentata lateralmente dal sistema acquifero della dorsale lepina e dei colli albanici.

Il substrato della Pianura Pontina, costituito da rocce calcaree mesozoiche, unitamente ai depositi terrigeni sovrapposti (argille, sabbie, torbe), fungono da serbatoi d'acqua infiltratasi nei rilievi circostanti e sono certamente sede di circolazione idrotermale.

Si hanno così due differenti condizioni idrogeologiche:

- un acquifero carsico esteso nella struttura lepina, sia nella parte emersa che nella parte ribassata.
- un circuito idrotermale che si sviluppa nel sistema di faglie esistente.

L'area in studio si colloca nell'ambito della complessità dell'assetto idrogeologico della Pianura Pontina schematicamente riferibile ad un acquifero multifalda, causato anche da variazioni verticali di facies, che rappresenta un'unità idrogeologica ben definita, all'interno della quale si rinvenivano falde idriche contenute negli orizzonti litologici a maggiore permeabilità, che si rinvenivano a profondità diverse. Questi acquiferi ricevono un'alimentazione soprattutto laterale, da parte delle falde delle vulcaniti e, in maggior misura, degli acquiferi carsici dei rilievi lepini.

Il sistema è condizionato, pertanto, dall'articolazione dei complessi geologici recenti e, da settore a settore, dalle interazioni con le formazioni geologiche adiacenti (formazioni vulcaniche dei Colli Albani e formazioni carbonatiche della struttura lepina). Caratterizzato quindi da notevoli eteropie laterali, in assenza specifiche indagini esplorative, questo assetto non consente, se non nelle linee generali una chiara definizione dei rapporti tra i diversi corpi idrici così come la stessa distinzione tra circolazione superficiale e circolazione profonda.

I caratteri idrogeologici di questa zona della pianura risentono della variabilità, anche laterale, dei litotipi presenti. In generale, i principali livelli produttivi sono rappresentati da strati di materiali granulari (sabbie e piroclastiti), o carbonatici (travertini), cui si interpongono a varie quote termini argillosi e limosi, che ne determinano il confinamento.

In linea generale si osserva una netta correlazione tra la topografia dei terreni e l'andamento della superficie piezometrica; le massime culminazioni della falda (30 ÷ 40 m s.l.m.) si riscontrano nelle porzioni nord occidentali del territorio pontino, in coincidenza delle quote topografiche più elevate e della presenza dei terreni vulcanici dell'apparato albanico, mentre le quote più basse sono omogeneamente distribuite lungo la fascia costiera (inferiori a 2.5 m s.l.m.).

Il complesso idrogeologico interessato dagli interventi è quello dei “depositi dunali antichi e recenti”. Il settore costiero della pianura, difatti, ospitano depositi prevalentemente sabbiosi della duna antica ospitano una falda di acqua dolce, alimentata prevalentemente dagli apporti diretti delle precipitazioni affluite in sito e, pertanto, ha rapporti con l'interfaccia acqua dolce-salata.

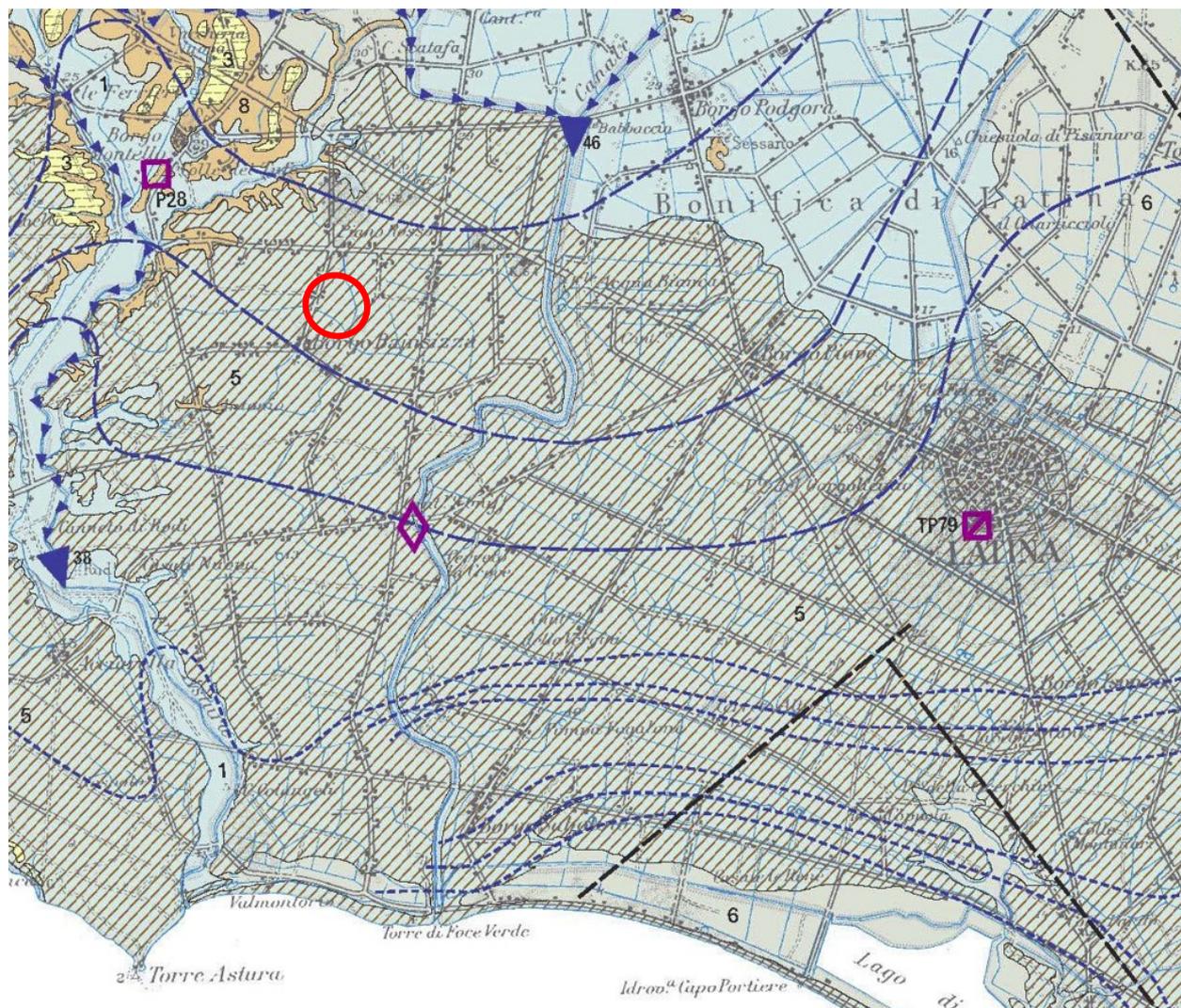
Nei vari settori della Pianura Pontina restano in genere ancora poco conosciuti i rapporti tra le diverse circolazioni idriche. I livelli piezometrici relativi alle differenti circolazioni possono essere riferiti ad un unico serbatoio.

In Fig.6 sono riportati i Complessi idrogeologici estrapolati dalla Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio. L'area oggetto di studio ricade nel *Complesso delle Sabbie Dunari*: si tratta di Sabbie dunari, depositi interdunari, depositi di spiaggia recenti e dune deltizie (Pleistocene-Olocene) che presentano spessore di alcune decine di metri. Il complesso è sede di una significativa circolazione idrica sotterranea che dà origine a falde continue ed estese la cui produttività è limitata dalla ridotta permeabilità delle sabbie.

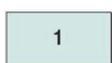
Secondo la suddetta carta, la superficie piezometrica si attesta intorno 17 m s.l.m., pertanto la falda potrebbe rinvenirsi a quote comprese tra 10 e 15 m s.l.m.

Nel corso delle indagini eseguite, alle quote indagate, non è stata riscontrata presenza di 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.

FIG. 6 – CARTA IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO DELLA REGIONE LAZIO (2012)



COMPLESSI IDROGEOLOGICI



COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI - potenzialità acquifera da bassa a medio alta
Alluvioni ghiaiose, sabbiose, argillose attuali e recenti anche terrazzate e coperture eluviali e colluviali (*OLOCENE*). Spessore variabile da pochi metri ad oltre un centinaio di metri. Dove il complesso è costituito dai depositi alluvionali dei corsi d'acqua perenni presenta gli spessori maggiori (da una decina ad oltre un centinaio di metri) e contiene falde multistrato di importanza regionale. I depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, con spessori variabili da pochi metri ad alcune decine di metri, possono essere sede di falde locali di limitata estensione.



COMPLESSO DELLE SABBIE DUNARI - potenzialità acquifera medio alta
Sabbie dunari, depositi interdunari, depositi di spiaggia recenti e dune deliziose (*PLEISTOCENE - OLOCENE*). Spessore di alcune decine di metri. Il complesso è sede di una significativa circolazione idrica sotterranea che dà origine a falde continue ed estese la cui produttività è limitata dalla ridotta permeabilità delle sabbie.



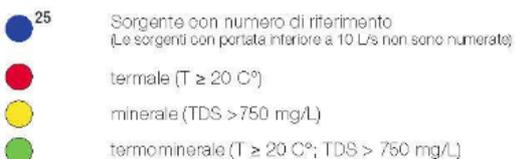
UBICAZIONE DEL SITO OGGETTO DI STUDIO

LEGENDA

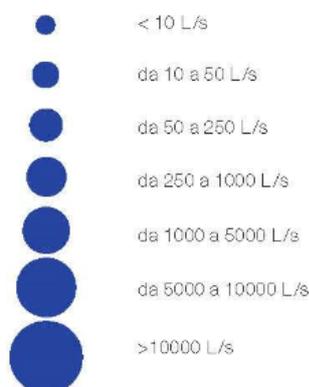
LINEAMENTI TETTONICI



SORGENTI PUNTUALI

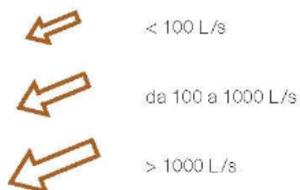


Classi di portata portata media misurata (L/s)



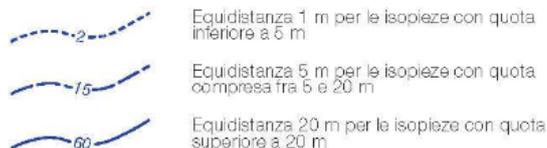
SORGENTI SOTTOMARINE

Classi di portata portata media stimata (L/s)



ISOPIEZE

La piezometria è stata ricostruita solo per gli acquiferi vulcanici e alluvionali



SORGENTI LINEARI



Classi di portata portata media misurata (L/s)



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 1 giugno 2022) 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 rinvenivano 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 (dromocroni) utilizzati sia per il calcolo analitico delle velocità di propagazione delle onde elastiche, sia per

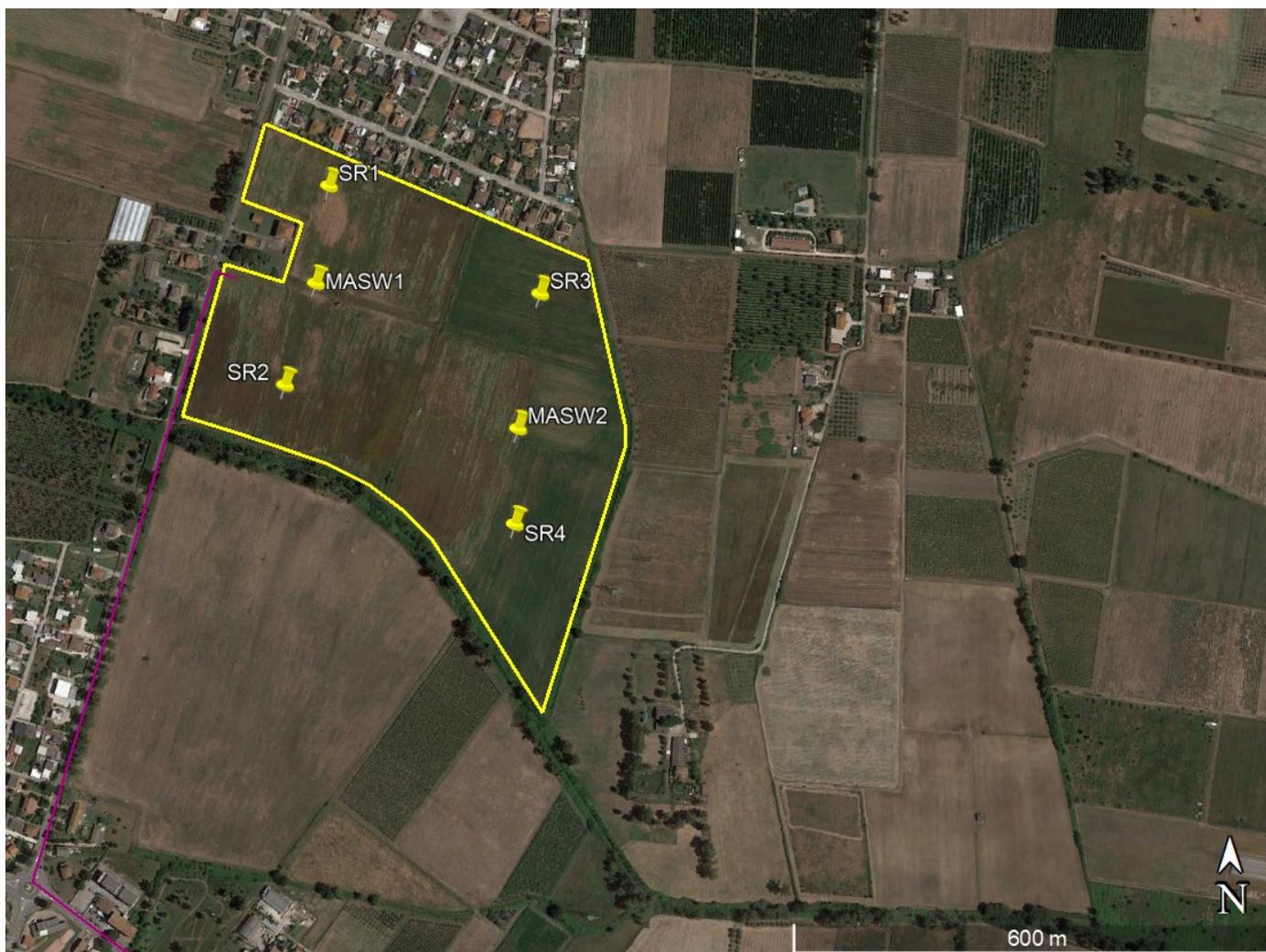
l'interpretazione della struttura sotterranea e l'elaborazione della corrispondente sezione sismo-stratigrafica.

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. 7A - ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI



Legenda

SR Profilo sismico a rifrazione

MASW Profilo sismico con metodologia MASW

 Linea cavidotto interrato

FIG. 7B - ORTOFOTO CON UBICAZIONE INDAGINI



Legenda

SR Profilo sismico a rifrazione

MASW Profilo sismico con metodologia MASW

 Linea cavidotto interrato

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 variabile tra 0,8 e 1,0 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.
- Il profilo sismico a rifrazione SR2 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore medio variabile tra 1,2 e 1,3 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 SR3 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore medio di circa 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.
- Il profilo sismico a rifrazione SR4 ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore medio di circa 1,50 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 SR5 (lungo il cavidotto, nei pressi della SEU Utente condivisa) ha segnalato la presenza nel sottosuolo di due sismostrati, il primo, in affioramento, con uno spessore medio di 1,00 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 1.000 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 simici, la successione stratigrafica nei diversi settori, può essere ricostruita nel seguente modo:

Colonna stratigrafica 1

0,00 m ÷ 0,80/1,00 m	terreno vegetale
0,80/1,00 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 2

0,00 m ÷ 1,20/1,30 m	terreno vegetale
1,20/1,30 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 3

0,00 m ÷ 1,30 m	terreno vegetale
1,30 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 4

0,00 m ÷ 1,50 m	terreno vegetale
1,50 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 5 (lungo il cavidotto, nei pressi della SEU Utente condivisa)

0,00 m ÷ 1,00 m	terreno vegetale
1,00 m ÷ prof. non indagata	sabbie mediamente addensate

La caratterizzazione stratigrafica dell'area in esame è conforme con i dati di letteratura e con quanto riscontrato nella "Carta Geologica d'Italia" 1:100.000 - Foglio 158 "Latina" - utilizzata come riferimento per l'inquadramento geologico.

Per quanto riguarda il cavidotto, il suo tracciato si snoderà interrato, lungo la *Strada dello Scopeto*, la *Strada della Speranza*, la *S.P. 18*, fino al raggiungimento del lotto interessato dalla SEU Utente condivisa.

Gli scavi dove verrà alloggiato avranno profondità comprese tra 0,50 e 1,00 m, pertanto intercetteranno il primo sismostrato (terreno vegetale) ed, eventualmente, la parte superiore del secondo sismostrato (sabbie).

In Fig. 8 si riporta la colonna stratigrafica con i due livelli individuati nei profili sismici a rifrazione eseguiti.

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

Strato	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ϕ (°)	C' (kg/cm ²)	γ (gr/cm ³)	E (Kg/cm ²)	η
1	300						
2	800	220	23	0.0	1.80	250	0.46
2	1000	301	25	0.0	1.83	490	0.45

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

Tab. 1 - Parametri geotecnici e moduli correlati a V_p e V_s

7.2 Permeabilità dei terreni

Prove di permeabilità in pozzetto a carico costante e variabile (tipo Lefranc) condotte nella zona in esame ed in litotipi aventi le medesime caratteristiche fisiche di quelli presenti in zona hanno mostrato valori di permeabilità $k = 10^{-4}$ m/s.

Si tratta di valori che indicano una permeabilità media se si considera che i dati forniti dalla letteratura riportati in Tab. 2 indicano come riferimenti i seguenti valori:

Grado di permeabilità	Valori di K (m/s)
Alto	$>10^{-3}$
Medio	$10^{-3} - 10^{-5}$
Basso	$10^{-5} - 10^{-7}$
Molto basso	$10^{-7} - 10^{-9}$
Impermeabile	$<10^{-9}$

Tab. 2 - Corrispondenza tra valore e grado di permeabilità

Le prove di permeabilità rappresentano, comunque, prove puntuali che non tengono in considerazione le variazioni laterali dei litotipi quaternari costituenti i terreni sui quali ricade il sito oggetto dello studio.

Valori medi di permeabilità stanno a significare che all'interno della legge del bilancio idrologico gli afflussi rivenienti sul territorio sono destinati sia al ruscellamento superficiale che all'infiltrazione nel suolo e sottosuolo.

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.

Secondo l'ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006, le zone 1, 2 e 3 possono essere ulteriormente divise in sottozone caratterizzate da valori di A_g intermedi rispetto a quelli riportati in tabella ed intervallati da valori non minori di 0.025 g. Le valutazioni di A_g dovranno essere effettuate sulla base di studi di pericolosità condotti su dati aggiornati.

Si riporta a tal proposito la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale secondo l'Istituto di geofisica e vulcanologia, nella quale vengono messe in evidenza 12 sottozone secondo quanto sopra detto.

Secondo tale proposta l'INGV inserisce il comune di Latina nella sottozona 3.2-3.3 con valori di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresi:

$$0.075 \leq a_g \leq 0.125$$

In base alla nuova classificazione sismica la Regione Lazio ha riclassificato il proprio territorio (DGR n. 387 del 22 maggio 2009) abolendo di fatto la classe 4, lasciando invariata la zona 1 e suddividendo la zona 2 e 3 in due rispettive sottozone.

La tabella seguente riporta uno stralcio dalla tabella 3 all'Allegato 1 relativo alla DGR della Regione Lazio n. 387 del 22 Maggio 2009.

ZONA	SOTTOZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
1		0.25-0.278 g
2	A	0.20-0.25 g
	B	0.15-0.20 g
3	A	0.10-0.15 g
	B	0.062-0.10 g

Tab.3: DGR Regione Lazio - Valori di accelerazione orizzontali.

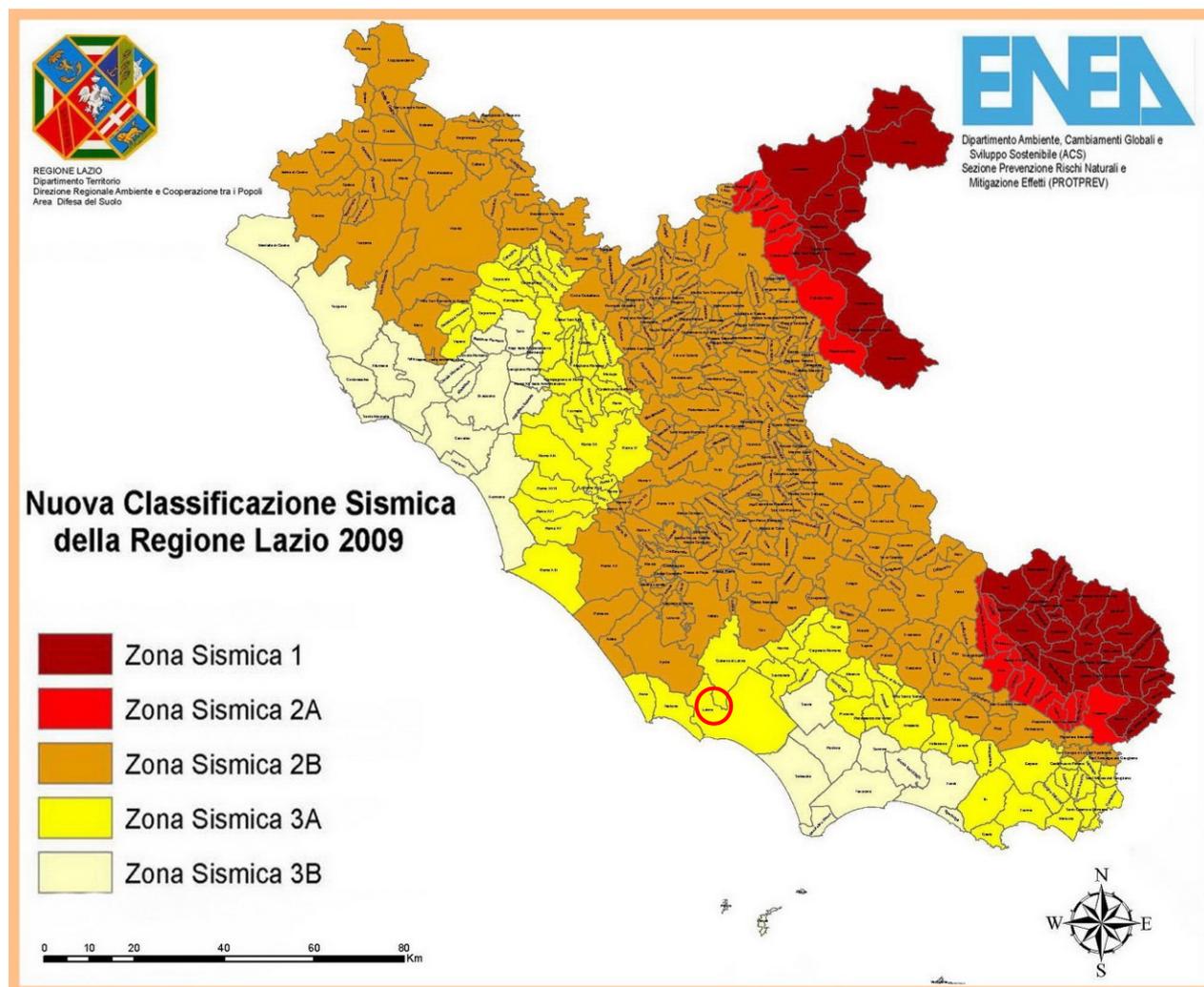
In base alla nuova classificazione quindi, i **Comuni di Latina e Cisterna di Latina sono stati inseriti in zona 3A** mostrando, così, un valore di accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compreso/uguale tra 0.10-0.15 g.

Zona sismica 3A	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti. La sottozona 3A indica un valore di $a_g \geq 0,10g$.
------------------------	--

Come si può osservare dalla Fig. 10, l'area di studio, oggetto della realizzazione dell'impianto "Agrosolare", ricade a cavallo dei territori comunali di Latina e Cisterna di Latina. Per il primo comune è stata prevista la redazione della *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*, dallo studio della quale emerge che la parte relativa del sito ricade all'interno della Zona Stabile Suscettibile di Amplificazione Locale ZSA6, che conferma quale litologia affiorante le Sabbie. Per il secondo comune la Microzonazione Sismica di primo livello non è stata ancora validata.

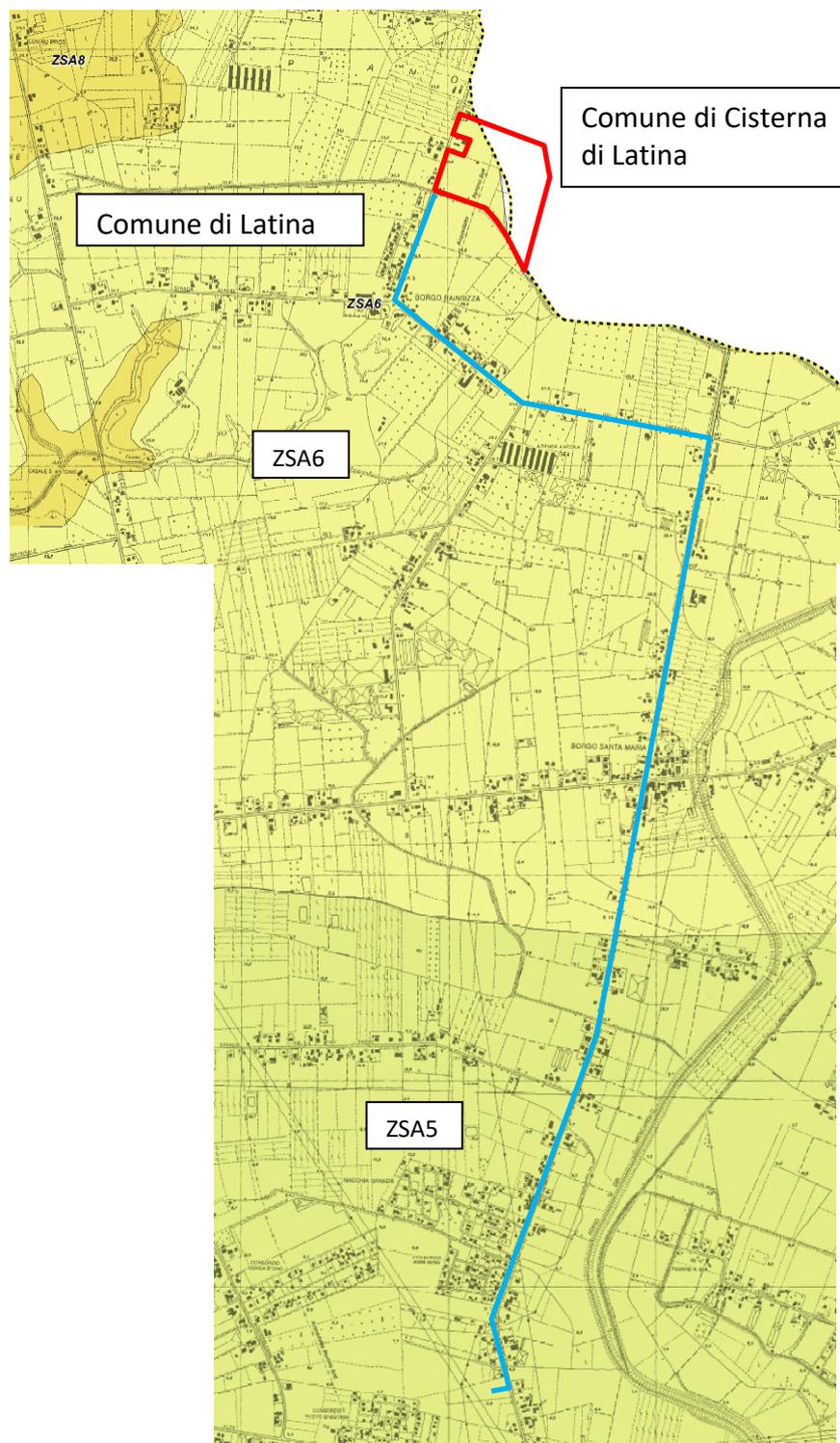
Per quanto attiene il cavidotto interrato, lo stesso ricade parzialmente all'interno della Zona ZSA6 e per il resto nella Zona ZSA5, contraddistinta dalle medesime unità litologiche affioranti.

Fig. 9 - NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA REGIONE LAZIO (2009)



○ UBICAZIONE DELL'IMPIANTO "ELLO 5 PPR EXTENSION"

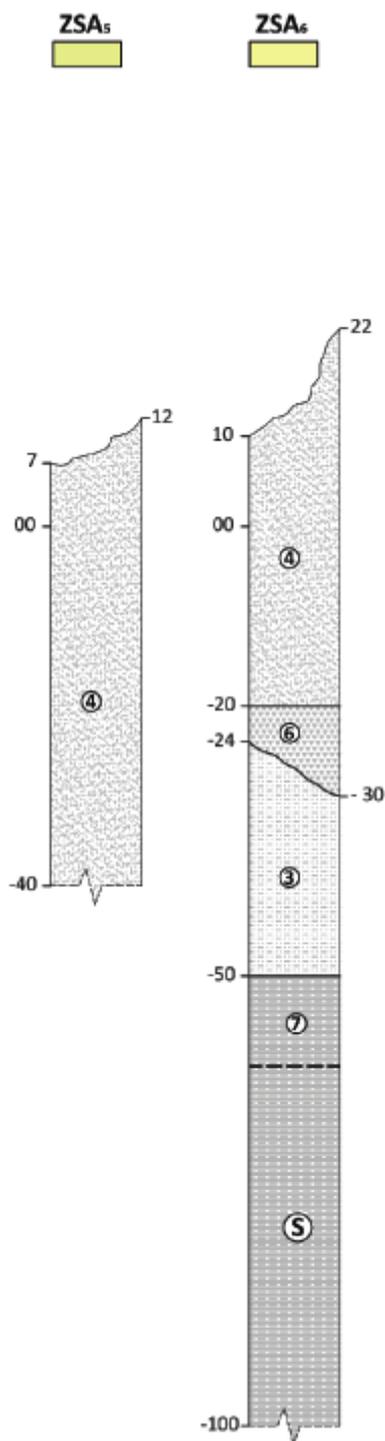
Fig. 10 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA



UBICAZIONE DELL'IMPIANTO "ELLO 5 PPR EXTENSION"



CAVIDOTTO INTERRATO



Legenda litologie

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Depositi alluviali colluviali - Riporti antropici - colmate e bonifiche (OLOCENE) Sabbie eoliche sciolte delle spiagge e dei tumuleti attuali; sabbie di beach ridge (OLOCENE) Limi, argille e torbe, con i relativi termini intermedi, contenenti percentuali variabili di frazione più grossolana (PLEISTOCENE) Sabbie marine e litorali fossilifere (Complesso di Minturno); sabbie continentali ben classate, eolizzate e addensate (Dr stimata > 60 %); "Complesso di Latina" e "Duna Antica" (PLEISTOCENE medio) | <ul style="list-style-type: none"> Travertino superiore di Cisterna (PLEISTOCENE-OLOCENE) prodotti piroclastici del Complesso Vulcanico dei Colli Albani: epivolcaniti (piroclastiti rimaneggiate); piroclastiti e scorie risaldate sincaulderiche; piroclastiti e tufi terrosi della IV colata piroclastica del Tuscolano - Artemisio (Tufo di Villa Senni e Pozzolanelle) (PLEISTOCENE) Argille grigie (CALABRIANO); argille grigio-azzurre (MIOCENE-PLIOCENE) Substrato Sismico (Vs > 700 m/s) |
|--|--|

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, MASW 3. I primi due in corrispondenza dell'area di impianto, il terzo del lotto della SEU Utente condivisa.

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: 355 m/s;

MASW 2: 347 m/s;

MASW 3: 348 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 attribuiscono ai suoli di fondazione le seguenti categorie:

- **MASW 1**

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.*

- **MASW 2**

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.*

- **MASW 3 (lotto della SEU Utente condivisa)**

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.*

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	127.059
Densità per Km²	457,67
Zona sismica (DGR n. 387/2009)	3A

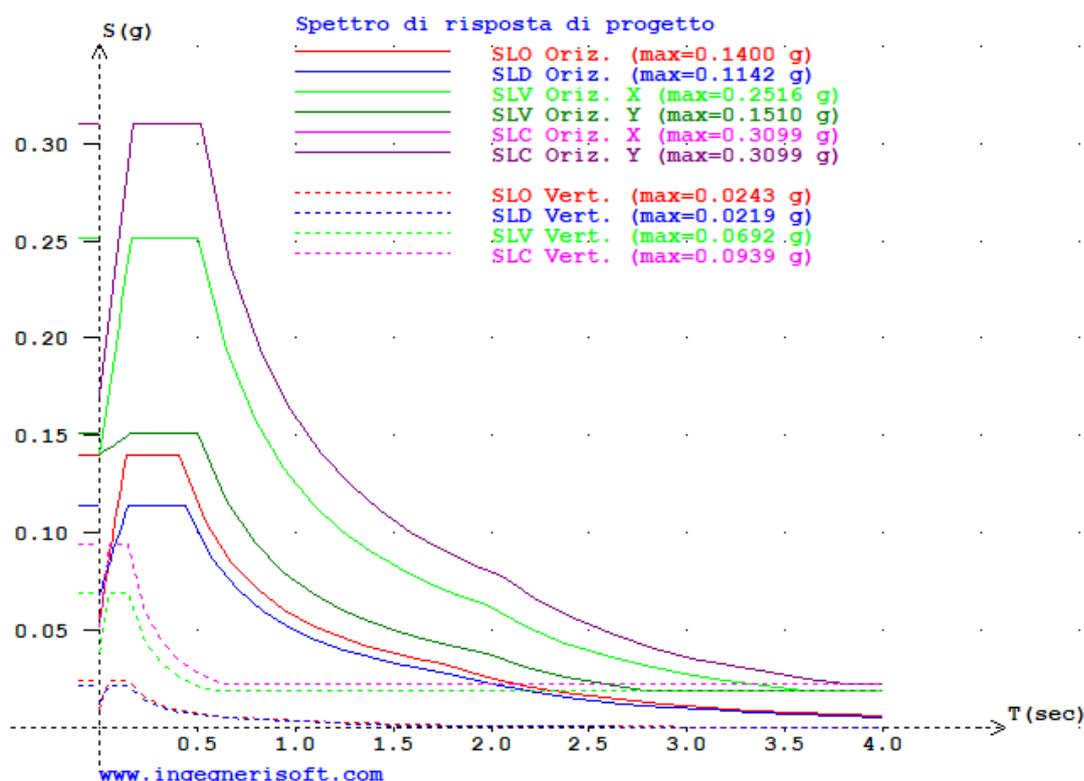


Fig. 11 - Spettri di risposta sismica di progetto - Latina

Lotti ricadenti nel comune di Cisterna di Latina

Codice ISTAT: 12059005

Coordinate sito Progetto ELLO 5 PPR EXTENSION:

Longitudine = 12.799890° E;

Latitudine = 41.488588° N

Nodi intorno al sito: 30071 30070 30292 30293

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 3A)

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	0.37153644	2.51028557	0.24485678
SLD	50	0.45341546	2.51474045	0.27000000
SLV	475	0.92941193	2.69724485	0.32835441
SLC	975	1.12638818	2.73856889	0.34593926

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	36.521
Densità per Km²	253,34
Zona sismica (DGR n. 387/2009)	3A

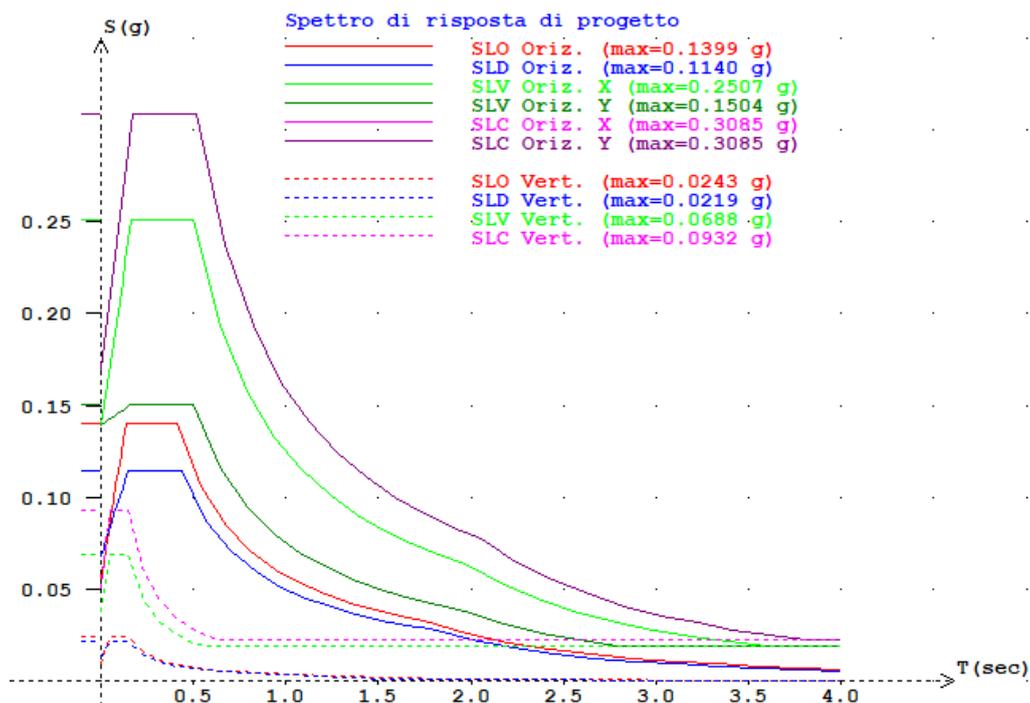


Fig. 12 - Spettri di risposta sismica di progetto - Cisterna di Latina

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

9. Conclusioni

Il Sig. FRIDRICH RAN PINHAS, nato a Tel Aviv (Israele) il 15/04/1953, codice fiscale FRDRPN53D15Z226Y, residente in Via Zalman Shazar, 51 nel Comune di Ramat Gan (Israele), in qualità di legale rappresentante della società proponente **ELLOMAY SOLAR ITALY FIVE S.r.l.**, con sede legale in Via Sebastian Altmann 9, 39100, BOLZANO (BZ), Numero REA BZ-229537, P.I. 03069280216 - PEC: ellomaysolaritalyfive@legalmail.it, ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione di una relazione geologica relativa al progetto di installazione di un **IMPIANTO "AGROSOLARE" DENOMINATO "ELLO 5 PPR EXTENSION"**, della potenza pari a 19.016,64 kWp.

La Società Proponente intende realizzare tale impianto "agrosolare", ponendosi come obiettivo la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile coerentemente agli indirizzi stabiliti in ambito nazionale e internazionale volti alla riduzione delle emissioni dei gas serra ed alla promozione di un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario.

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.

Lo studio ha evidenziato che:

- nell'area in cui sorgerà l'impianto i litotipi che interesseranno direttamente la struttura in progetto appartengono alla formazione "*Duna antica*" (qd), con copertura di terreno vegetale;
- in base all'analisi dei profili sismici, la successione stratigrafica nei diversi settori, può essere ricostruita nel seguente modo:

Colonna stratigrafica 1

0,00 m ÷ 0,80/1,00 m	terreno vegetale
0,80/1,00 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 2

0,00 m ÷ 1,20/1,30 m	terreno vegetale
1,20/1,30 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 3

0,00 m ÷ 1,30 m	terreno vegetale
1,30 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 4

0,00 m ÷ 1,50 m	terreno vegetale
1,50 m ÷ prof. non indagata	sabbie

Colonna stratigrafica 5 (lungo il cavidotto, nei pressi della SEU Utente condivisa)

0,00 m ÷ 1,00 m	terreno vegetale
1,00 m ÷ prof. non indagata	sabbie mediamente addensate

- Per quanto riguarda il cavidotto, il suo tracciato si snoderà interrato, lungo la Strada dello *Scopeto*, la *Strada della Speranza*, la *S.P. 18*, fino al raggiungimento del lotto interessato dalla SEU Utente condivisa. Gli scavi dove verrà alloggiato avranno profondità comprese tra 0,50 e 1,00 m, pertanto intercetteranno il primo sismostrato (terreno vegetale) ed, eventualmente, la parte superiore del secondo sismostrato (sabbie).
- Nel corso delle indagini eseguite, non è stata riscontrata presenza di 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, le seguenti categorie di suoli:
 - **MASW 1**
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.

- **MASW 2**

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.*

- **MASW 3 (lotto SEU Utente condivisa)**

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 la DGR n. 387/2009, i comuni di Latina e Cisterna di Latina sono inseriti in Zona sismica 3A.

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.

Redatta nel mese di giugno 2022

dott. geol. Francesco Caldarone



ALLEGATI

COMUNI DI LATINA e CISTERNA DI LATINA
PROVINCIA DI LATINA
REGIONE LAZIO

IMPIANTO AGROSOLARE ELLO 5 PPR EXTENSION

RELAZIONE CONCLUSIVA DELLE ATTIVITA' DI INDAGINE IN SITU

COMMITTENTE: ELLOMAY SOLAR ITALY FIVE S.R.L.



Dott. Marcello De Donatis

Dott. Geol.
DE DONATIS
MARCELLO
N. 350

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Marcello De Donatis", written over the stamp.

Giugno 2022

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>	11

PREMESSA

Nel mese di giugno 2022, 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 i terreni investigati ubicati nel Comune di Latina.

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;
- n.3 profili sismici con metodologia MASW

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

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 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 compreso tra 0.8 e 1.0 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 800 m/sec; tali velocità sono da attribuire ad un sismostrato caratterizzato da sabbia.

Il profilo sismico a rifrazione n.2 ha permesso di ricostruire lo stesso modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore variabile da 1.2 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; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 900 m/sec da attribuire a sabbia.

Il profilo sismico a rifrazione n.3 ha permesso di ricostruire lo stesso modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di circa 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; segue il secondo sismostrato che ha restituito delle velocità di V_p di 800 m/sec da ricondurre ad un litotipo sabbioso.

Il profilo sismico a rifrazione n.4 ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di circa 1.5 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec è riconducibile ad un terreno vegetale; 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 sabbia.

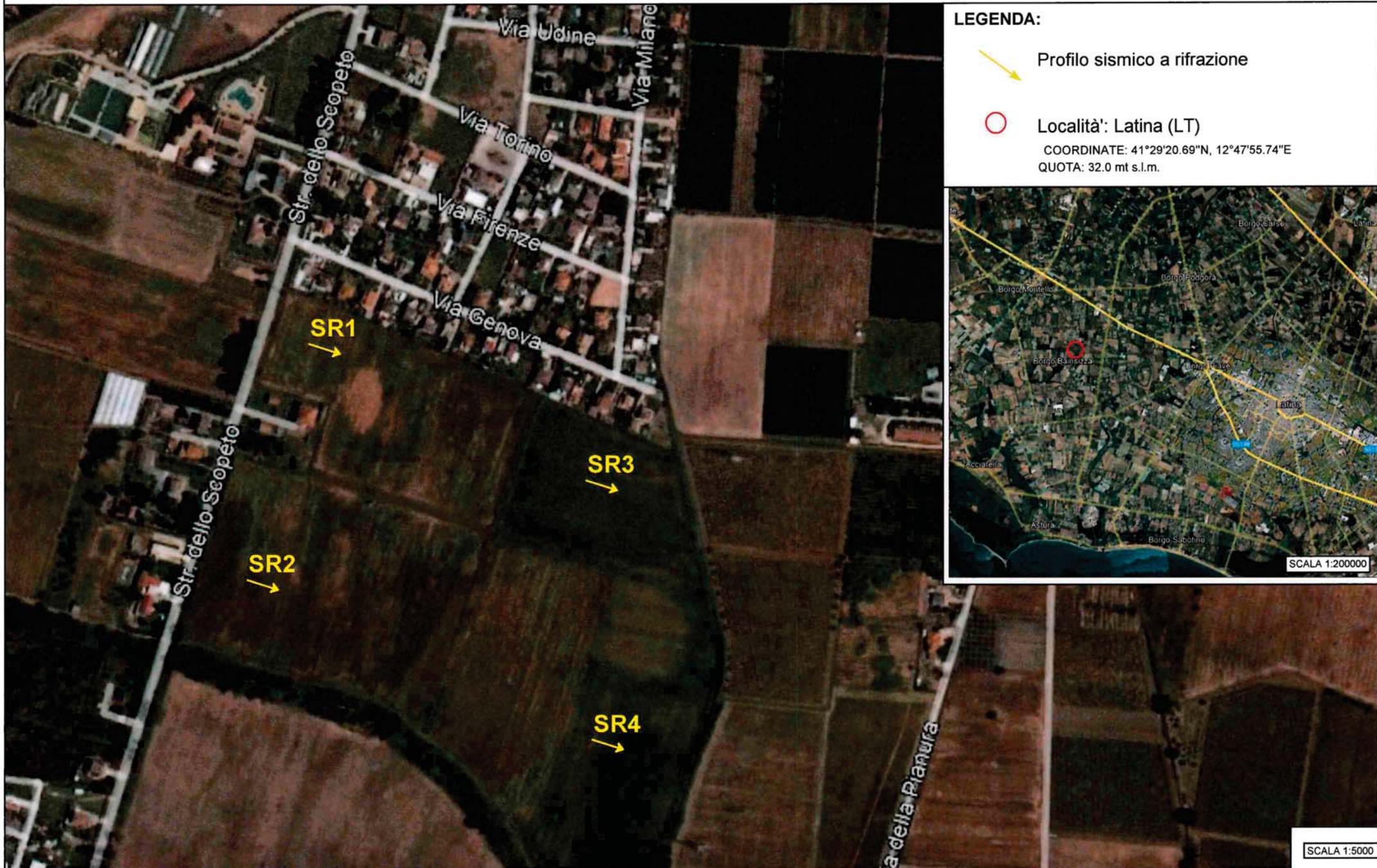
Il profilo sismico a rifrazione n.5 (lungo il cavidotto, nei pressi della SEU Utente condivisa) ha permesso di ricostruire un modello a due sismostrati: in affioramento, per uno spessore di circa 1.0 metri si rinviene il primo sismostrato che caratterizzato da una velocità V_p di 300 m/sec riconducibile a terreno vegetale; segue il secondo sismostrato che con di V_p di 1000 m/sec è da ricondurre a sabbia mediamente addensata.

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 (Kg/cmq)	η
1	300						
2	800	220	23	0.0	1.80	250	0.46
2	1000	301	25	0.0	1.83	490	0.45

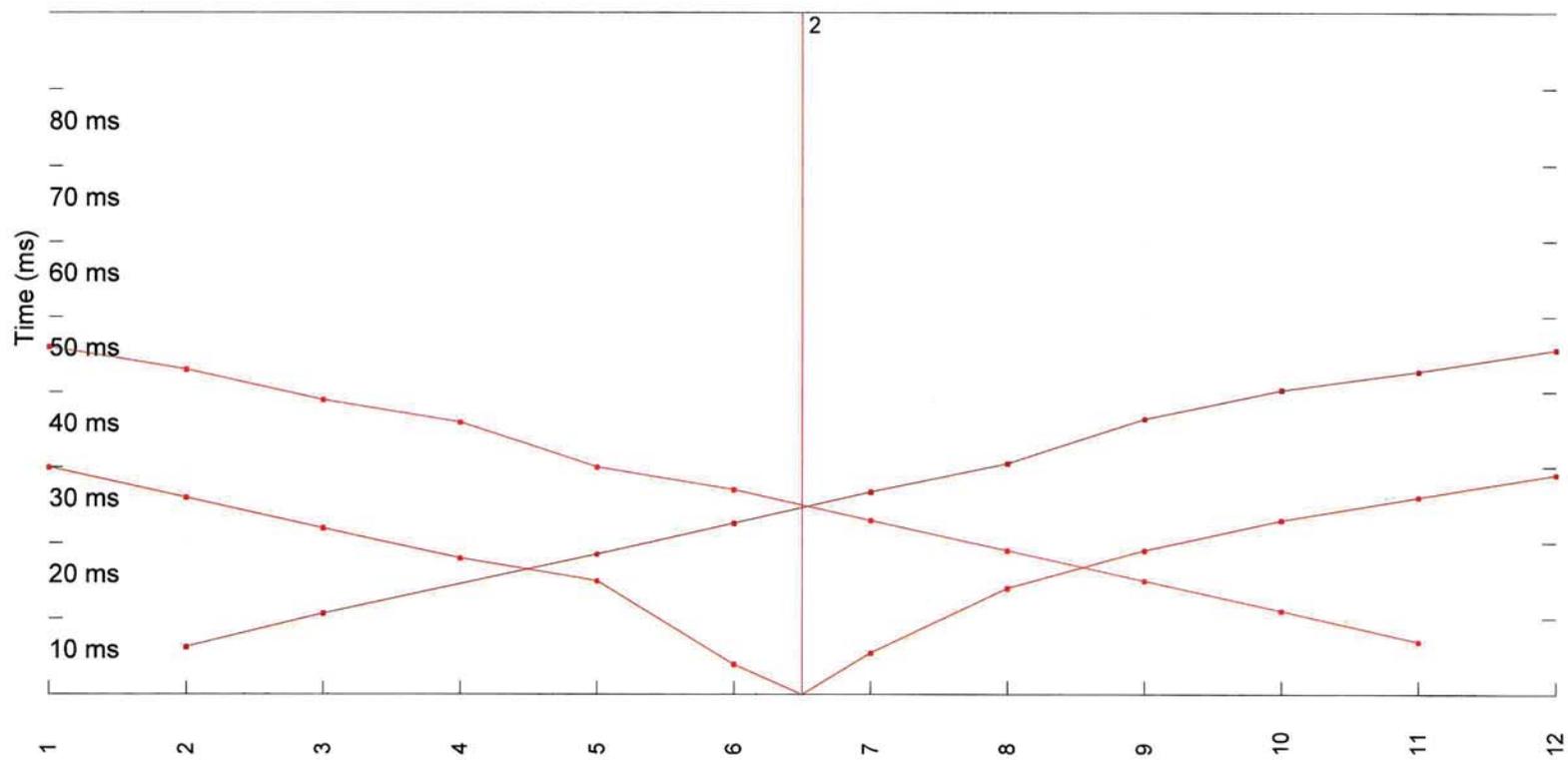
V_p = vel. longit.; V_s = vel trasv.; ϕ = angolo di attrito; C = coesione efficace;
 γ = peso per unità di volume; E = modulo elastico statico; η = coefficiente di Poisson

UBICAZIONE PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE



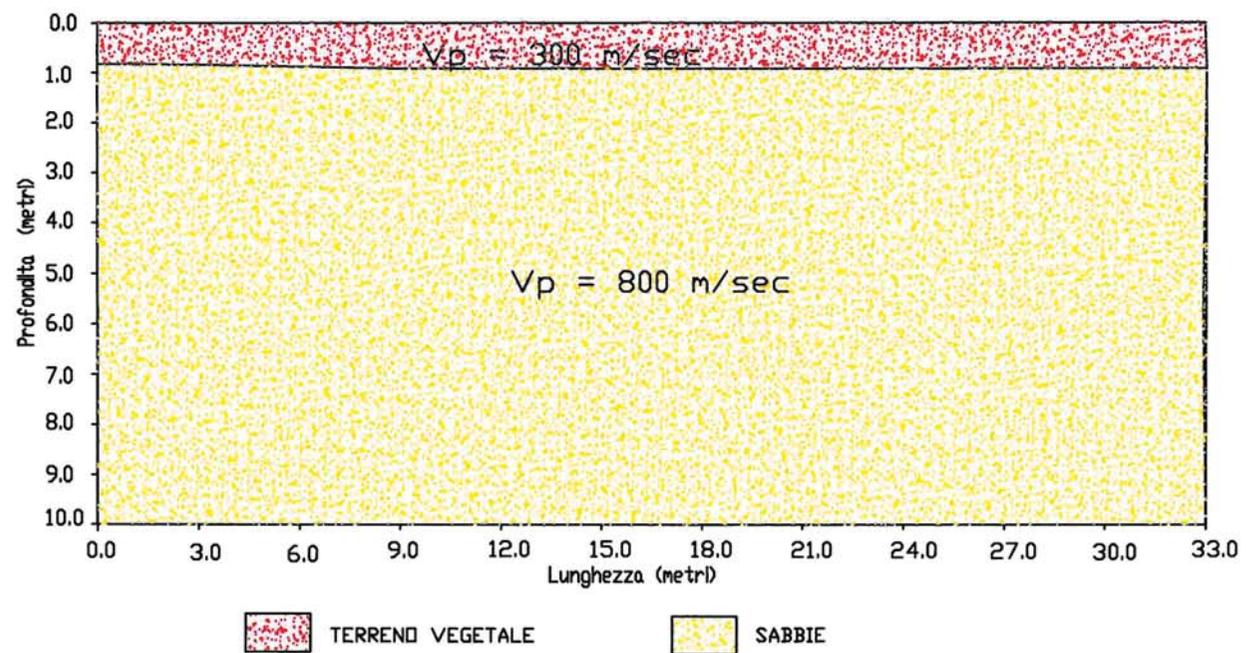
Profilo SR1;

Località: Latina;



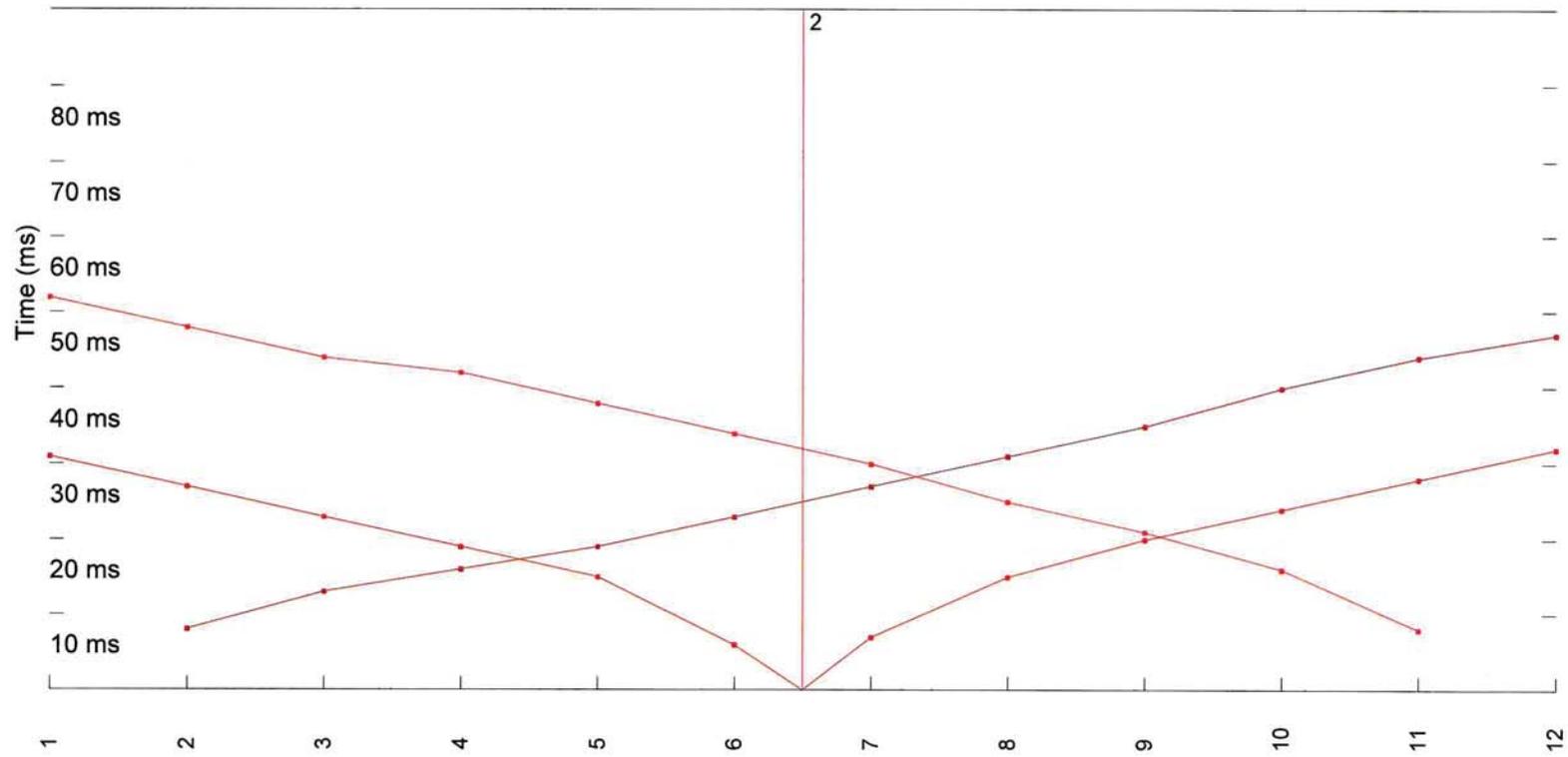
Calculs d'épaisseur

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



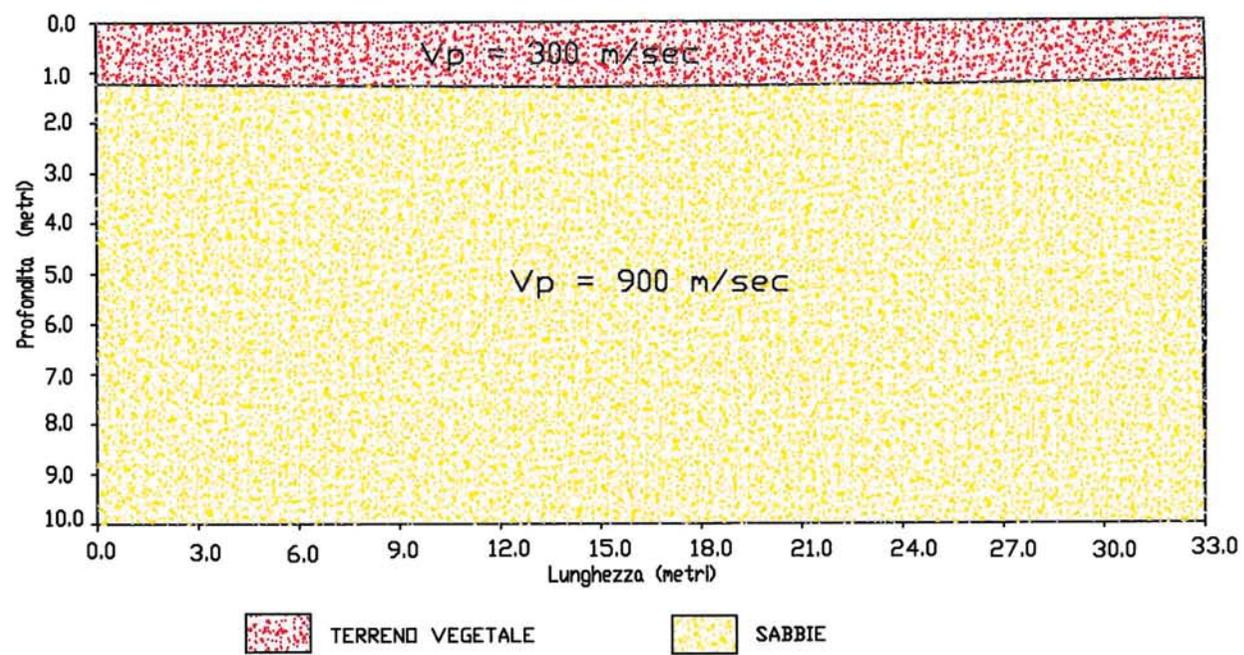
Profilo SR2;

Località: Latina;



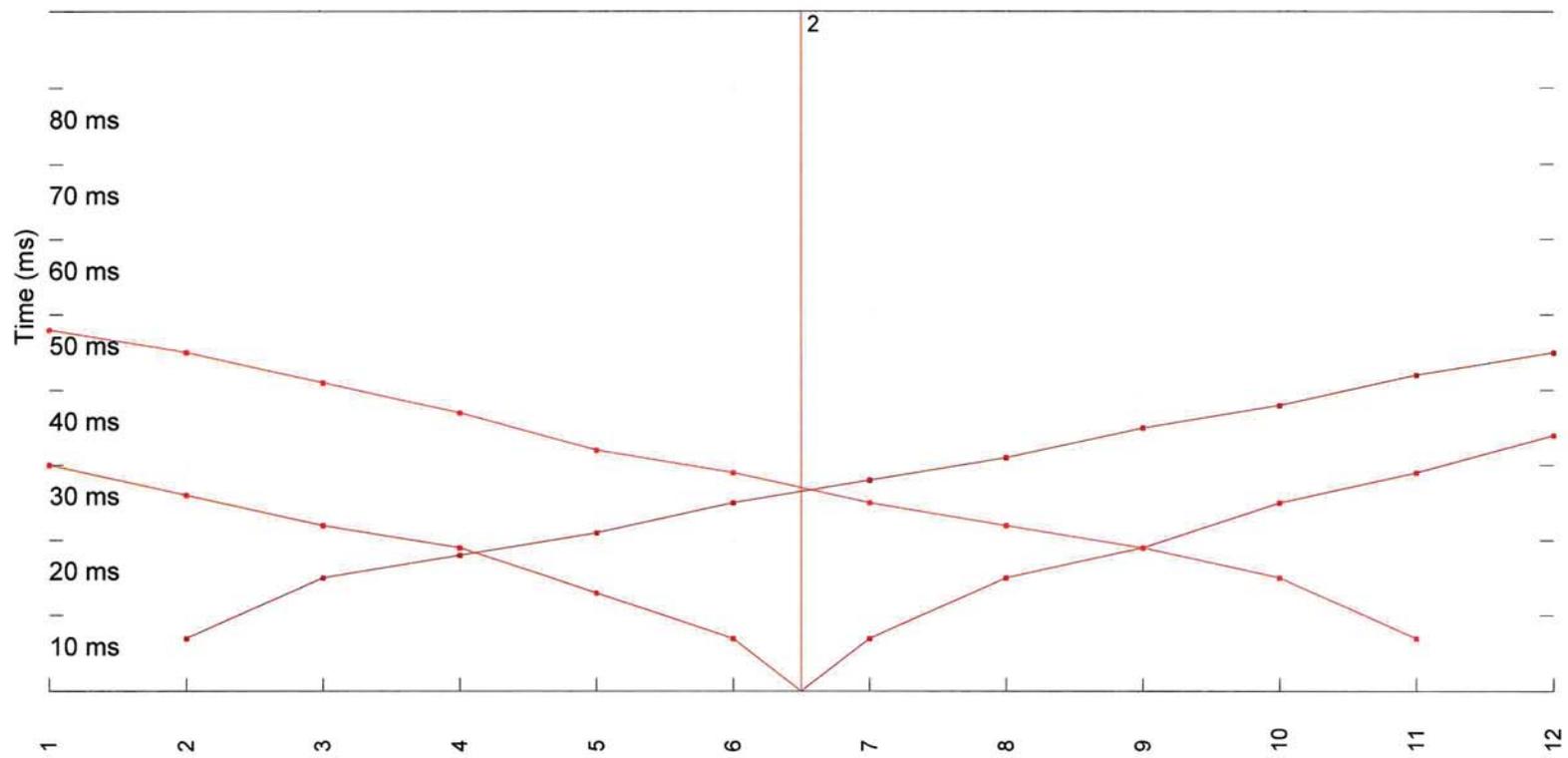
Calculs d'épaisseur

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



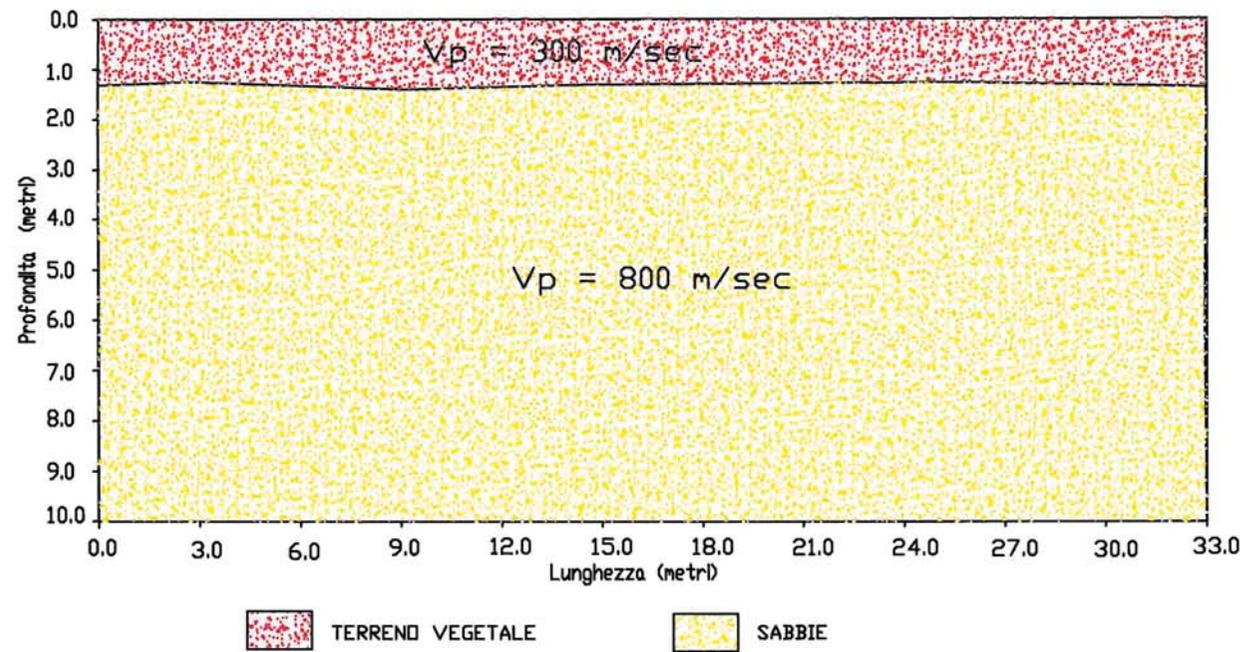
Profilo SR3;

Località: Latina;



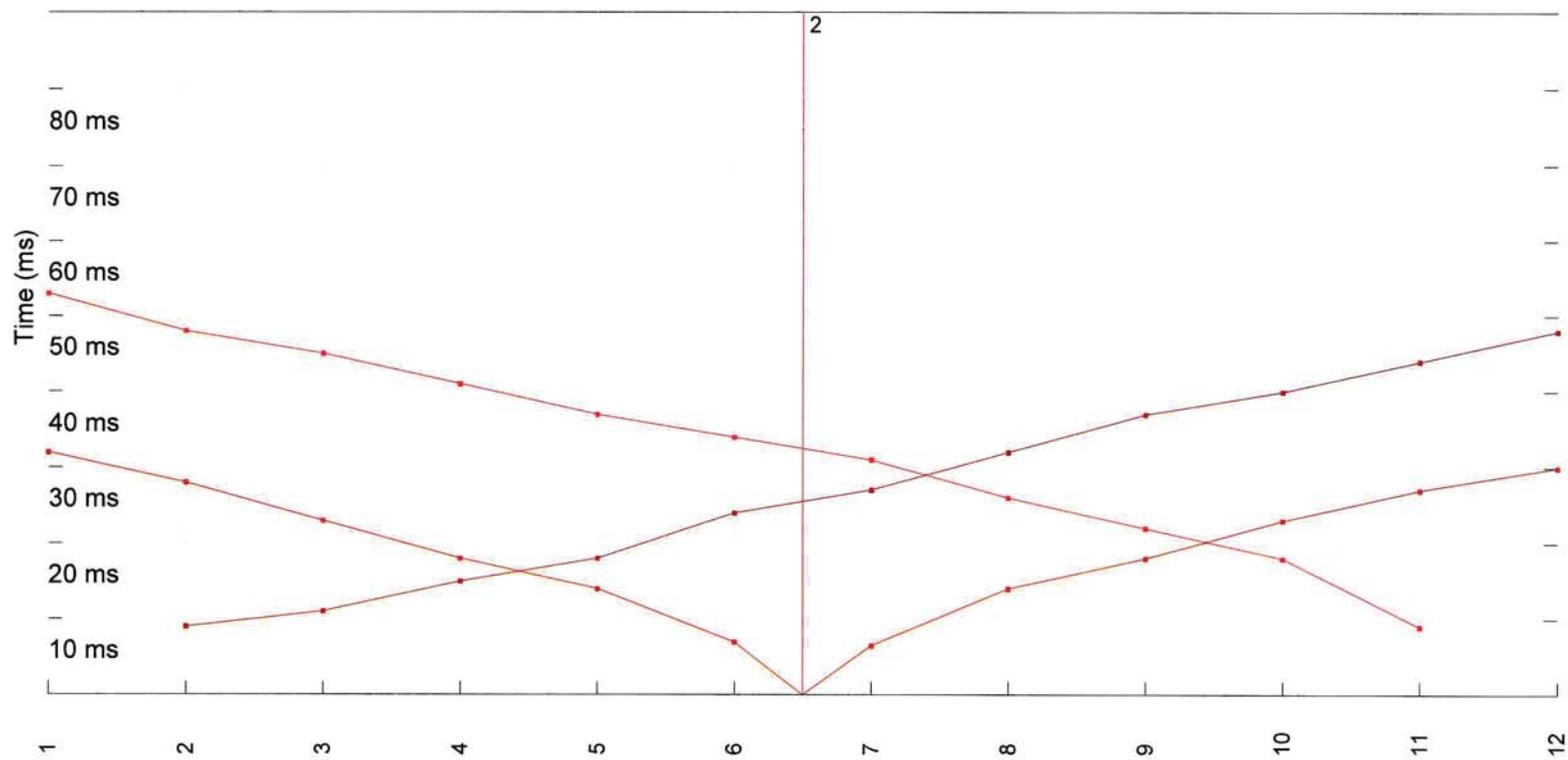
Calculs d'épaisseur

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



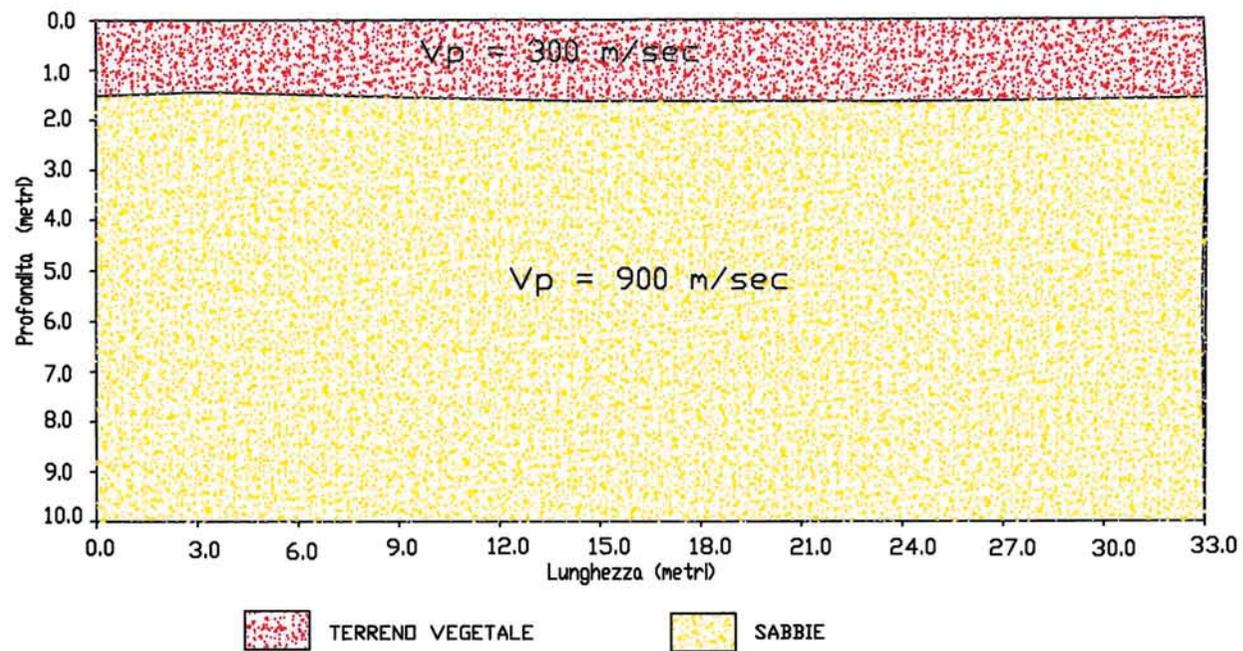
Profilo SR4;

Località: Latina;



Calculs d'épaisseur

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



UBICAZIONE PROFILI SISMICI A RIFRAZIONE



LEGENDA:



Profilo sismico a rifrazione



Località: Latina (LT)

COORDINATE: 41°29'8.58"N, 12°48'2.60"E

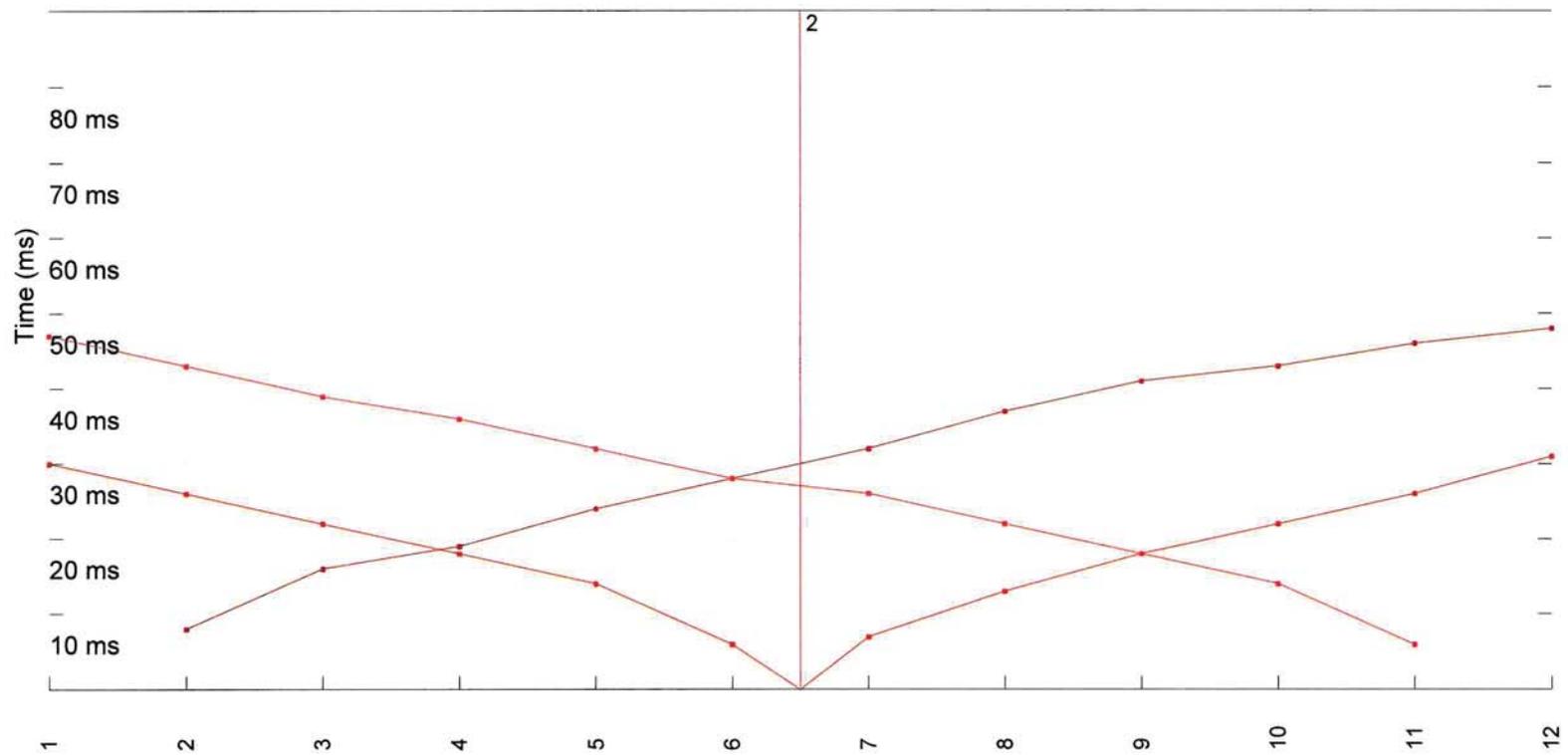
QUOTA: 7.0 mt s.l.m.



SCALA 1:5000

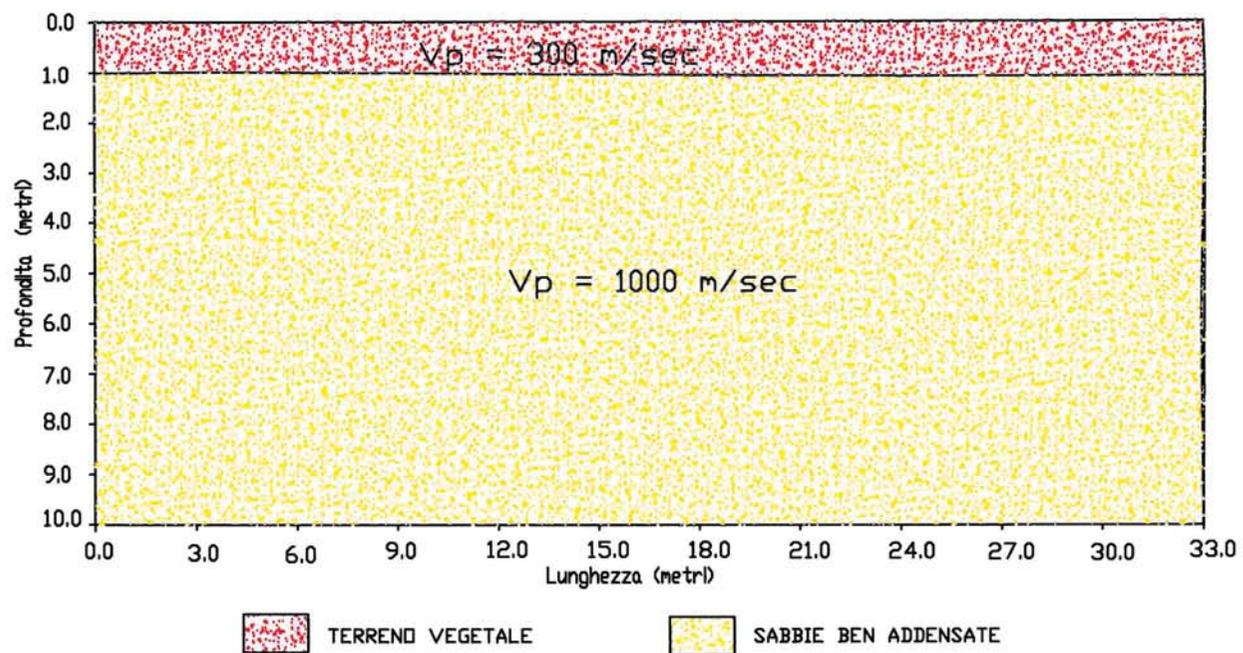
Profilo SR5;

Località: Latina;



Calculs d'épaisseur

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE 5-5'
LOCALITA': LATINA





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 1





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 2





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 3





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 4





Esecuzione indagine sismica a rifrazione n. 5



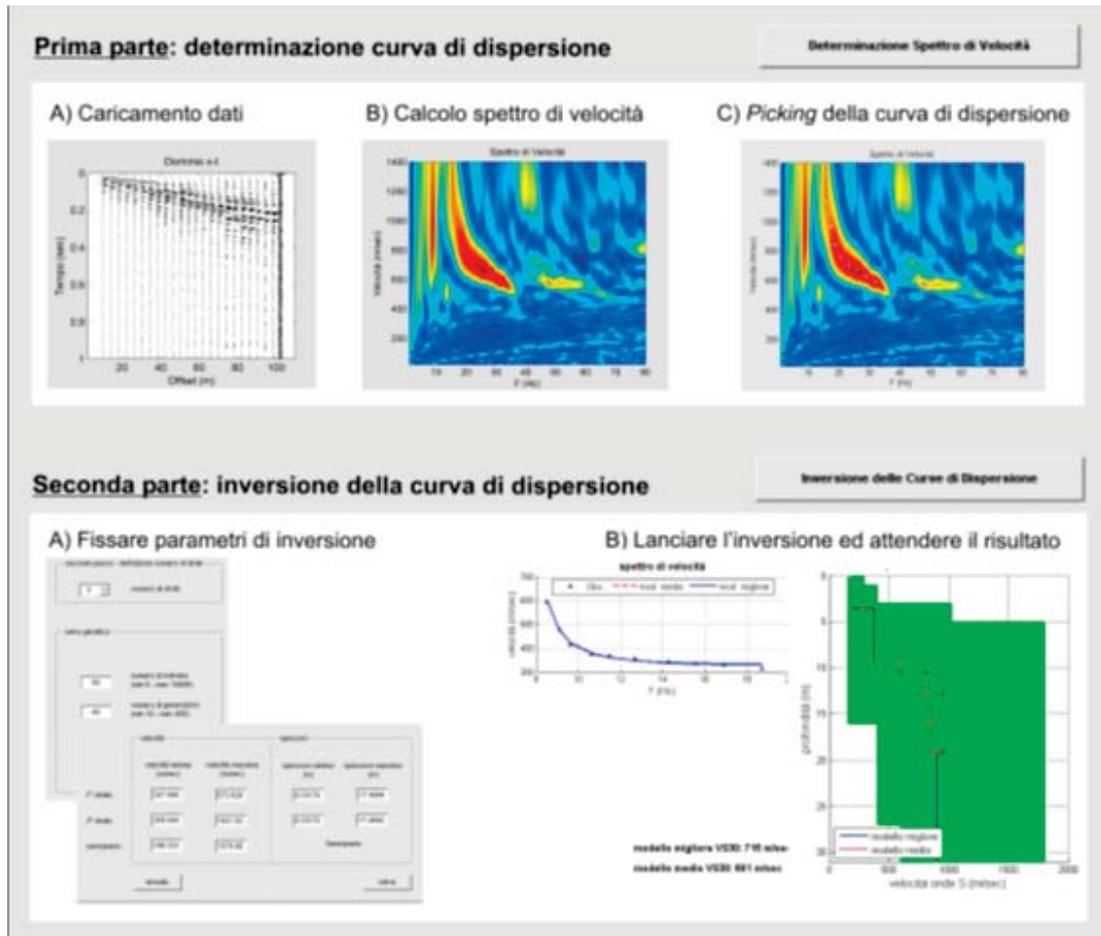
Sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

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:

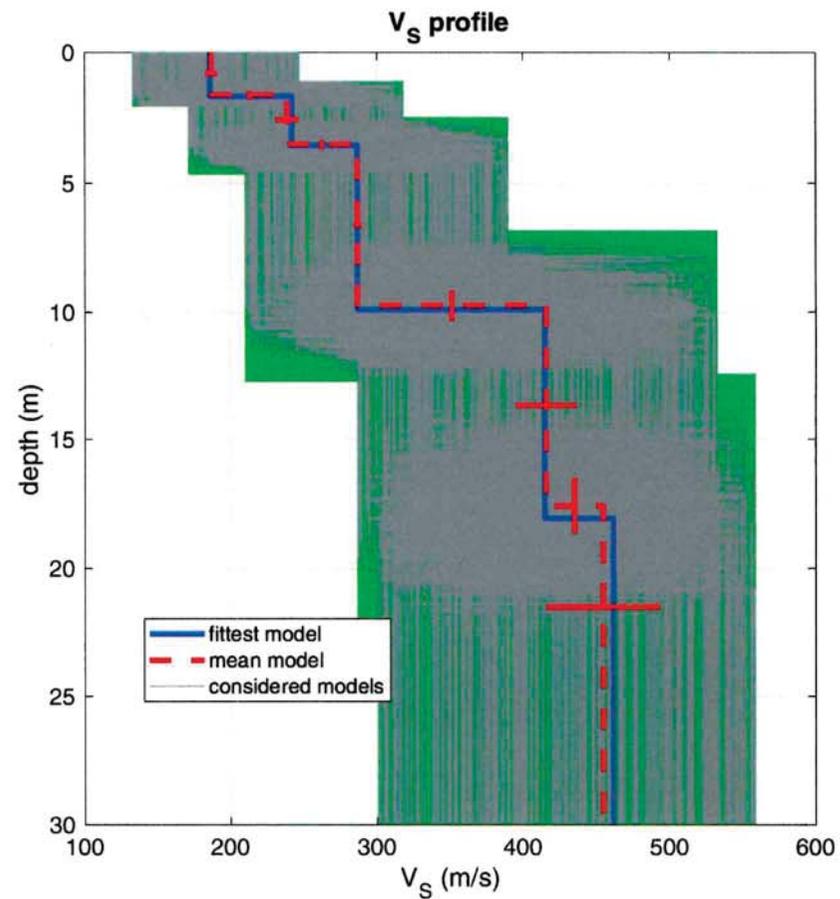
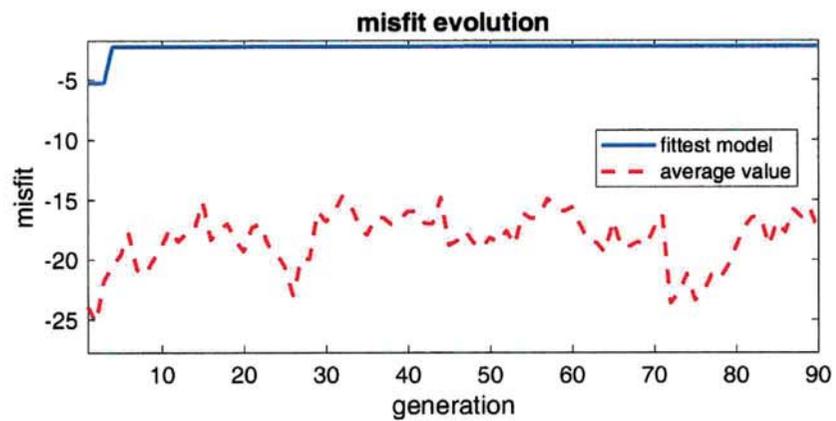
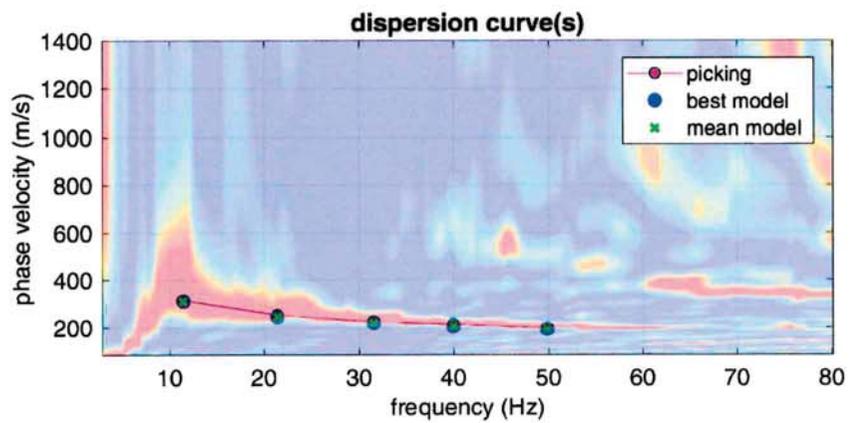
$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum h_i/V_i}$$

Le indagini sismiche Masw sono tre, eseguite come da ubicazione.

Avendo ottenuto valori di V_{seq} rispettivamente di 355 m/sec, di 347 m/sec e di 348 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.***

UBICAZIONE PROFILI SISMICI MASW





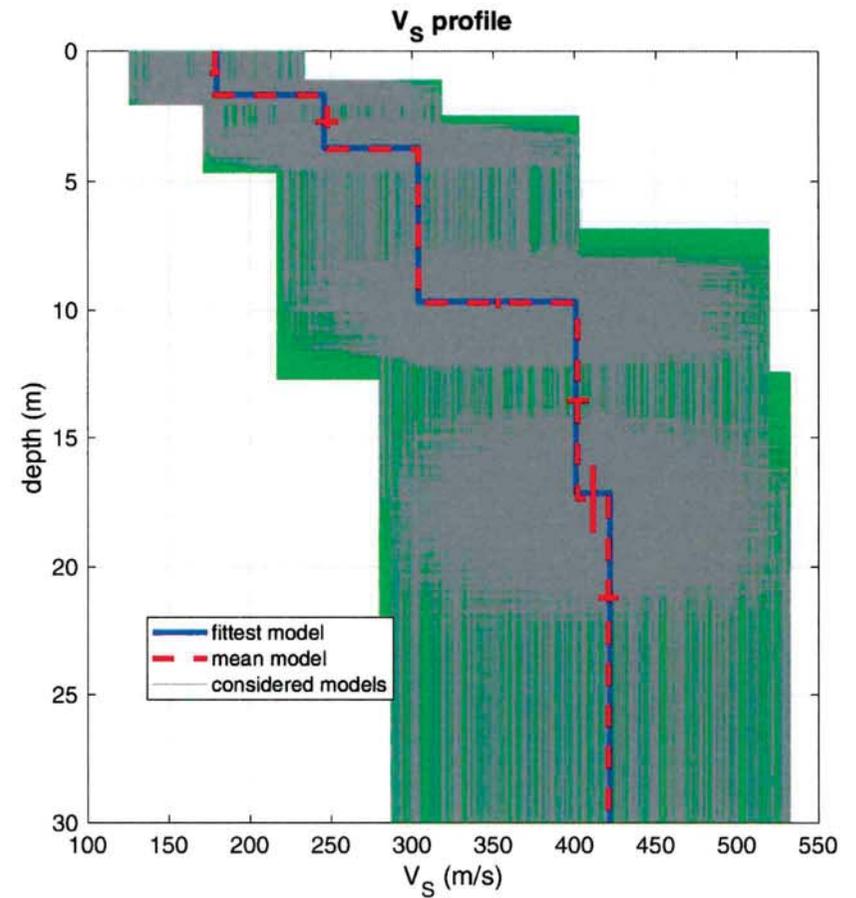
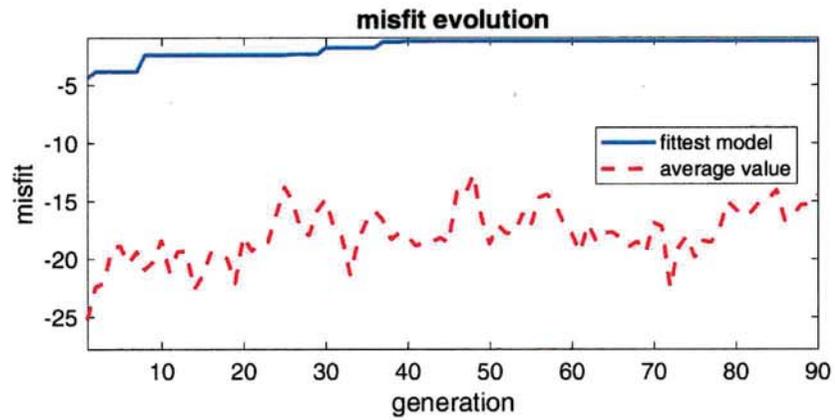
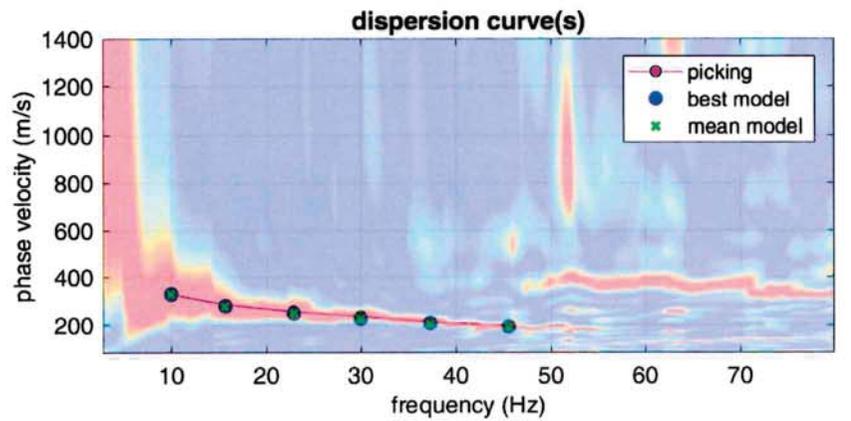
www.winmasw.com

dataset: **Masw1**

dispersion curve: p.cdp

Vs30 & VsE (best model): 355 355 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 355 355 m/s



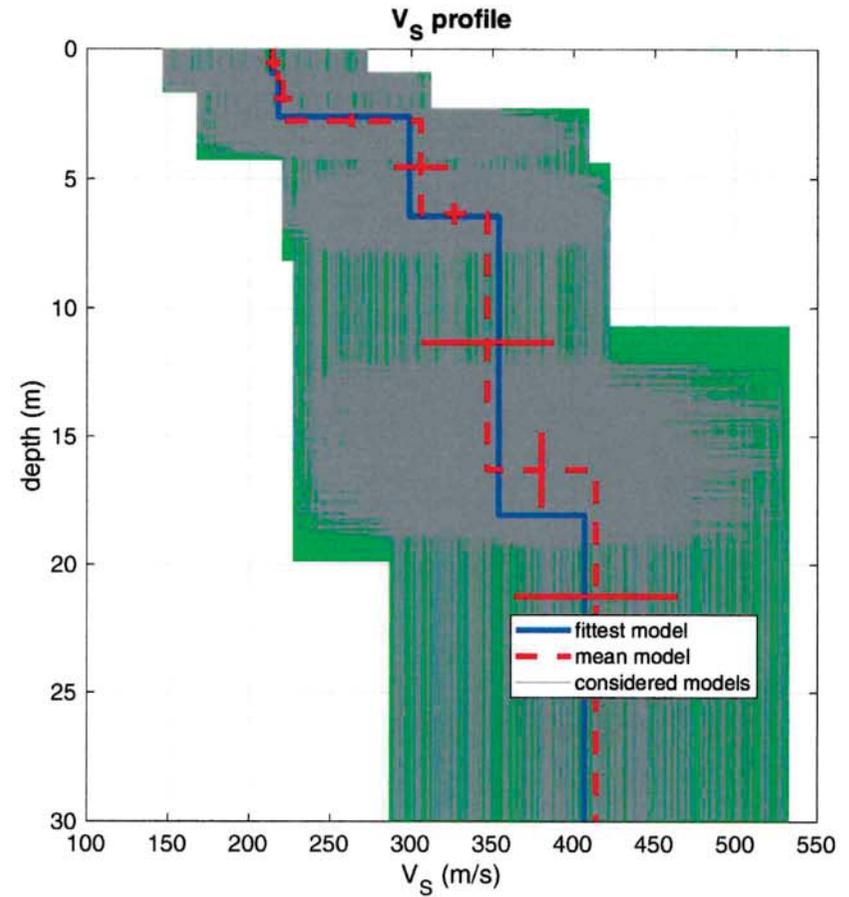
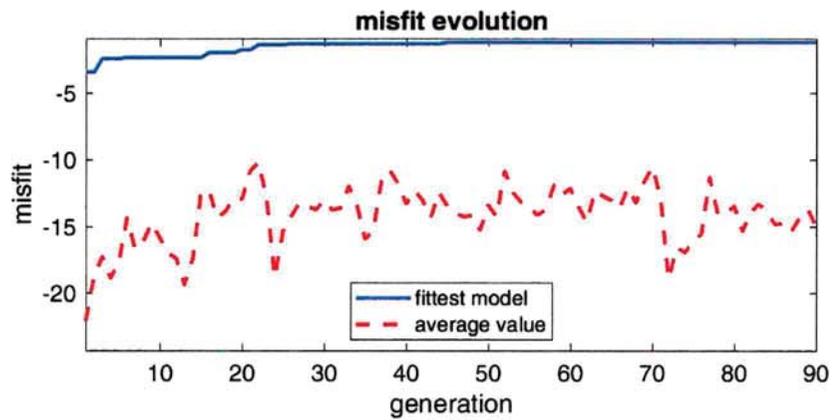
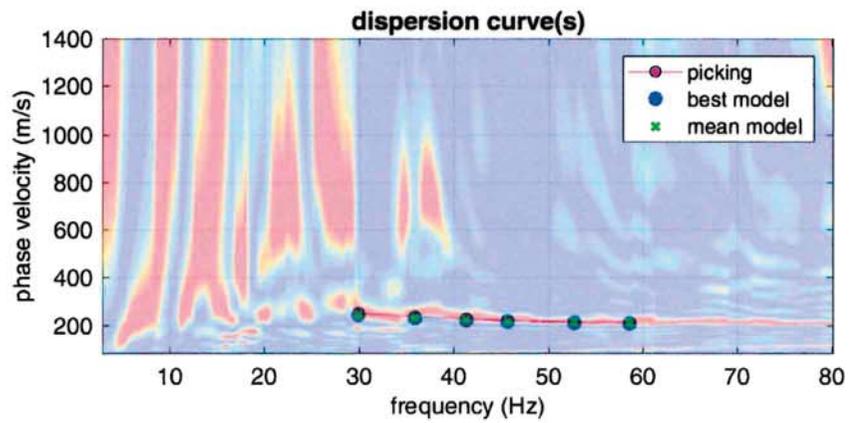
www.winmasw.com

dataset: Masw2

dispersion curve: p.cdp

Vs30 & VsE (best model): 347 347 m/s

Vs30 & VsE (mean model): 347 347 m/s



dataset: **Masw3**

dispersion curve: p.cdp

V_{s30} & V_{sE} (best model): 345 345 m/s

V_{s30} & V_{sE} (mean model): 348 348 m/s



Esecuzione indagine Masw n. 1





Esecuzione indagine Masw n. 2





Esecuzione indagine Masw n. 3



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, giugno 2022

IL DIRETTORE TECNICO

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

