



PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO “Francavilla Fontana”

Potenza complessiva 27,3 MWp e SDA da 16 MVA

AUR20 – RELAZIONE GEOLOGICA

Comuni di Francavilla Fontana (BR), Grottaglie (TA) e Taranto (TA)

Proponente: EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

25/07/2022

REF.: Revision: A




EDP Renewables Italia Holding S.r.l.

Geol Walter Miccolis

| | | | | | | DATE | | |
|-------|------------|----------|----------|--------------|--|-------|--------------|------------|
| A | 25/07/2022 | MICCOLIS | MICCOLIS | TIZZONI | PROGETTO DEFINITIVO PER AUTORIZZAZIONE | 07/22 | CHECKED | W MICCOLIS |
| EDIC. | DATE | BY | CHECKED | REVISED-EDPR | MODIFICATION | 07/22 | REVISED-EDPR | S TIZZONI |

GENERAL INDEX

| | |
|--|-----------|
| GENERAL INDEX..... | 2 |
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO | 5 |
| 3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO | 10 |
| 3.1. Carta idrogeomorfologica della regione puglia..... | 10 |
| 3.2. Piano di tutela delle acque della regione puglia | 12 |
| 3.3. Piano di bacino per l'assetto idrogeologico dell'uom regionale puglia e interregionale ofanto (ex adb interr. puglia)..... | 14 |
| 4. CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO | 17 |
| 4.1. Caratteri geologici locali..... | 18 |
| 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO | 20 |
| 6. ASSETTO IDROGEOLOGICO | 22 |
| 6.1.1. Caratteristiche dell'acquifero superficiale | 22 |
| 6.1.2. Caratteristiche dell'acquifero profondo | 22 |
| 6.2. Verifica della compatibilità del progetto con il sistema idrogeologico | 24 |
| 7. INDAGINI IN SITO | 27 |
| 7.1. Prove penetrometriche continue dpsh..... | 28 |
| 7.1.1. Interpretazione delle prove | 30 |
| 7.2. Tomografia sismica in onde P..... | 34 |
| 7.2.1. Interpretazione delle prove | 36 |
| 7.3. Sismica MASW | 42 |
| 7.3.1. Calcolo Vs, eq (D.M. 17/01/2018 – NTC2018) | 46 |
| 8. CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE E TETTONICHE | 49 |
| 8.1. Sismicità dell'area | 49 |
| 8.2. Normativa di riferimento ed azione sismica | 55 |
| 9. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO | 61 |
| 10. CONCLUSIONI | 65 |

| | | |
|--|--|--------------------|
|  | <p>PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA</p> | <p>Luglio 2022</p> |
|--|--|--------------------|

1. INTRODUZIONE

Su incarico della Società EDP Renewables Italia Holding S.r.l., lo scrivente, geologo Walter MICCOLIS, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Puglia con n° 676, ha redatto la presente relazione geologica relativa alla realizzazione di un impianto agrofotovoltaico, mediante tecnologia fotovoltaica con tracker monoassiale, intende realizzare nei comuni di Francavilla Fontana (BR), Grottaglie (TA) e Taranto (TA).

L'impianto avrà una potenza installata di 27342 kWp e l'energia prodotta verrà immessa sulla rete RTN in alta tensione.

L'impianto sarà inoltre dotato di un sistema di accumulo della potenza nominale di 16000 kW e con capacità di accumulo di 32000 kWh.

Accettato l'incarico e presa visione dell'opera progettuale, il relazionante si è recato sul sito al fine di riconoscere la situazione litostratigrafica locale, di definire l'origine e la natura dei depositi, nonché la geologia locale dell'area oggetto di studio nel contesto regionale; il relazionante ha integrato i dati in suo possesso con una ricerca bibliografica sulla letteratura geologica.

Con l'aggiornamento del Testo unico "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17/01/2018, si definiscono le procedure per eseguire una modellazione geologica e geotecnica del sito interessato da opere interagenti con i terreni e rocce.

Perciò in ottemperanza alle prescrizioni del suddetto decreto ed alle "Raccomandazioni per la redazione della "RELAZIONE GEOLOGICA" di cui alle Norme Tecniche sulle Costruzioni, redatto dalla Fondazione Centro Studi del Consiglio Nazionale dei Geologi CNG sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione dell'area in oggetto, per la definizione del modello geologico del terreno e per la definizione delle caratteristiche geotecniche dello stesso. Il modello geologico qui elaborato è orientato alla costruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici.

Il programma delle indagini è stato articolato come segue:


- consultazione dei dati geotecnici stratigrafici e idrogeologici relativi a indagini eseguite dallo scrivente su tutto il territorio di Francavilla Fontana;
- rilievo geologico e geomorfologico speditivi;
- elaborazione geotecnica dei parametri ricavati in base alla tipologia delle strutture che si intendono realizzare

In particolare, l'indagine eseguita è stata mirata alla definizione delle successioni stratigrafiche e dei rapporti intercorrenti tra i vari litotipi che direttamente o indirettamente condizionano l'opera in progetto curando in specie:

- la stratigrafia dell'area e l'eventuale spessore dei terreni di copertura da sbancare;
- presenza o meno di falda d'acqua superficiale;
- le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e sottofondazione;
- categoria del suolo e Vs, eq.

In particolare, le indagini effettuate sono consistite in:

- ✓ Esecuzione di n. 3 Prove Penetrometriche Dinamiche (DPSH), al fine di avere informazioni circa le caratteristiche di resistenza dei litotipi indagati.

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

- ✓ Esecuzione di n. 5 Indagini Sismiche MASW, al fine di definire la $V_{s,eq}$ e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).
- ✓ Esecuzione di N. 5 stendimenti sismici a rifrazione con restituzione tomografica.

Per la descrizione dettagliata delle indagini eseguite si rimanda all'ALLEGATO 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto agrofotovoltaico è ubicata interamente nel Comune di Francavilla Fontana (provincia di Brindisi). Il cavidotto MT interessa anche i comuni di Grottaglie (TA) e Taranto (TA), mentre le opere di connessione alla RTN ricadono interamente all'interno del comune di Taranto (provincia di Taranto), in un'area per lo più pianeggiante, avente una quota variabile compresa tra 150 e 155 m s.l.m. Sostanzialmente l'impianto fotovoltaico è suddiviso in due aree non continue, identificate dalle seguenti coordinate (le coordinate geografiche sono in WGS84):

- Area 1: 40°31'05.33" Lat. Nord; 17°29'01.08" Long. Est
- Area 2: 40°31'07.57" Lat. Nord; 17°29'29.33" Long. Est

Cartograficamente l'area occupa la porzione centrale della tavoletta "FRANCAVILLA FONTANA" Fog. 494, Quadr. IV Orient. N.O. e della tavoletta "BRINDISI" Fog. 476, Quadr. III Orient. S.O. in scala 1:50.000 della Carta Ufficiale d'Italia, taglio geografico ED50, 1° servizio Cartografico luglio 2011.

Cartograficamente l'area ricade nel grigliato 5.000 IGM e nella Carta Tecnica Regionale, nei fogli 494062, 494101, 494104, 494103.

I terreni attualmente sono coltivati a seminativo e uliveto, in parte sono in stato di abbandono e in parte sono destinati a pascolo.

L'accesso al sito per le diverse aree d'impianto avviene tramite brevi tratti di strade comunali/vicinali che si diramano dalle seguenti strade principali:

- S.S. 7 (Via Appia, E90) sul lato nord
- Strada provinciale 4 bis ex S.S. 603 sul lato Sud

Di seguito sono riportati stralci della cartografia su cui ricadono le aree di impianto. Si rimanda alle tavole allegate al presente progetto per maggiori dettagli.

| | | |
|---------------------------------------|--|---------------|
| Luogo di installazione | Comune di Francavilla Fontana (BR) | |
| Denominazione Impianto | Impianto agro fotovoltaico Francavilla Fontana | |
| Potenza di picco (kWp) | 27.342,00 kWp | |
| Potenza sistema di accumulo | 16.000,00 kVA / 32.000,00 kWh | |
| Informazioni generali del sito | Sito pianeggiante raggiungibile da strade comunali/provinciali | |
| Tipo di struttura di sostegno | Inseguitore monoassiale | |
| Coordinate Sito Est | Latitudine | 40°31'05.33"N |
| | Longitudine | 17°29'01.08"E |
| | Altitudine | 150-155 m |
| Coordinate Sito Ovest | Latitudine | 40°31'07.57"N |
| | Longitudine | 17°29'29.33"E |
| | Altitudine | 150-155 m |

Tabella 2-1 - Ubicazione del sito



Figura 2-1 – Inquadramento regionale

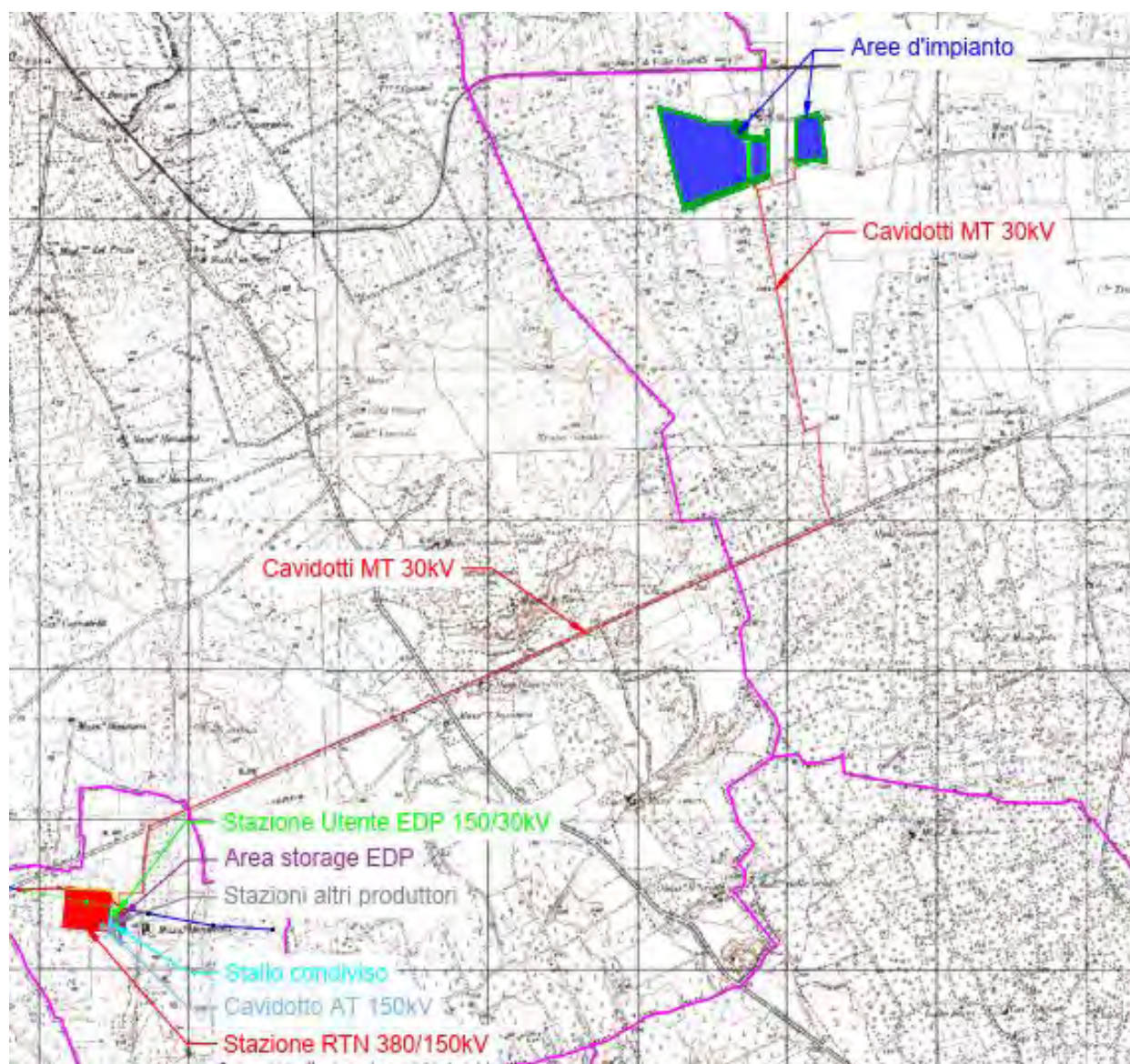


Figura 2-2 – Inquadramento su IGM




Figura 2-3 – Inquadramento su ortofoto

I terreni interessati dall'intervento, così come individuati al catasto terreni del Comune di Francavilla Fontana (BR) sono i seguenti:

- Area impianto 1:
 - Foglio 143, particelle 29, 30, 63
- Area impianto 2:
 - Foglio 143, particelle 52, 53



Figura 2-4 – Inquadramento catastale area impianto 1

| | | |
|--|--|--------------------|
|  | <p>PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA</p> | <p>Luglio 2022</p> |
|--|--|--------------------|

3. INQUADRAMENTO VINCOLISTICO

Nel presente paragrafo, si analizzano le relazioni tra le aree interessate dal progetto e gli atti di pianificazione e programmazione territoriale inerenti l'assetto geologico-geomorfologico ed idrogeologico.

Per verificare la compatibilità del progetto con gli strumenti di pianificazione territoriale, dopo aver eseguito un rilievo geomorfologico di dettaglio per la verifica di emergenze geomorfologiche, di particolare interesse paesaggistico, sono state consultate le seguenti cartografie di settore:

- Carta Idrogeomorfologica redatta dall'AdB Puglia su commissione della stessa Regione Puglia;
- Piano di Assetto Idrogeologico redatto dall'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex AdB Interr. Puglia) e Varianti di aggiornamento mappe PAI alle mappe PGRA del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale;
- Piano di Tutela delle Acque (PTA).

Per le interferenze con il Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR), si rimanda agli stralci cartografici di progetto nonché al SIA.

3.1. CARTA IDROGEOMORFOLOGICA DELLA REGIONE PUGLIA

La giunta regionale della Regione Puglia, con delibera n. 1792 del 2007, ha affidato all'Autorità di Bacino della Puglia il compito di redigere una nuova Carta Idrogeomorfologica del territorio pugliese, quale parte integrante del quadro conoscitivo del nuovo Piano Paesaggistico Territoriale regionale (PPTR), adeguato al Decreto Legislativo 42/20047.

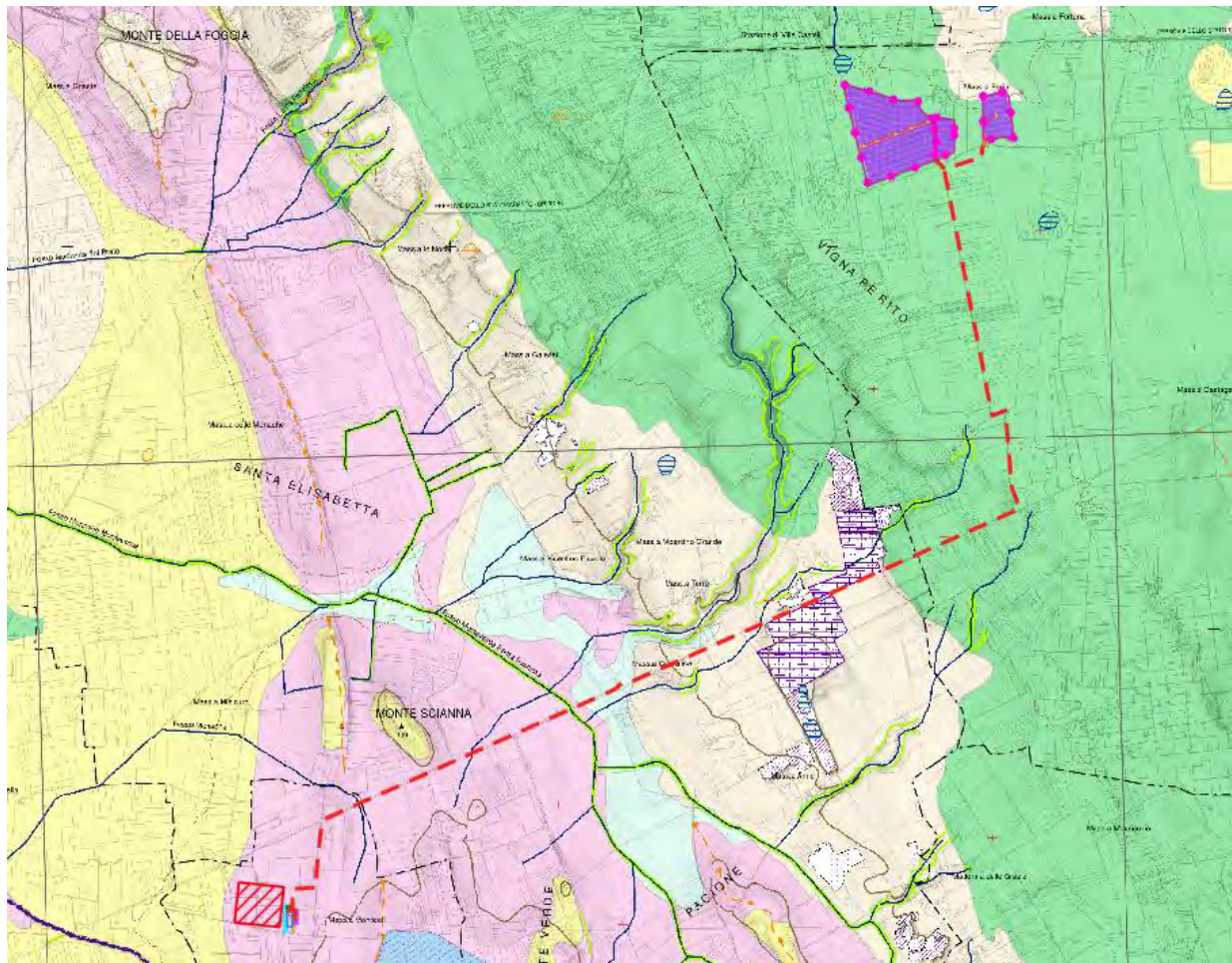
La nuova Carta Idrogeomorfologica della Puglia, in scala 1: 25.000, ha come principale obiettivo quello di costituire un quadro di conoscenze, coerente e aggiornato, dei diversi elementi fisici che concorrono all'attuale configurazione dell'assetto morfologico e idrografico del territorio, delineandone i caratteri morfografici e morfometrici ed interpretandone l'origine in funzione dei processi geomorfici, naturali ed antropici.

La Carta Idrogeomorfologica della Puglia ha seguito un percorso strettamente definito e cadenzato che ha previsto un approfondimento continuo e costante del quadro conoscitivo fisico del territorio, sulla base anche della nuova cartografia tecnica e delle immagini disponibili e di conseguenti elaborazioni e valutazioni.

Tale cartografia risulta quindi sicuramente più aggiornata e precisa rispetto alla serie n. 10 geomorfologia del PUTT, che lo sostituisce, considerata la scala di elaborazione del piano stesso, redatta sulla base delle carte CTR.










Come si può osservare dagli stralci della Carta Idrogeomorfologica mostrati in Figura *Figura 3-1* nell'area in studio le emergenze censite sono riconducibili a forme ed elementi legati all'idrografia superficiale.

In particolare per quanto concerne l'Arra dell'impianto FV,, non si rileva alcuna interferenza con elementi della Carta Idrogeomorfologica. Per quanto concerne invece il cavidotto di connessione interrato MT, lo stesso interferisce con il reticolo idrografico, in diversi punti; si rimanda nel dettaglio alla relazione idrologica ed idraulica per il superamento di detta interferenza.







ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI



Litologia del substrato

-  Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
-  Unità a prevalente componente argillosa
-  Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
-  Unità a prevalente componente arenitica
-  Unità a prevalente componente ruditica
-  Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
-  Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
-  Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
-  Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

FORME CARSCICHE

-  Ingresso di grotta naturale
-  Voragine, inghiottitoio o pozzo di crollo
-  Dolina
-  Orlo di depressione carsica a morfologia complessa

FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA

-  Ripa di erosione
-  Ciglio di sponda

FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE









-  Corso d'acqua
-  Corso d'acqua episodico
-  Corso d'acqua obliterato
-  Corso d'acqua tombato
-  Recapito finale di bacino endoreico
-  Sorgente
-  Canale lagunare

Figura 3-1 – Stralcio Carta Idrogeomorfologica della regione Puglia – FG 494 "Francavilla Fontana" (Area Impianto e Opere di Connessione)

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

3.2. PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE DELLA REGIONE PUGLIA

Con deliberazione di Consiglio Regionale n. 230 del 20 ottobre 2009 è stato approvato il Piano Regionale di Tutela delle Acque; la proposta di Aggiornamento 2015-2021 del Piano regionale di Tutela delle Acque (PTA), è stata adottata con D.G.R. n. 1333 del 16/07/2019

Il Piano rappresenta lo strumento per il raggiungimento e il mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici significativi superficiali e sotterranei e degli obiettivi di qualità per specifica destinazione, nonché della tutela qualitativa e quantitativa del sistema idrico.

Nello specifico, sulla base delle risultanze delle attività di studio integrato dei caratteri del territorio e delle acque sotterranee, sono stati delimitati comparti fisico-geografici del territorio meritevoli di tutela perché di strategica valenza per l'alimentazione dei corpi idrici sotterranei.

Zone di protezione speciale idrogeologica, di cui alla Tavola C07 del Piano di Tutela delle Acque (Aggiornamento 2015-2021). L'analisi comparata dei caratteri del territorio e delle condizioni idrogeologiche ha portato ad una prima definizione di zonizzazione territoriale, codificata mediante le lettere A, B e C. Il PTA propone strumenti e misure di salvaguardia specifici per ogni tipo di zona di protezione speciale idrogeologica, riportate di seguito:

- Le Zone di Protezione Speciale Idrogeologica – Tipo "A" - individuate sugli alti strutturali centro-occidentali del Gargano, su gran parte della fascia murgiana nord-occidentale e centro-orientale, sono le aree afferenti ad acquiferi carsici complessi ritenute strategiche per la Regione Puglia in virtù del loro essere aree a bilancio idrogeologico positivo, a bassa antropizzazione ed uso del suolo non intensivo.
- Le Zone di Protezione Speciale Idrogeologica – Tipo "B" sono aree a prevalente ricarica afferenti anch'esse a sistemi carsici evoluti (caratterizzati però da una minore frequenza di rinvenimento delle principali discontinuità e dei campi carsici, campi a doline con inghiottitoio) e interessate da un livello di antropizzazione modesto ascrivibile allo sviluppo delle attività agricole, produttive, nonché infrastrutturali.
- Le Zone di Protezione Speciale Idrogeologica – Tipo "C" - individuate a SSW di Corato-Ruvo, nella provincia di Bari e a NNW dell'abitato di Botrugno, nel Salento, sono aree a prevalente ricarica afferenti ad acquiferi strategici, in quanto risorsa per l'approvvigionamento idropotabile, in caso di programmazione di interventi in emergenza.

L'intervento in oggetto non ricade in nessuna Zona di Protezione Speciale Idrogeologica.

Aree interessate da contaminazione salina: l'intervento in oggetto ricade totalmente in Aree interessate da contaminazione salina.

Aree di tutela quali-quantitativa: l'intervento in oggetto non in aree di tutela quali-quantitativa.

Le aree perimetrare come aree interessate da contaminazione salina, non pongono, secondo le NTA del Piano di Tutela delle Acque vincoli e prescrizioni di carattere progettuale, ma solo limitazioni alla captazione ed all'emungimento delle acque sotterranee, e pertanto, si ritiene l'intervento compatibile con il Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia.

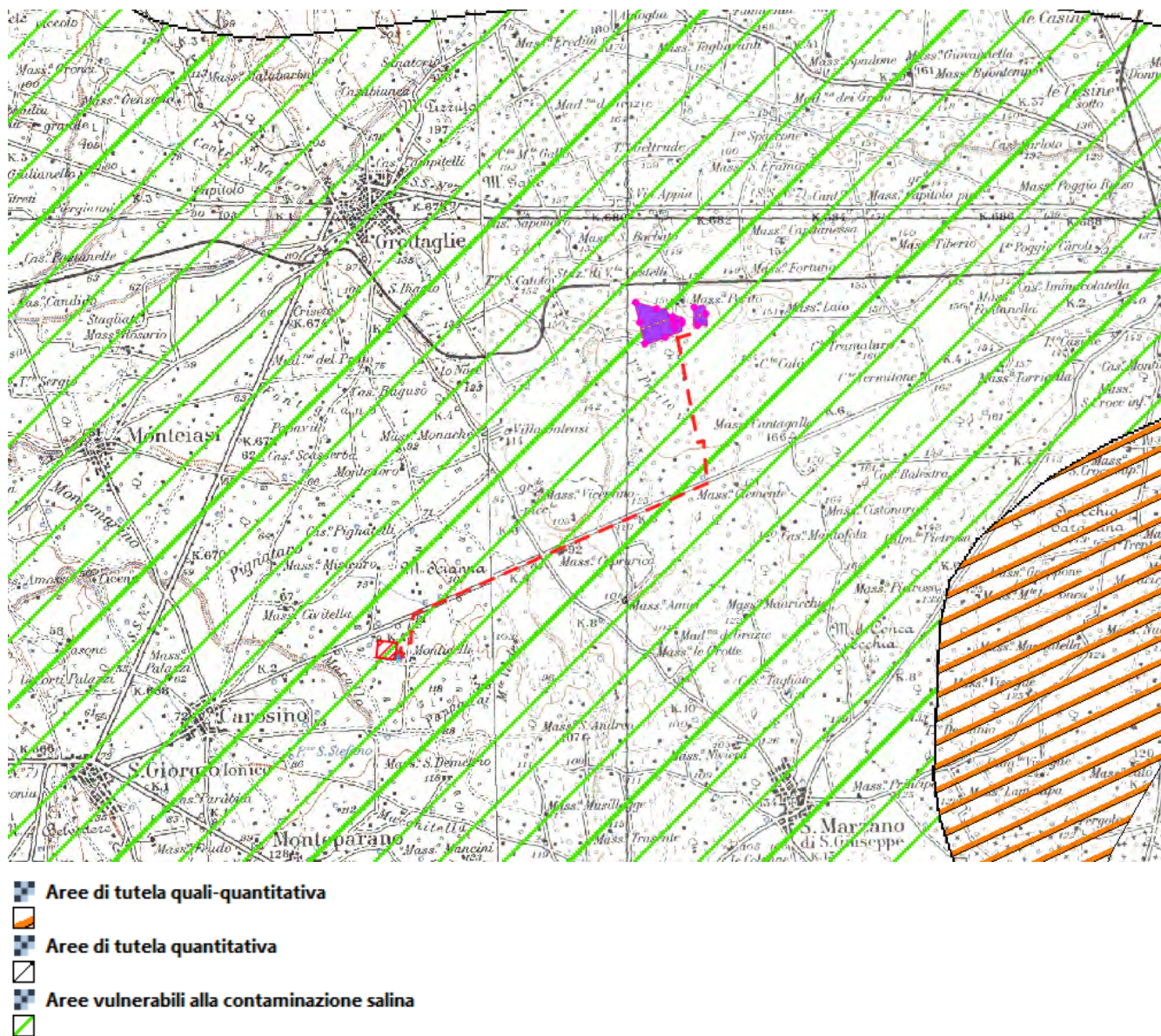



Figura 3-2 – Stralcio del Piano di Tutela delle Acque con sovrapposizione del Layout di progetto di progetto (Fonte: WMS – SIT Puglia)

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

3.3. PIANO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'UOM REGIONALE PUGLIA E INTERREGIONALE OFANTO (EX ADB INTERR. PUGLIA)

Il piano di bacino per l'assetto idrogeologico dell'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto (ex Adb interr. Puglia), ricadente all'interno del Distretto idrografico dell'Appennino Meridionale, è finalizzato al miglioramento delle condizioni del regime idraulico e della stabilità geomorfologica necessari a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo del territorio sostenibile rispetto agli assesti naturali ed alla loro tendenza evolutiva.

Il PAI in merito alla pericolosità geomorfologica ed idraulica individua le seguenti aree:

- Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3): porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti.
- Aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2): porzione del territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata
- Aree a pericolosità geomorfologica media e bassa (P.G.1): porzione di territorio caratterizzata da bassa suscettività geomorfologica all'instabilità
- Aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni.
- Aree a media pericolosità idraulica (M.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso fra 30 e 200 anni.
- Aree bassa pericolosità idraulica (B.P.): porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso fra 200 e 500 anni.

Inoltre sulla base del DPCM del 29 settembre 1998 sono individuate le aree a rischio:

- Molto elevato (R4)
- Elevato (R3)
- Medio (R2)
- Moderato (R1)

La *Figura 3-3* e *Figura 3-4*, mostrano le mappe aggiornate della pericolosità idraulica e geomorfologica, con indicazione del layout di progetto: dalla figura si evince che in merito al progetto, nessuna area di progetto ricade in aree vincolate.

Il cavidotto MT interrato di connessione interseca invece una fascia perimetrata come ad Alta Pericolosità Idraulica. Per la risoluzione di tale interferenza si rimanda alla relazione idrologica ed idraulica.

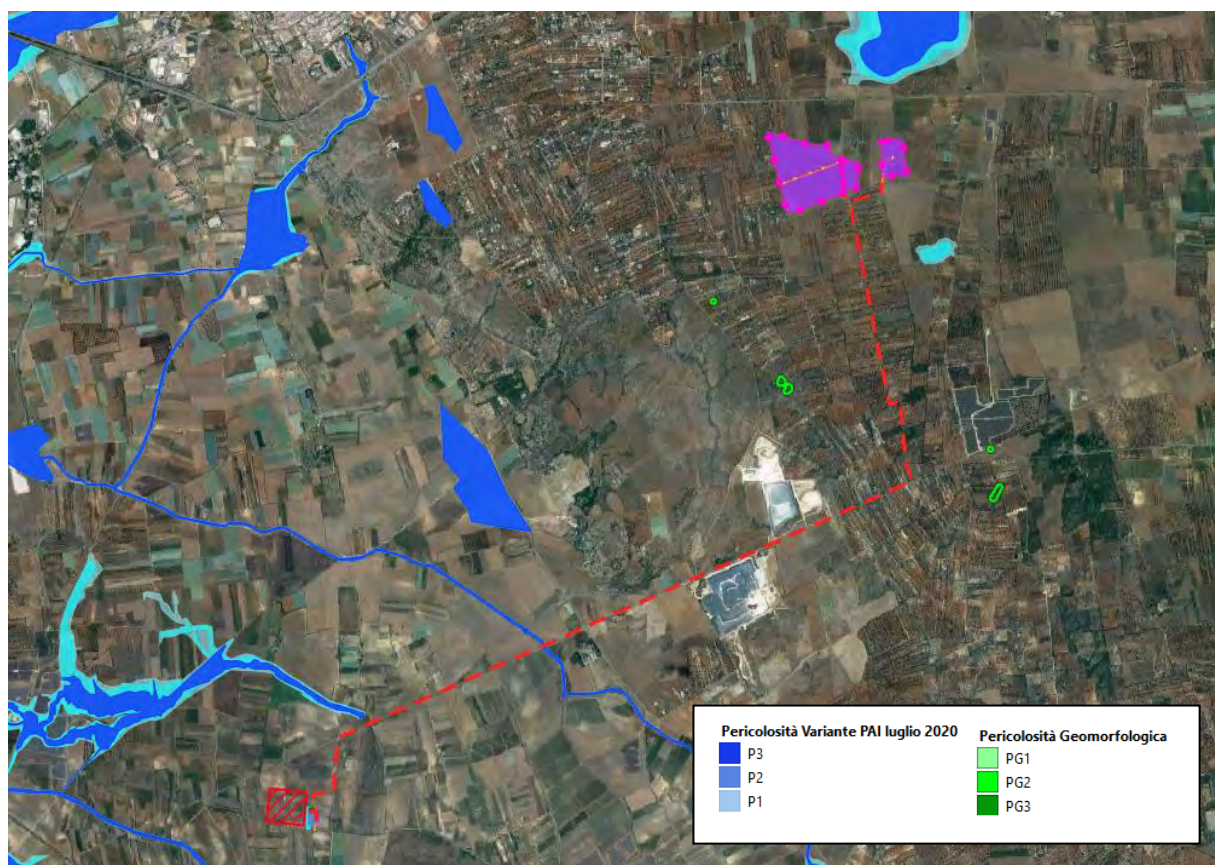


Figura 3-3 – Particolare del lotto di progetto con indicazione dei Perimetri PAI vigenti (agg. al 15/02/2022).



Figura 3-4 – Particolare del lotto di progetto Particolare del lotto di progetto con indicazione dei Perimetri PAI vigenti (agg. al 15/02/2022). Figura sopra area Parco; figura sotto area stazione elettrica.

4. CONTESTO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La geologia, in generale, rispecchia, i peculiari aspetti geotettonici regionali (Ciaranfite al, 1992).

La formazione più antica presente, affiorante sulle Murge, è quella calcarea e calcarea-dolomitica del cretaceo superiore (calcare di Altamura) che, come noto, costituisce il basamento regionale ove ha sede la più importante risorsa idrica sotterranea pugliese.

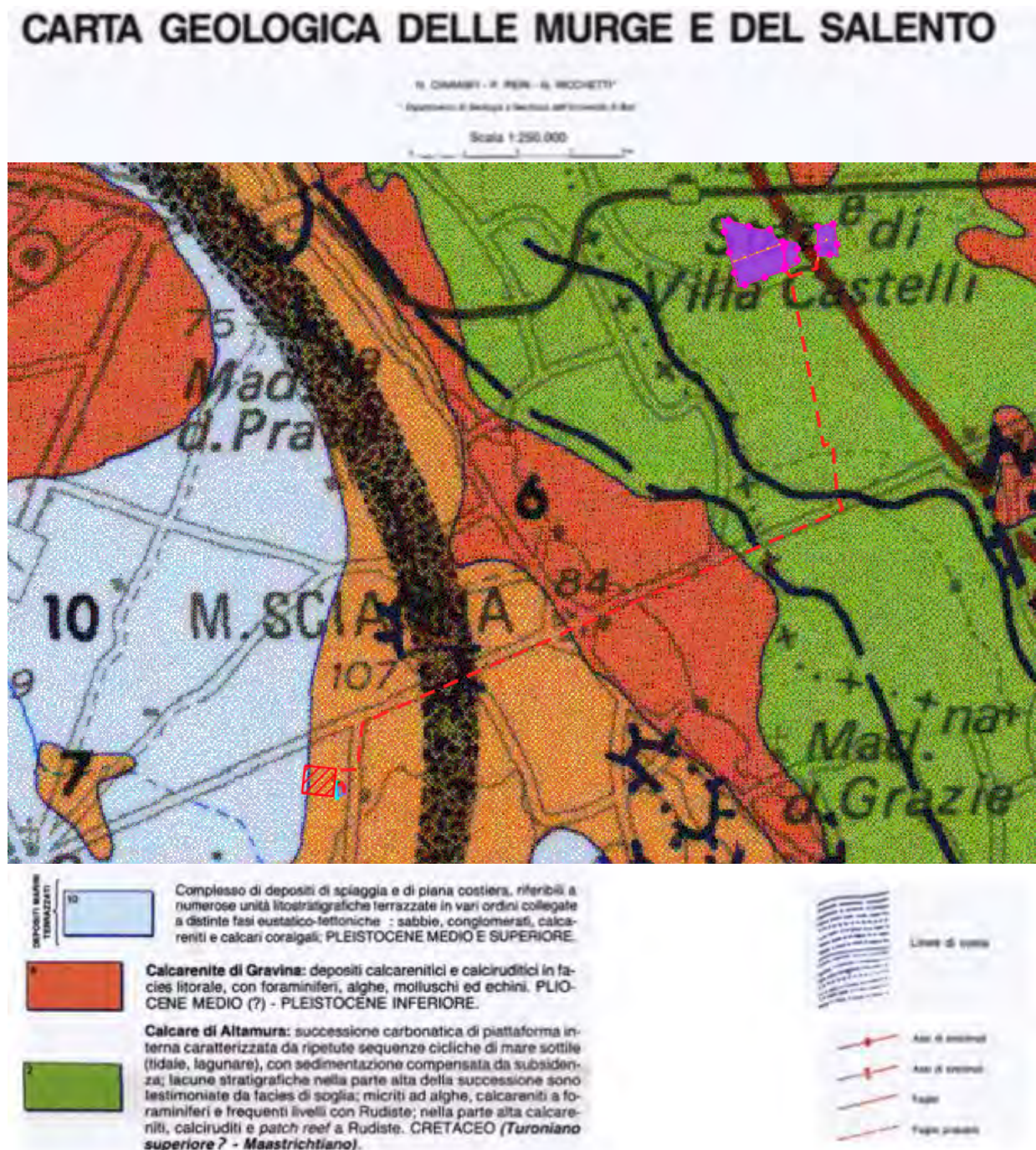


Figura 4-1 – Stralcio Carta Geolitologica delle Murge e del Salento in scala 1:250.000 (Ciaranfi, Pieri, Ricchetti)

L'area di studio fa parte dell'Avampaese Apulo, che rappresenta uno dei domini della piastra Apula, un corpo litosferico autonomo rispetto alla placca africana, di cui è considerato un originario promontorio del continente africano.

Per ciò che attiene agli aspetti strutturali dell'area d'indagine, l'unità calcarea è la sola che mostra di aver subito eventi tettonici significativi. Le altre, infatti, hanno assetto strettamente tabulare, geneticamente legato all'atto della loro sedimentazione.

Il substrato mesozoico, al contrario, sebbene sostanzialmente monoclinale, con immersione generale da NE verso SW, è movimentato da pieghe e faglie, a carattere locale. Le prime, ad assi orientati prevalentemente secondo le direttrici appenniniche, si traducono in blande ondulazioni della massa lapidea, con inclinazioni delle ali delle pieghe che solo eccezionalmente superano i 30 gradi. Le seconde, a rigetti contenuti, in genere, in pochi metri, si associano in famiglie che producono il ribassamento a gradonata dello stesso basamento mesozoico verso la costa.

A queste discontinuità strutturali si correla l'elevato stato di fratturazione delle rocce carbonatiche e, indirettamente, il grado di carsogenesi delle stesse.

4.1. CARATTERI GEOLOGICI LOCALI

Per la definizione dello scenario territoriale di riferimento, alla scala del progetto in epigrafe, è stato effettuato un rilievo geologico e strutturale all'intorno dell'area di intervento.

Il territorio d'indagine caratterizzato dalla sovrapposizione, per trasgressione, di una serie sedimentaria clastica pleistocenica su di un substrato mesozoico carbonatico, ampiamente affiorante nell'entroterra della stessa regione, a quote più elevate, sebbene di più antica genesi.

In particolare, la successione stratigrafica dei luoghi si compone, dal basso verso l'alto, di termini riferibili alle seguenti unità:


- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| a) "Calcarea di Altamura" | (Senoniano) |
| b) "Calcareniti di Gravina" | (Pliocene sup.) |
| c) "Argille subappennine" | (Calabriano) |
| d) "Depositi marini terrazzati" | (Pleistocene) |

I **"Calcari di Altamura"**, di età senoniana, costituiscono il basamento delle rocce sedimentarie plio-pleistoceniche ed affiorano estesamente all'interno dell'area del parco fotovoltaico, di cui ne costituiscono per la quasi totalità il sedime di fondazione.

La roccia si presenta più o meno fratturata, a grana fine, ben stratificata, con spessori variabili da pochi cm ad oltre il metro, ed è rappresentata localmente da calcari detritici di colore dal bianco al grigio scuro, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e dolomie grigiastre. A questi si associano termini residuali limoso-argillosi rossastri ("terre rosse"), sia di deposizione primaria (caratterizzati da geometrie lenticolari, da modesta estensione e da spessore raramente superiore a metri 1), sia di colmamento delle principali discontinuità strutturali della massa rocciosa. La genesi di tali discontinuità è imputabile a cause meccaniche ("fratturazione") e chimiche ("dissoluzione carsica").

L'intersezione di queste discontinuità strutturali con quelle di origine sedimentaria ("giunti di stratificazione") determina la scomposizione dell'ammasso roccioso in blocchi, a geometrie vagamente regolari, di volumetrie comprese tra pochi centimetri cubici e svariati decimetri cubici.

Laddove più intensa è la sconnessione, le acque vadose acidulate hanno avuto modo di svolgere, nel tempo, una sensibile azione aggressiva nei confronti dei carbonati, sino a generare fenomenologie

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

carsiche, esplicate in cavità sotterranee anche d'imponenti dimensioni. Queste hanno sviluppo prevalentemente suborizzontali e sono organizzate in sistemi interconnessi che impegnano livelli ampiamente estesi.

Collegate tra loro da una rete di canalicoli, sono, a volte, in comunicazione diretta con l'ambiente esterno, sia tramite fessure beanti che con apparati maggiormente evoluti, quali vore ed inghiottitoi.

La carsogenesi, particolarmente sviluppata nell'area delle Murge, presenta meccanismi evolutivi assai complessi, in diretto rapporto con la natura litologica e con l'assetto tettonico delle facies carbonatiche. Particolarmente sensibili sono i litotipi porosi (calcarei biancastri) e quelli interessati da giunti di stratificazione e di fratturazione. Infatti, la direttrice principale di sviluppo dei vuoti carsici segue, in prevalenza, quella del sistema primario di fratturazione regionale, orientato da N-NO a S-SE.

Lo spessore complessivo dell'unità carbonatica è superiore a m 3000 ed è troncato in alto da una netta superficie di abrasione.

Le "**Calcareni di Gravina**" di età Pliocenica trasgressive sul Calcarea di Altamura, affiorano in un piccolo lembo all'interno dell'area di impianto; si rinvencono sotto le argille grigio-azzurre nell'area della stazione elettrica. Si tratta di calcareniti organogene, variamente cementate, porose, bianco-giallognole, costituite da clastici derivati dalla degradazione dei calcari cretaci nonché da frammenti fossiliferi; alla base della formazione si riscontra un conglomerato a ciottoli calcarei con matrice calcarea rossastra.

Le "**Argille Subappeninne**", di età calabriana, affiorano a est del sito; poggiando in continuità di sedimentazione sulle Calcareni di Gravina.

La formazione è costituita da argille marnose e silteose, marne argillose, talora decisamente sabbiose. Il colore è grigio-azzurro o grigio-verdino; in superficie la colorazione è bianco-giallastra. Generalmente i litotipi più marnosi e sabbiosi si rinvencono nei livelli superiori, mentre nei livelli basali si rinvencono le argille grigio azzurre. Gli spessori di argilla nella provincia ionica possono superare anche i 250 mt.

Costituiscono il sedime di fondazione dell'area della stazione Elettrica.

I "**Depositi Marini terrazzati**" del Pleistocene, affiorano a est dell'area del parco e ad ovest dell'area della stazione elettrica con spessori variabili da 1 m a 10 m; Sono costituite da sabbie calcaree poco cementate con intercalati banchi di panchina.

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Morfologicamente, in un'ampia visione, i terrazzi morfologici rappresentano l'elemento morfologico dominante nell'area: essi sono costituiti da interruzioni del pendio, spesso delimitati da un evidente gradino.

Nel suo complesso la conformazione del territorio è da porre in relazione con i processi morfogenetici sia erosivi sia sedimentari che si sono verificati durante il Pleistocene per effetto di ripetute oscillazioni del mare collegate a movimenti verticali delle terre, nonché a fenomeni glacioeustatici.

È evidente il controllo esercitato dalla struttura tettonica distensiva (che ha determinato il tipico assetto gradinato) sulle ingressioni marine differenziali.

La serie dei terrazzi è disposta ad anfiteatro con andamento grosso modo parallelo alla linea attuale di costa, e sono via via altimetricamente decrescenti dall'interno verso il mare, passando dai più antichi ai più recenti.

L'idrografia superficiale è poco sviluppata ed è costituita da solchi erosivi poco pronunciati e mal gerarchizzati. La natura carsica delle rocce affioranti e le lievi pendenze della superficie topografica favoriscono l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo e impediscono il rapido deflusso delle acque di scorrimento superficiale.

L'abbondanza di formazioni calcaree altamente permeabili sono all'origine di falde d'acqua sotterranee che alimentano sorgenti e polle soprattutto nella piana costiera tarantina; la piccola distanza dal mare genera brevi corsi d'acqua che versano in mare ed i cui esempi più significativi sono (in ordine crescente di portata) i fiumi Cervaro, Chidro, Tara e Galeso.

La composizione prevalentemente carbonatica delle unità litologiche affioranti ha sicuramente favorito lo sviluppo dei fenomeni carsici, che, tuttavia, a causa della particolare evoluzione paleogeografica dell'area, si sono talvolta esplicati in maniera discontinua e policiclica.


In pratica, si tratta di un sistema carsico molto complesso e articolato, sviluppatosi in più periodi, su più livelli e a diverse profondità nel sottosuolo. La causa di tale complessità è individuabile nelle numerose vicissitudini paleogeografiche che hanno interessato il territorio murgiano durante il Terziario e il Quaternario. In tale arco di tempo il livello marino ha subito numerose e frequenti oscillazioni di origine prevalentemente glacio-eustatica, con escursioni altimetriche anche superiori ai 100 metri, mentre le zone continentali sono state a loro volta interessate da movimenti verticali di origine sia tettonica che isostatica.

Tali movimenti relativi tra il livello marino e le aree continentali hanno determinato numerose e frequenti variazioni del livello di base carsico regionale e la conseguente formazione, all'interno delle successioni carbonatiche del basamento mesozoico pugliese, di più livelli particolarmente carsificati, che rappresentano testimonianze di un "paleo-carsismo" esplicitosi in condizioni paleogeografiche molto differenti da quelle attuali.

I processi di dissoluzione carsica si sono impostati in maniera preferenziale lungo le principali discontinuità tettoniche e lungo i più importanti sistemi di frattura, sviluppandosi prevalentemente secondo delle direttrici NW-SE.

Gli effetti della morfogenesi carsica si evidenziano sul territorio con la presenza di strutture di piccole, medie e grandi dimensioni.

Le strutture più frequenti e di maggiori dimensioni sono indubbiamente le doline e le grotte; queste ultime non sono state censite nell'intorno dell'area in esame.

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO “Francavilla Fontana” DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|


Le prime si presentano sotto forma di blande depressioni dal contorno pseudo-circolare o ellittico, con una forma generalmente piuttosto piatta (a “piatto” o a “scodella”) legata, in molti casi, al colmamento dell’originaria depressione con materiali ivi trasportati dalle acque di ruscellamento.

Le depressioni dolinari si formano per effetto dell’azione solvente delle acque pluviali che si esplica in corrispondenza e nelle vicinanze di strutture che permettono l’infiltrazione concentrata delle acque nel sottosuolo (come ad es. sistemi di fratture beanti). In alcuni casi al centro delle doline sono presenti dei veri e propri inghiottitoi, il cui imbocco è, nella maggior parte dei casi, occultato da accumuli detritici.

I depositi che spesso colmano parzialmente o quasi interamente le doline sono in prevalenza costituiti da accumuli detritici a granulometria grossolana (ghiaie) e/o da accumuli di “terra rossa” di spessore variabile in funzione della morfologia e del grado di evoluzione delle singole doline.

Quanto esplicitato in precedenza è mostrato in forma grafica nella Tavola 3 – Carta Geomorfologica.

Proprio per le peculiarità sopra descritte, le aree interessate dagli affioramenti carbonatici, dovranno in fase esecutiva, essere indagate in maniera dettagliata, al fine di scongiurare la presenza di sistemi carsici nel sottosuolo (vuoti, sacche di terra rossa, sistemi di fratturazione complessi, ecc) all’interno del volume di influenza delle opere di fondazione.

| | | |
|--|--|--------------------|
|  | <p>PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA</p> | <p>Luglio 2022</p> |
|--|--|--------------------|

6. ASSETTO IDROGEOLOGICO

I caratteri di permeabilità della successione litostratigrafica che caratterizza l'area di intervento permettono di suddividere la stessa in 3 unità idrogeologiche che rivestono un diverso ruolo idrostrutturale. Queste, dalla più profonda a quella più superficiale, sono:

- ✓ unità calcarea profonda, corrispondente alla successione carbonatica cretaceo - pliocenica, permeabile essenzialmente per fessurazione e carsismo, con grado di permeabilità variabile da mediamente a molto permeabile e sede della falda di base circolante in pressione.
- ✓ unità argilloso - marnosa, corrispondente alle Argille subappennine, praticamente impermeabile, rappresenta un acquiclude;
- ✓ unità superiore, corrispondente ai depositi calcarenitico-sabbiosi ed indicativamente al primo metro delle Argille subappennine (livello di alterazione), permeabile per porosità e sede di una falda superficiale a pelo libero sostenuta dalla sottostante unità argilloso-marnosa;

In sintesi, quindi, nell'area di interesse esiste un acquifero, sede della cosiddetta falda di base o profonda, confinato superiormente dalle argille subappennine, ed un acquifero superficiale (confinato inferiormente dalle stesse argille) costituito dalla unità calcarenitica superiore interessato dalla presenza di acque dolci.

Tutto questo settore è caratterizzato dalla presenza di acque sotterranee circolanti nelle rocce carbonatiche basali (falda profonda) alimentate dall'acquifero Murgiano; esse drenano naturalmente verso il mare ma, a seconda delle barriere idrogeologiche presenti, vengono a giorno in forma concentrata o diffusa (sorgenti subcostiere, costiere, subaeree e sottomarine) oppure alimentano in parte l'acquifero superficiale, rappresentato per lo più dai depositi marini terrazzati (falda superficiale).

6.1.1. Caratteristiche dell'acquifero superficiale

In corrispondenza del settore di affioramento dei depositi di terrazzo tale acquifero ha una potenza estremamente variabile, pari mediamente a 4 - 5 metri e contiene una falda freatica che interessa la parte inferiore delle calcareniti sabbiose affioranti ed i primi decimetri della sottostante successione argillosa, più ricca nella frazione limoso-argillosa e coincidente probabilmente con un fronte di alterazione.

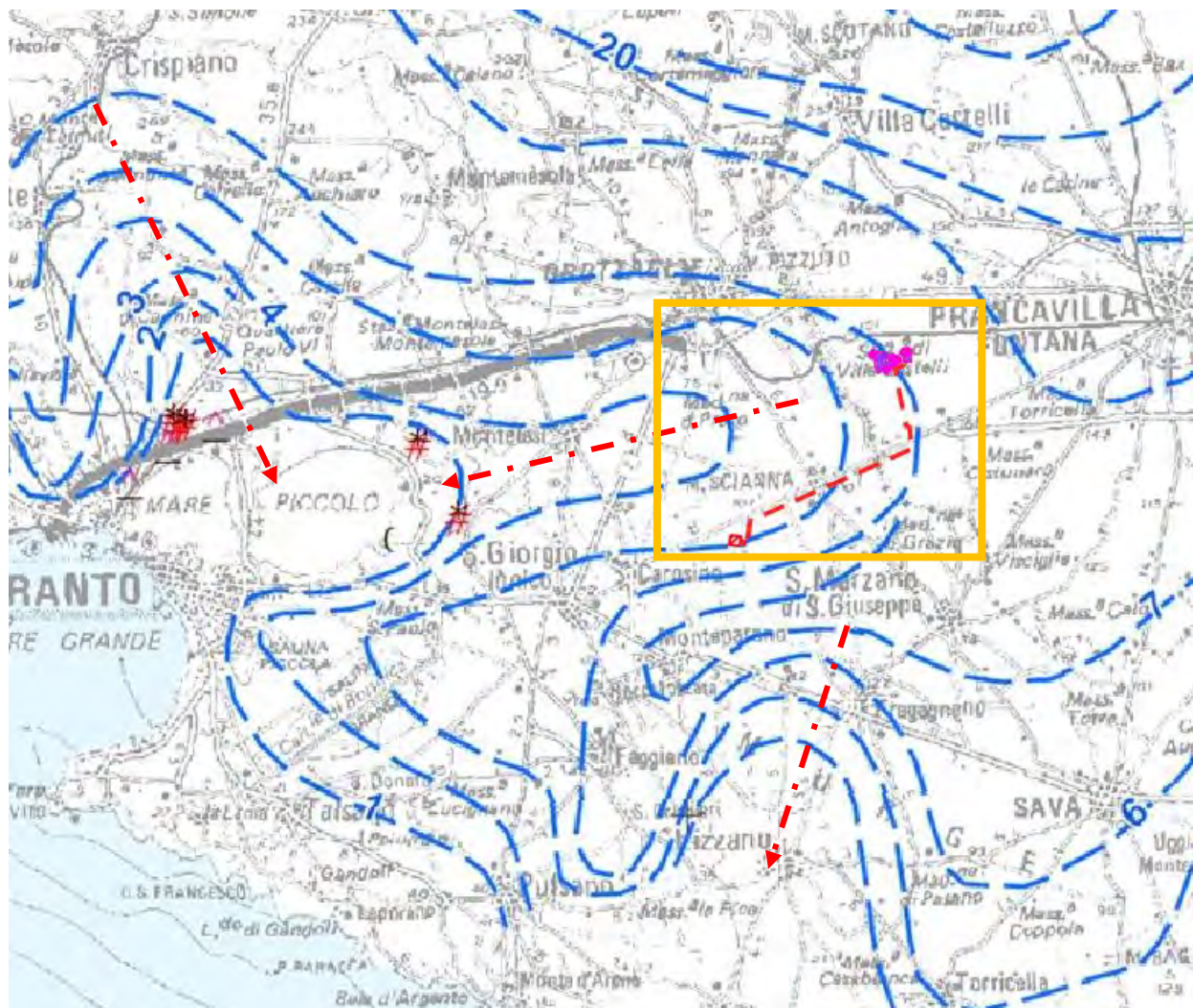
Nell'area strettamente interessata al progetto, le particolari condizioni litostratigrafiche, fanno sì che la falda idrica superficiale sia del tutto assente.

6.1.2. Caratteristiche dell'acquifero profondo

Nell'area in studio, si rinviene il complesso acquifero murgiano, la cui falda profonda percola, in pressione, a qualche metro sopra il livello medio marino a circa 140 m dal p.c.

La permeabilità media dei terreni affioranti è molto buona ed è variabile a seconda del grado di alterazione dei calcari; in ogni caso non inferiore a $K = 1 \times 10^{-4}$ m/sec.

L'andamento della superficie piezometrica, mostrato in *Figura 6-1*, evidenzia un deflusso idrico sotterraneo nella zona piuttosto omogeneo, caratterizzato da ampi fronti di drenaggio con direzione principale di deflusso orientata verso la costa.



LEGENDA

— isopiezica (m s.l.m.)

EMERGENZE CENSITE DA S.I.M. DI BARI

* Portata < 10 l/s

Portata > 10 l/s


N.B.: le frecce indicano la direzione di deflusso delle acque della falda profonda.

5

Figura 6-1 – Isofreatiche dell’acquifero carsico calcareo (Fonte: Piano Regionale di Tutela delle Acque, SOGESID S.p.a., 2005)

L’acquifero risulta quindi caratterizzato da un discreto grado di permeabilità d’insieme, visualizzato dal sensibile distanziamento delle curve isopiezometriche rappresentative dei parametri idrogeologici ben definiti, all’interno dell’altopiano murgiano, per poi aumentare il gradiente in corrispondenza della scarpata che raccorda la piana costiera all’altopiano murgiano. In generale la cadente piezometrica è ovunque relativamente bassa ed il deflusso è prevalentemente a pelo libero, con bassi carichi rispetto al livello medio marino.

L’andamento medio delle isofreatiche (Figura 6-1), riferito al tetto della falda acquifera profonda murgiana, evidenzia un andamento complesso, non riconducibile a modelli schematici semplificati.

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

La circolazione e l'alimentazione avvengono, probabilmente, per sistemi idrici indipendenti, con meccanismi di alimentazione, drenaggio e di deflusso determinati dai relativi sistemi idrogeologici.

Il livello marino a cui tende la superficie piezometrica della falda profonda è denominato "interfaccia", cioè zona di graduale passaggio tra acqua di falda dolce e acqua salata sottostante, passaggio che si sviluppa con spessori dell'ordine delle decine di metri.

Il contatto avviene per galleggiamento, seguendo la legge di gravità dei liquidi a diversa densità, pertanto la determinazione dello spessore dell'interfaccia risulta sempre molto azzardato.

6.2. VERIFICA DELLA COMPATIBILITÀ DEL PROGETTO CON IL SISTEMA IDROGEOLOGICO

L'erosione idrica dei suoli rappresenta ad oggi un problema di primaria importanza poiché può causare ingenti danni di natura ambientale ed economica. Per tale ragione sempre più numerosi sono gli stati che rivolgono una particolare attenzione al tema della difesa del suolo e del territorio.

Le cause che contribuiscono ad accelerare il fenomeno dell'erosione idrica sono essenzialmente ascrivibili a:

- ✓ uso di pratiche agricole inadeguate tra cui ad esempio l'eccessivo sbriciolamento dello strato superficiale del suolo effettuato per la preparazione dei letti di semina, nonché l'impovertimento della materia organica e inorganica contenuta nel suolo a seguito dell'eccessivo sfruttamento agricolo;
- ✓ riduzione delle colture protettive del suolo a vantaggio di quelle economicamente più redditizie;
- ✓ abbandono delle vecchie sistemazioni idraulico-agrarie non sostituite da nuove opere;
- ✓ cambiamenti climatici in atto su scala globale tra cui in particolare l'aumento del potere erosivo delle piogge che presentano sempre più il carattere di scrosci con elevata energia.

La valutazione qualitativa e quantitativa del processo erosivo è quindi fondamentale per cercare di impostare una corretta gestione del territorio finalizzata ad arginare un tale fenomeno.

Esistono numerosi modelli messi a punto per la valutazione dell'erosione del suolo riconducibili a tre principali categorie: modelli qualitativi, semiquantitativi e quantitativi.

Nella letteratura tecnica più recente si ritrova tuttavia un cospicuo numero di lavori sui fenomeni di erosione idrica con lo scopo di investigare le dinamiche alla base del processo erosivo di tipo interrill e rill.

L'erosione di tipo interrill, in particolare, è identificata come quella forma di erosione che offre il maggior contributo al processo di degradazione del suolo. Essa si rende evidente quando uno scorrimento di tipo diffuso interessa il suolo. Il processo fisico che la determina nasce quindi dalla combinazione di due sottoprocessi, ossia distacco e trasporto ad opera dell'azione impattante della goccia sul suolo (splash erosion) e trasporto di sedimento ad opera del sottile strato di acqua (lama d'acqua) sul terreno (sheet erosion).

Le precipitazioni sono pertanto da identificarsi quale principale fattore di innesco dell'erosione idrica causando il distacco di particelle di terreno.

Per quanto riguarda l'impianto in progetto, l'instaurarsi di fenomeni di erosione idrica localizzati all'interno dell'area di progetto a seguito di eventi piovosi sarà di fatto nullo.

La concomitanza di una serie di fattori tra cui in particolare la scarsa pendenza del sito, il rapido ripristino del manto erboso, la diminuzione dell'energia di impatto degli scrosci piovosi al suolo dovuta all'effetto coprente dei moduli, ecc. ..., consentirà di arginare sia il fenomeno dello splash erosion che quello dello sheet erosion.

Assumendo in via conservativa che il rapporto di copertura dei moduli rispetto al terreno sia pari al 50%, è chiaro che sulla porzione di terreno sottostante il lato più basso dei moduli sarà riversato lo stesso volume di acqua intercettato dall'intera superficie dei moduli stessi, ma in maniera concentrata.

Ciò nonostante, alla luce delle seguenti considerazioni, tale apparente concentrazione della forza erosiva non comporterà di fatto alcuna accelerazione della degradazione strutturale del suolo:

- ✓ l'esigua altezza dei moduli dal piano di calpestio fa sì che l'acqua piovana, in particolare nel caso del sistema fisso, seppure raccolta dalla loro superficie e concentrata su una ridotta porzione di terreno, cadrà al suolo possedendo un'energia cinetica molto inferiore rispetto a quella della medesima massa d'acqua impattante in maniera distribuita sull'intera superficie di proiezione del modulo alla velocità limite in caduta libera di una goccia d'acqua;
- ✓ il basculamento (+45° -45°) nel caso dei moduli con inseguitore monoassiale (tracker) garantisce una distribuzione delle acque piovane sui due lati lunghi delle stringhe statisticamente in egual misura dimezzando così la quantità di acqua che si riverserebbe a terra su un solo lato della stringa qualora si adottasse una tecnologia a moduli fissi;
- ✓ lo strato erbaceo del soprassuolo offre un'efficiente protezione del terreno trattenendone le particelle a livello dell'apparato radicale, attenuando ulteriormente la forza impattante delle gocce d'acqua a livello dell'apparato fogliare ed evitando il formarsi di vie preferenziali di accumulo e/o di deflusso dell'acqua al di sotto le stringhe. Un riscontro oggettivo delle considerazioni sopra esposte ci viene fornito da un recente studio italiano (Balacco et al. 2006 "Indagini preliminari sul ruolo svolto dall'infiltrazione nei processi erosivi di interrill" XXX° Convegno di idraulica e costruzioni idrauliche);
- ✓ la realizzazione di fasce arboree dislocate all'interno dell'area (ad oggi totalmente assenti), garantirà una ulteriore protezione del terreno a discapito dell'erosione stessa.

La superficie interessata dalle installazioni del campo fotovoltaico in progetto resterà pertanto permeabile e sarà soggetta ad un rapido e spontaneo processo di rinverdimento così da non alterare il bilancio idrologico dell'area, ossia, per meglio dire, la presenza del generatore non interferirà con processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche riscontrabili sulla medesima area allo stato ante opera.

Per quanto concerne inoltre l'apporto alla rete idrografica di superficie presente nelle aree limitrofe, la presenza dell'impianto non comporta modifiche dell'assetto attuale, né l'attuazione di interventi di regimazione idraulica e, non da ultimo, la sua presenza può considerarsi ininfluenza nel determinare cambiamenti delle naturali portate idriche.

In conclusione, l'analisi del progetto in esame consente di affermare che l'intervento non introduce variazioni di rilievo nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo e disincentiva la possibilità che si presentino fenomeni degradativi di tipo erosivo.

Gli unici impatti sul suolo derivanti dal progetto in esercizio si concretizzano nella sottrazione per occupazione da parte dei pannelli.

I pannelli sono montati su supporti infissi nel terreno. Tali supporti sorreggono l'insieme dei pannelli assemblati, mantenendoli alti da terra. Inoltre fra le file di pannelli viene lasciata libera una fascia di ampia larghezza.

Il rapporto di copertura superficiale dei soli pannelli (ingombro in pianta) è inferiore al 50%, riferito all'area catastale.

L'impatto per sottrazione di suolo viene considerato poco significativo in quanto, una volta posati i moduli, l'area sotto i pannelli resta libera e subisce un processo di rinaturalizzazione spontanea che porta in breve al ripristino del soprassuolo originario, temporaneamente alterato dalle fasi di cantiere.

Il terreno sarà lasciato allo stato naturale, e sarà rinverdito naturalmente in poco tempo dopo il cantiere.

La tipologia di supporti scelta si installa per infissione diretta nel terreno, operata da apposite macchine di cantiere, cingolate e compatte, adatte a spazi limitati. I supporti non hanno strutture continue di ancoraggio ipogee.

Alla dismissione dell'impianto, lo sfilamento dei pali di supporto garantisce l'immediato ritorno alle condizioni ante opera del terreno.

Gli impatti in fase di cantiere si limitano al calpestio del cotico erboso superficiale da parte dei mezzi, che sono previsti di capienza massima 40 t (autocarri per la consegna dei pannelli).

Le alterazioni subite dal soprassuolo per il transito dei mezzi sono immediatamente reversibili alla fine delle lavorazioni, con il naturale rinverdimento della superficie.

Per quanto riguarda l'impatto operato dall'impianto sul regime idraulico ed idrologico dell'area, anche in relazione al deflusso delle acque meteoriche, in aggiunta a quanto già asserito, si può considerare quanto segue:

- ✚ L'area di progetto risulta ben stabilizzata, con riferimento al rapporto fra suolo e acque meteoriche: nel tempo non è stata sede né di erosioni e colamenti, né di allagamenti o impaludamenti temporanei a seguito di eventi meteorici intensi.
- ✚ La superficie del campo fotovoltaico resterà permeabile e allo stato naturale, pertanto il regime di infiltrazione non verrà alterato.
- ✚ Si eviterà la compattazione diffusa e il formarsi di sentieramenti, che possono fungere da percorsi di deflusso preferenziale per l'acqua.
- ✚ Per quanto concerne la quantità delle acque, dal punto di vista dell'idrografia di superficie il progetto può quindi essere inserito nell'attuale contesto idrologico senza provocare alcuna mutazione nei deflussi dei canali esistenti.
- ✚ La presenza del campo fotovoltaico non interferisce con i normali processi di infiltrazione, accumulo e scorrimento superficiale delle acque meteoriche.

Entrando in dettaglio, l'analisi del caso presentato consente di affermare che il progetto del parco fotovoltaico non introduce sensibili variazioni nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo, inoltre attraverso alcuni pratici accorgimenti, sarà possibile instaurare anche dei meccanismi di tutela del territorio e di preservazione del patrimonio ambientale.

In conclusione, è possibile affermare che l'installazione dell'impianto fotovoltaico risulta pienamente compatibile con l'assetto idrogeologico, idrologico e geomorfologico locale.

7. INDAGINI IN SITO

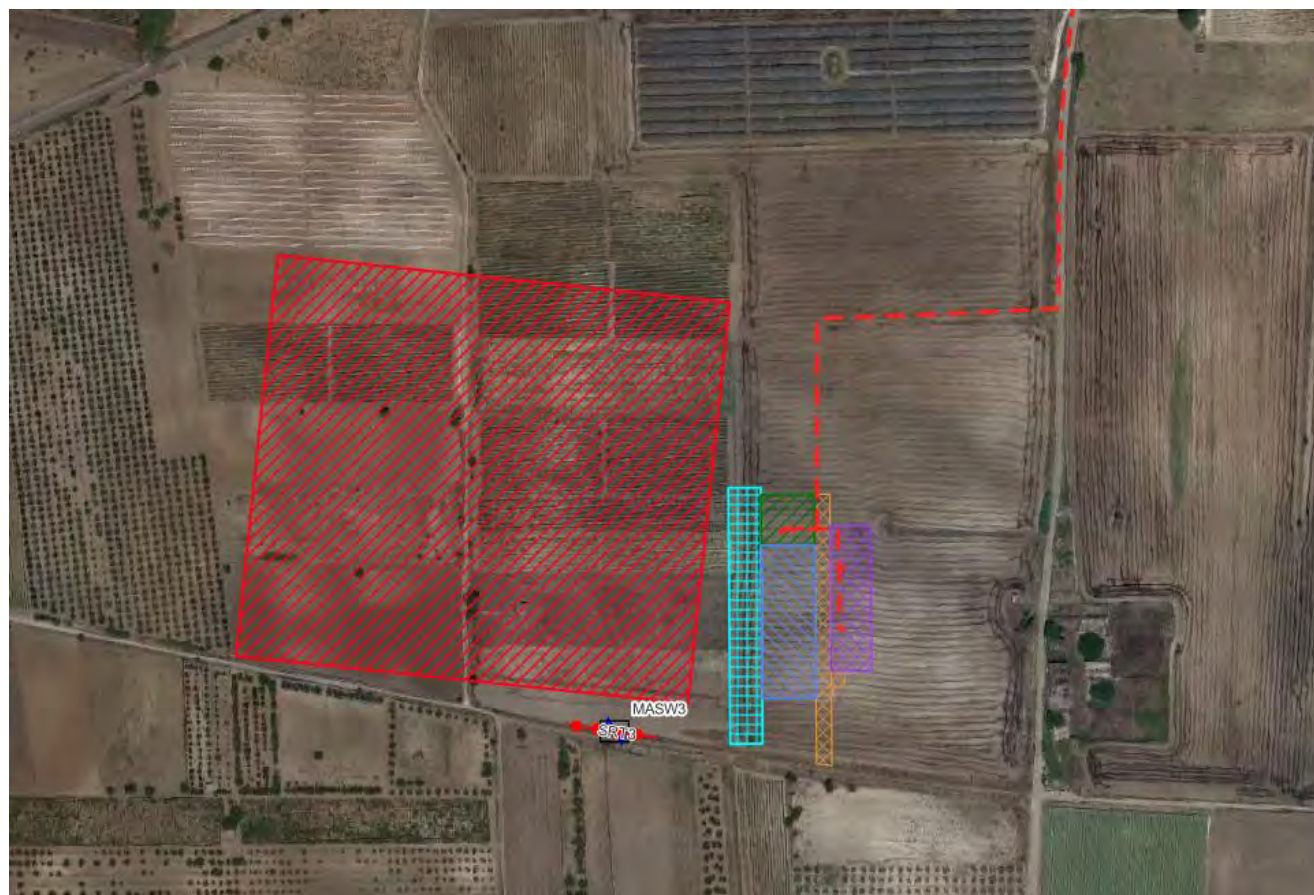
La campagna di indagini geognostiche, pianificata per il presente progetto ha indagato essenzialmente l’area in cui sono previste le principali interazioni fra la struttura ed il terreno. L’ubicazione delle indagini ha tenuto altresì conto dell’eventuale presenza di sotto-servizi. Pertanto le indagini eseguite sono state ubicate laddove si era certi di non interferire con i sotto-servizi presenti nel sottosuolo.

Nello specifico la campagna di indagini è consistita in:

- Esecuzione di n. 3 Prove Penetrometriche Dinamiche (DPSH);
- esecuzione di n. 5 indagini sismiche a rifrazione con restituzione tomografica in onde P;
- esecuzione di n. 5 Indagini Sismica MASW, al fine di definire la Vs, eq e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).


L’ubicazione (*Figura 7-1 e Figura 7-2*), le metodologie di indagine ed i report dettagliati sono riportati nell’Allegato 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

Le indagini sono state pianificate dallo scrivente, ed eseguite dalla ditta GeoSGRO’ di Stefano Sgrò.



Indagini in sito

 Prove Penetrometriche Dinamiche super pesanti -DPSH

 Indagini sismiche a Rifrazione (SRT)




 Indagini sismiche MASW

Figura 7-1 – Ubicazione delle indagini in sito area SU



Indagini in sito

 Prove Penetrometriche Dinamiche super pesanti -DPSH

 Indagini sismiche a Rifrazione (SRT)


 Indagini sismiche MASW

Figura 7-2 – Ubicazione delle indagini in sito area impianto 1 (figura sopra) e impianto 2 (figura sotto)

7.1. PROVE PENETROMETRICHE CONTINUE DPSH

Rispetto alla prova SPT, la prova DP è continua e ha da un lato il vantaggio di essere meno costosa, più rapida, e di fornire valori di N continui e quindi con un maggior dettaglio nel rilevare le variazioni di resistenza alla penetrazione lungo la verticale, dall'altro lo svantaggio principale di una minor standardizzazione a livello mondiale con la conseguente mancanza di una banca dati comune alle diverse esperienze internazionali.

La ragione va ricercata nella incontrollata proliferazione di attrezzature che si differenziano per dimensioni e forma della punta e delle aste e per energia di battitura. Pasqualini (1983) riporta, ad esempio, l'elenco delle caratteristiche, ognuna diversa, di ben 18 attrezzature utilizzate in diversi paesi. In Italia l'utilizzo del penetrometro dinamico continuo ha ricevuto un forte impulso a partire dal 1957 con le esperienze di G. Meardi che, a partire da quanto suggerito da Terzaghi e Peck (1948), propose l'utilizzo di una nuova attrezzatura (Meardi, 1957, 1958) che ha preso rapidamente piede.



Figura 7-3 – Fasi di esecuzione prove penetrometriche DPHS


Dato lo stato dei luoghi ed il tipo di intervento da realizzare si è optato per l'esecuzione di indagini puntuali di tipo penetrometrico, con l'ausilio di un penetrometro statico/dinamico TG 63-200KN costruito dalla ditta Pagani di Calendasco (PC) (Figura 7-3).

Tale sonda, date le sue caratteristiche tecniche, è conforme alle Norme Tecniche UNI EN ISO 22476-2:2005 “Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing” e UNI EN ISO 22476-12:2009 “Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM)”.

Per la descrizione dettagliata delle modalità operative delle prove eseguite, nonché per il report delle stesse si rimanda all'ALLEGATO 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

L'esecuzione di ciascuna prova prevede l'infissione, con un sistema di battuta automatico che assicura circa 20-30 colpi/minuto, di una punta conica, in questo caso a recupero; ogni 20 cm di avanzamento della punta viene misurato il numero di colpi: tale valore, opportunamente elaborato, viene utilizzato per determinare il valore di numerosi parametri geotecnici per mezzo di abachi e correlazioni empiriche.

L'indagine è consistita nella realizzazione di 10 prove all'interno dell'area d'interesse progettuale, le quali hanno raggiunto profondità variabili. Tutte le prove hanno raggiunto il rifiuto strumentale.

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

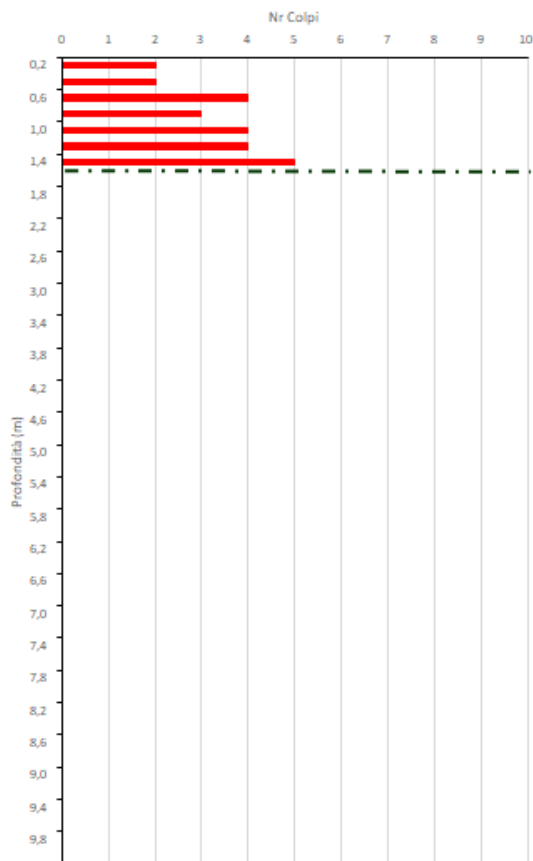
7.1.1. Interpretazione delle prove

La disamina dei dati ottenuti mette in evidenza l'assetto stratigrafico che si rinviene all'interno delle aree investigate.

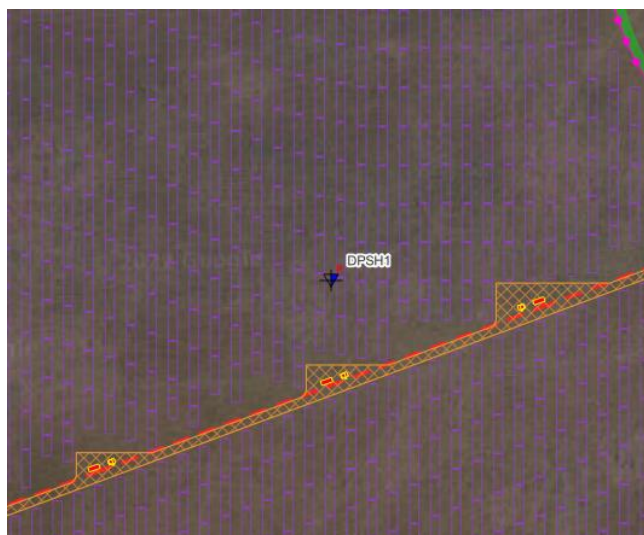
In particolare le prove eseguite all'interno dell'area, evidenziano che al di sotto del piano campagna è presente uno spessore di terreno che si presenta da privo di consistenza a poco consistente (dello spessore massimo di circa 1 m, al di sotto del quale si rinviene il basamento carbonatico, testimoniato dal rifiuto strumentale delle prove

Nel prosieguo dell'esposizione si riportano, compendati in tabelle, grafici e figure i dati analitici relativi alle interpretazioni effettuate; per ciascun parametro ottenuto si è adoperata la correlazione ritenuta più attinente alla realtà indagata: sono stati desunti sia i parametri a breve che a lungo termine.

DPSH 1 - Grafico Colpi/prof.



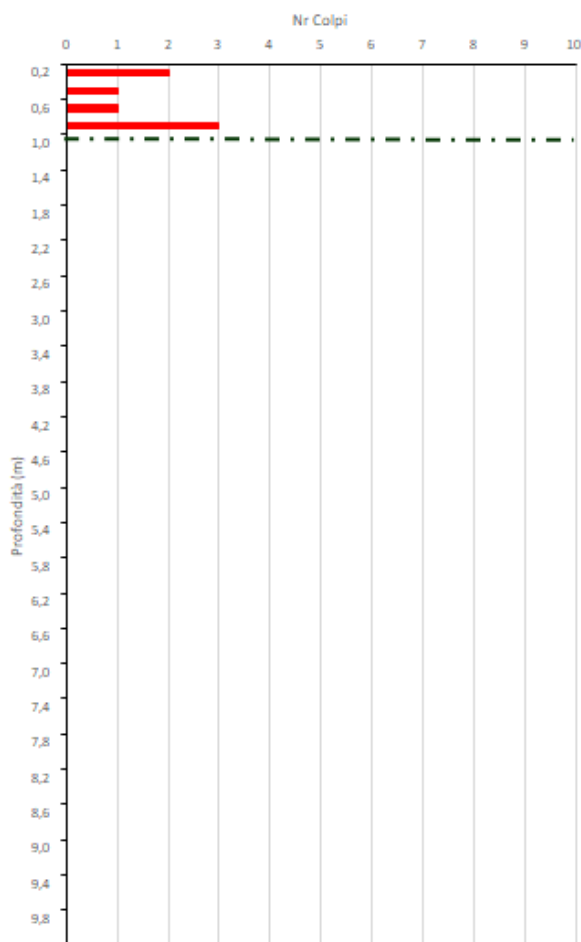
Localizzazione: Area Impianto



| Prof. (m) | Nr Colpi | N SPT | Granulari | | | | | | Coesivi | | | | | | |
|-----------|----------|-------|---------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|----------------|-----------------------------|
| | | | Angolo di Attrito efficace f' | | | | Gamma g [t/mc] | Modulo Elastico [Mpa] E_y | Coesione non drenata C_u [KPa] | | | | | Gamma g [t/mc] | Modulo Elastico [Mpa] E_u |
| | | | Kulhawy e Mayne (1990) | Mayne et al. (2001) | Correlaz. Di interp. | Road Bridge Specification | | | Meyerhof | Bowles 1982 [per sabbia argillosa] | Stroud (1974) | Sivrikaya e Togrol (2006) | Reid e Taylor (2010) | | |
| 0,20 | 2 | 3,03 | 27,54 | 26,83 | 25,09 | 22,78 | 1,45 | 5,66 | 18,18 | 11,51 | 15,70 | 20,80 | 16,55 | 1,64 | 6,20 |
| 0,40 | 2 | 3,03 | 27,54 | 26,83 | 25,09 | 22,78 | 1,45 | 5,66 | 18,18 | 11,51 | 15,70 | 20,80 | 16,55 | 1,64 | 6,20 |
| 0,60 | 4 | 6,06 | 28,64 | 29,66 | 28,82 | 26,01 | 1,58 | 6,61 | 36,36 | 23,03 | 31,40 | 41,60 | 33,10 | 1,82 | 9,62 |
| 0,80 | 3 | 4,55 | 28,10 | 28,37 | 27,21 | 24,53 | 1,52 | 6,13 | 27,27 | 17,27 | 23,55 | 31,20 | 24,82 | 1,73 | 7,91 |
| 1,00 | 4 | 6,06 | 28,64 | 29,66 | 28,82 | 26,01 | 1,58 | 6,61 | 36,36 | 23,03 | 31,40 | 41,60 | 33,10 | 1,82 | 9,62 |
| 1,20 | 4 | 6,06 | 28,64 | 29,66 | 28,82 | 26,01 | 1,58 | 6,61 | 36,36 | 23,03 | 31,40 | 41,60 | 33,10 | 1,82 | 9,62 |
| 1,40 | 5 | 7,58 | 29,17 | 30,80 | 30,14 | 27,31 | 1,64 | 7,08 | 45,45 | 28,79 | 39,25 | 52,00 | 41,37 | 1,89 | 11,33 |
| 1,60 | | 0,00 | 26,40 | 20,00 | 0,00 | 15,00 | 1,30 | 4,71 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,39 | 2,79 |

Figura 7-4 – Elaborazione Prova DPSH1

DPSH 2 - Grafico Colpi/prof.



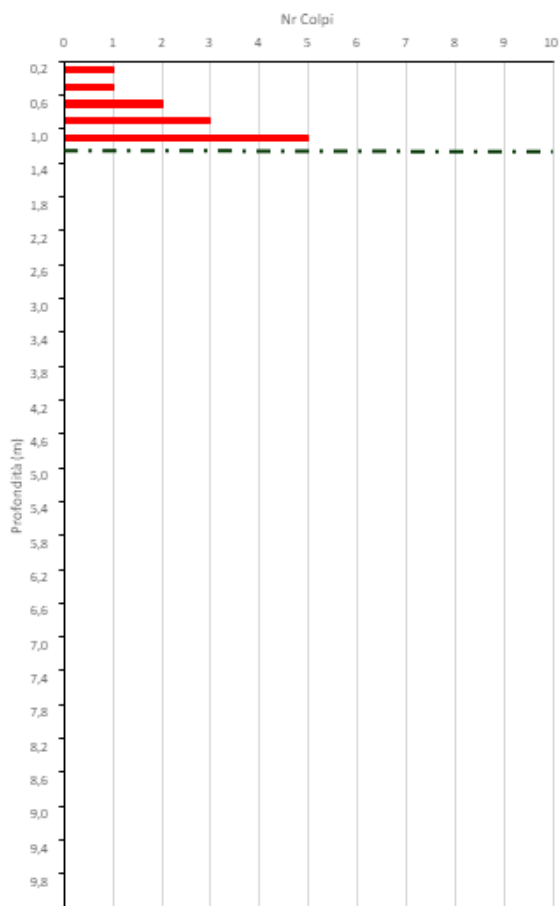
Localizzazione: Area Impianto



| Prof. (m) | Nr Colpi | N SPT | Granulari | | | | | | Coesivi | | | | | | |
|-----------|----------|-------|---------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------------|----------------|-----------------------------|
| | | | Angolo di Attrito efficace f' | | | | Gamma g [t/mc] | Modulo Elastico [Mpa] E_y | Coesione non drenata C_u [KPa] | | | | | Gamma g [t/mc] | Modulo Elastico [Mpa] E_u |
| | | | Kulhawy e Mayne (1990) | Mayne et al. (2001) | Correlaz. Di interp. | Road Bridge Specification | | | Meyerhof | Bowles 1982 [per sabbia argillosa] | Stroud (1974) | Sivrikaya e Togrol (2006) | Reid e Taylor (2010) | | |
| 0,20 | 2 | 3,03 | 27,54 | 26,83 | 25,09 | 22,78 | 1,45 | 5,66 | 18,18 | 11,51 | 15,70 | 20,80 | 16,55 | 1,64 | 6,20 |
| 0,40 | 1 | 1,52 | 26,98 | 24,83 | 21,84 | 20,50 | 1,38 | 5,18 | 9,09 | 5,76 | 7,85 | 10,40 | 8,27 | 1,52 | 4,49 |
| 0,60 | 1 | 1,52 | 26,98 | 24,83 | 21,84 | 20,50 | 1,38 | 5,18 | 9,09 | 5,76 | 7,85 | 10,40 | 8,27 | 1,52 | 4,49 |
| 0,80 | 3 | 4,55 | 28,10 | 28,37 | 27,21 | 24,53 | 1,52 | 6,13 | 27,27 | 17,27 | 23,55 | 31,20 | 24,82 | 1,73 | 7,91 |

Figura 7-5 – Elaborazione Prova DPSH2

DPSH 3 - Grafico Colpi/prof.




Localizzazione: Area Impianto



| Prof. (m) | Nr Colpi | N SPT | Granulari | | | | | | Coesivi | | | | | | |
|-----------|----------|-------|---------------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------|---------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------|
| | | | Angolo di Attrito efficace f' | | | | Gamma g [t/mc] | Modulo Elastico [Mpa] E_y | Coesione non drenata C_u [KPa] | | | | Gamma g [t/mc] | Modulo Elastico [Mpa] E_u | |
| | | | Kulhawye Mayne (1990) | Mayne et al. (2001) | Correlaz. Di interp. | Road Bridge Specification | | | Meyerhof | Bowles 1982 [per sabbia argillosa] | Stroud (1974) | Sivrikaya e Togrol (2006) | | | Reid e Taylor (2010) |
| 0,20 | 1 | 1,52 | 26,98 | 24,83 | 21,84 | 20,50 | 1,38 | 5,18 | 9,09 | 5,76 | 7,85 | 10,40 | 8,27 | 1,52 | 4,49 |
| 0,40 | 1 | 1,52 | 26,98 | 24,83 | 21,84 | 20,50 | 1,38 | 5,18 | 9,09 | 5,76 | 7,85 | 10,40 | 8,27 | 1,52 | 4,49 |
| 0,60 | 2 | 3,03 | 27,54 | 26,83 | 25,09 | 22,78 | 1,45 | 5,66 | 18,18 | 11,51 | 15,70 | 20,80 | 16,55 | 1,64 | 6,20 |
| 0,80 | 3 | 4,55 | 28,10 | 28,37 | 27,21 | 24,53 | 1,52 | 6,13 | 27,27 | 17,27 | 23,55 | 31,20 | 24,82 | 1,73 | 7,91 |
| 1,00 | 5 | 7,58 | 29,17 | 30,80 | 30,14 | 27,31 | 1,64 | 7,08 | 45,45 | 28,79 | 39,25 | 52,00 | 41,37 | 1,89 | 11,33 |

Figura 7-6 – Elaborazione Prova DPSH3

| | | |
|--|--|--------------------|
|  | <p>PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA</p> | <p>Luglio 2022</p> |
|--|--|--------------------|

7.2. TOMOGRAFIA SISMICA IN ONDE P

La campagna d'indagine geofisica è consistita nell'esecuzione di N. 6 Tomografie sismiche a Rifrazione in Onde P con restituzione tomografica (Figura 60).

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

Per quanto concerne l'ubicazione, la metodologia operativa ed i dati di campo si rimanda all'ALLEGATO 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

Il metodo della sismica a rifrazione, basato sullo studio delle caratteristiche di propagazione delle perturbazioni elastiche, si presenta di estrema utilità nel campo della tecnica delle fondazioni su roccia in quanto fornisce al progettista utili indicazioni sulla qualità dell'ammasso roccioso.

La sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi. La generazione delle onde acustiche avviene utilizzando come energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine.


È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

Le onde P sono anche chiamate Onde Primarie in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda. Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria.



Figura 7-7 – Vista ubicazione basi simiche a rifrazione

La velocità con la quale le onde P si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un “treno d’onde” i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d’onda in arrivo è chiamata “sismogramma”. I fronti d’onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un’onda risultante osservabile macroscopicamente.

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase.

Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

7.2.1. Interpretazione delle prove

Le sezioni sismiche ottenute dalla modellizzazione e interpretazione dei segnali acquisiti, riportati di seguito mediante sezioni sismografiche, hanno permesso di individuare le principali unità geologiche nei siti di intervento. Sulla base delle velocità misurate, dei dati bibliografici, nelle sezioni tomografiche sono stati definiti i seguenti sismostrati:

- A - Sismostrato A: Unità delle terre di copertura alterate
- B - Sismostrato B: Unità delle rocce lapidee tenere
- C - Sismostrato C: Unità delle rocce lapidee da fratturate a sane

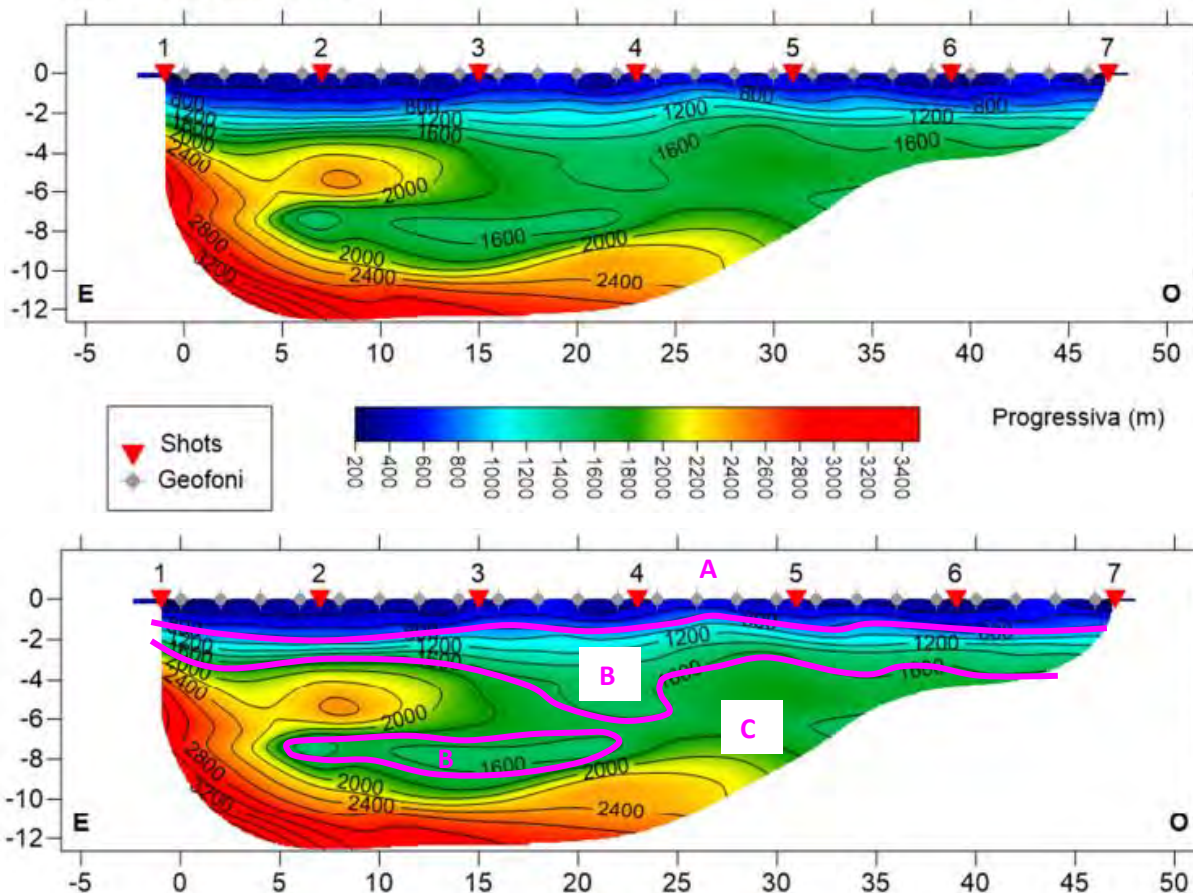
Solo la SRT3, localizzata nell'area della Stazione Elettrica, presenta un assetto sismo-stratigrafico differente, con un modello a 4 strati.

Nel report sulle indagini allegato alla presente vengono riportate le dromocrone, le registrazioni relative ai diversi punti di scoppio, nonché le sezioni tomografiche.

SRT1

Località: Francavilla Fontana
Data: Febbraio 2022

Sezione 1



Rifrazione SRT1

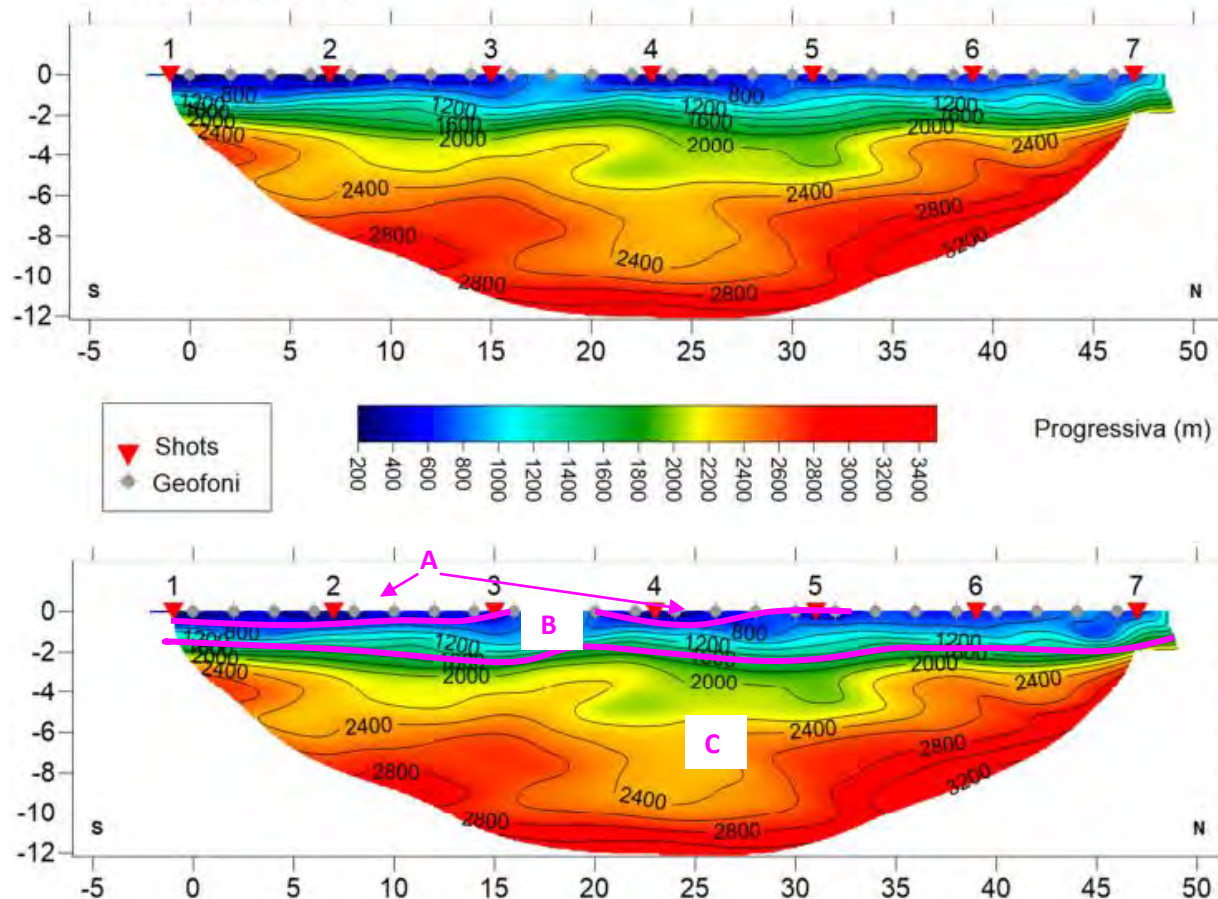
| SISMOSTRATI | Profondità da pc (m) | Velocità in m/s |
|--|-----------------------------|------------------------|
| A – Unità delle terre di copertura | da 0 a 1÷1,5 | 200-800 |
| B – Lapidie fratturate (calcari) | da 1÷1,5 a 2÷6 | 800-1600 |
| C – Lapidie da poco fratturate a compatte (calcari) | da 2÷6 a 12 | >1600 |

Dall'esame della sezione tomografica SRT1 si riconoscono 3 unità sismostratigrafiche principali caratterizzate da velocità crescente delle onde P all'aumentare della profondità, con un range che varia dai 200 m/s ad oltre 3400 m/s. L'aumentare delle velocità delle onde P è riconducibile al miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo all'aumentare della profondità. La sezione sismostratigrafica si presenta con una zona centrale dove le velocità delle onde si mostrano a parità di profondità inferiori, rispetto alle parti esterne della sezione, con un nucleo che si rinviene a circa 8 m di profondità ascrivibile ad una zona maggiormente alterata del basamento carbonatico.

SRT2

Località: Francavilla Fontana
Data: Febbraio 2022

Sezione 2



Rifrazione SRT2

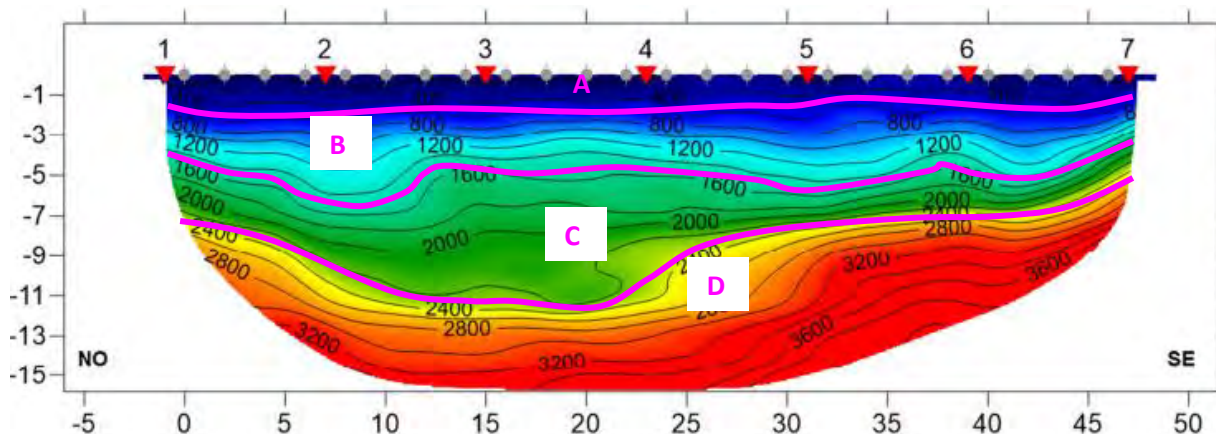
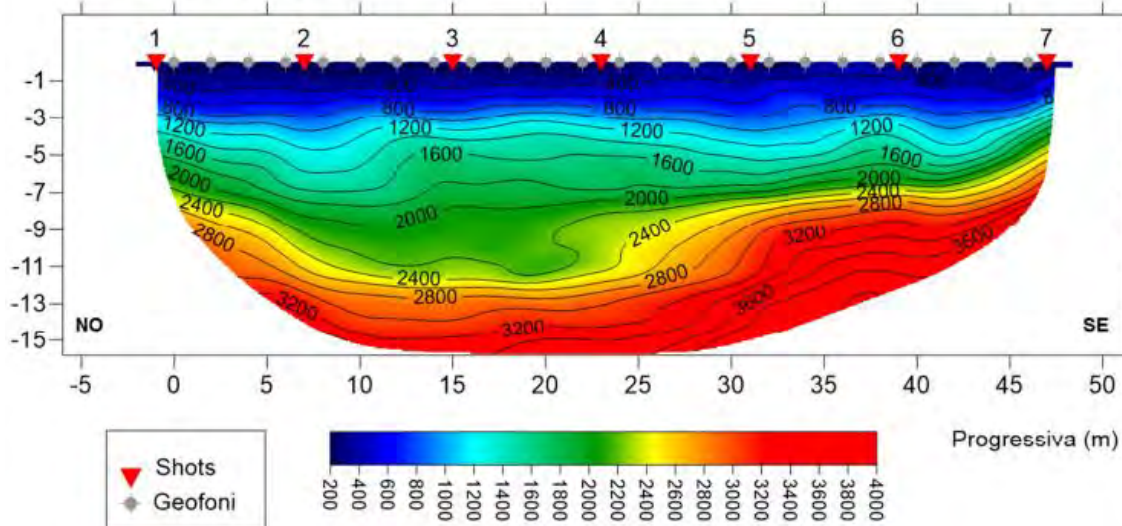
| SISMOSTRATI | Profondità da pc (m) | Velocità in m/s |
|--|-----------------------------|------------------------|
| A – Unità delle terre di copertura | da 0 a 0,5 | 200-800 |
| B – Lapidee fratturate (calcari) | da 0÷0,5 a 2 | 800-1600 |
| C – Lapidee da poco fratturate a compatte (calcari) | da 2 a 12 | >1600 |

Dall'esame della sezione tomografica SRT2 si riconoscono 3 unità sismostratigrafiche principali caratterizzate da velocità crescente delle onde P all'aumentare della profondità, con un range che varia dai 200 m/s ad oltre 3200 m/s. L'aumentare delle velocità delle onde P è riconducibile al miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo all'aumentare della profondità. Lo spessore dello strato superficiale di copertura si presenta estremamente esiguo, sino a scomparire in ampi tratti della sezione, a testimoniare la presenza del basamento carbonatico sub-affiorante.

SRT3

Località: Francavilla Fontana
Data: Febbraio 2022

Sezione 3



Rifrazione SRT3

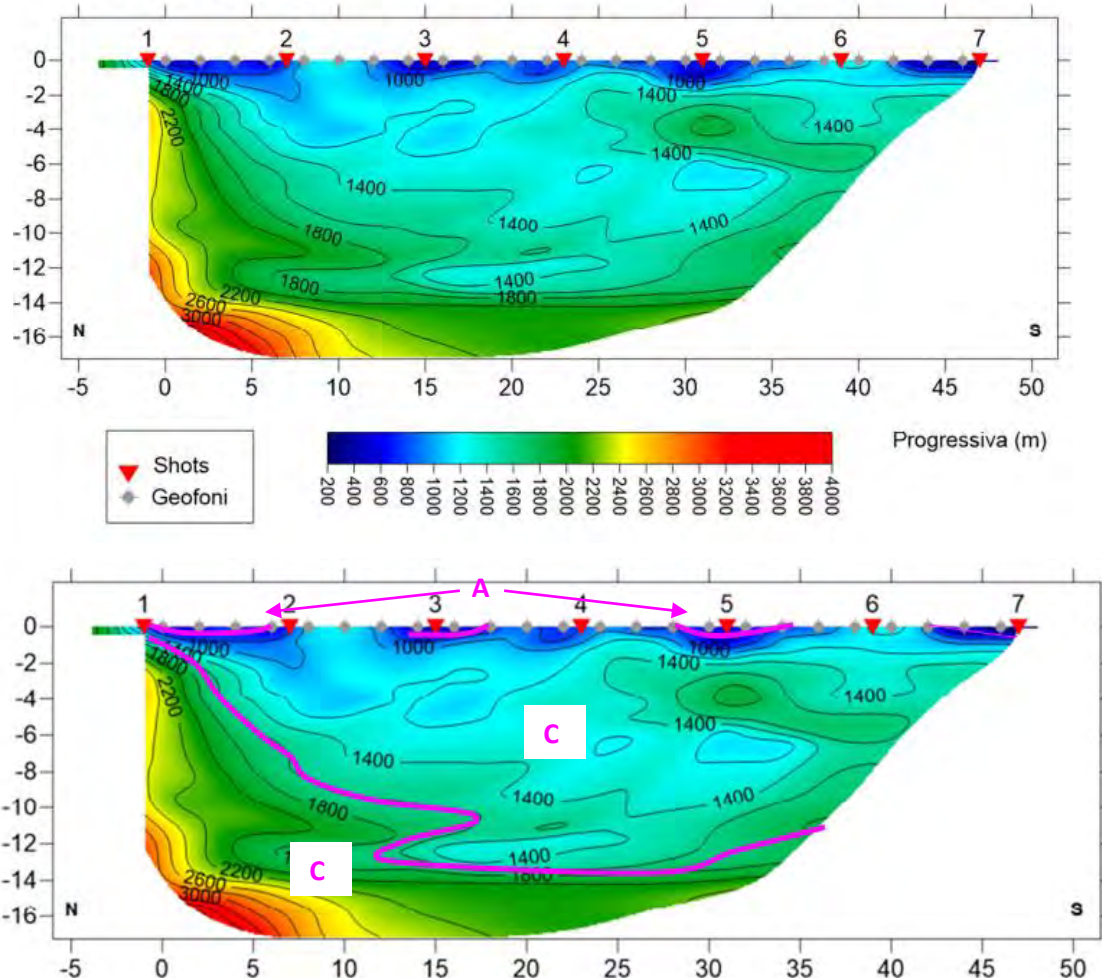
| SISMOSTRATI | Profondità da pc (m) | Velocità in m/s |
|--|-----------------------------|------------------------|
| A – Unità delle terre di copertura | da 0 a 2 | 200-600 |
| B – Terreni argillosi | da 2 a 4÷5 | 600-1600 |
| C – Lapidei teneri (Calcareniti) | da 4÷5 a 7÷11 | 1600-2400 |
| D – Lapidee da poco fratturate a compatte (calcari) | da 7÷11 a 16 | >2400 |

Dall'esame della sezione tomografica SRT3 si riconoscono 4 unità sismostratigrafiche principali caratterizzate da velocità crescente delle onde P all'aumentare della profondità, con un range che varia dai 200 m/s ad oltre 3800 m/s. L'aumentare delle velocità delle onde P è riconducibile al miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni presenti nel sottosuolo all'aumentare della profondità.

SRT4

Località: Francavilla Fontana
Data: Febbraio 2022

Sezione 4

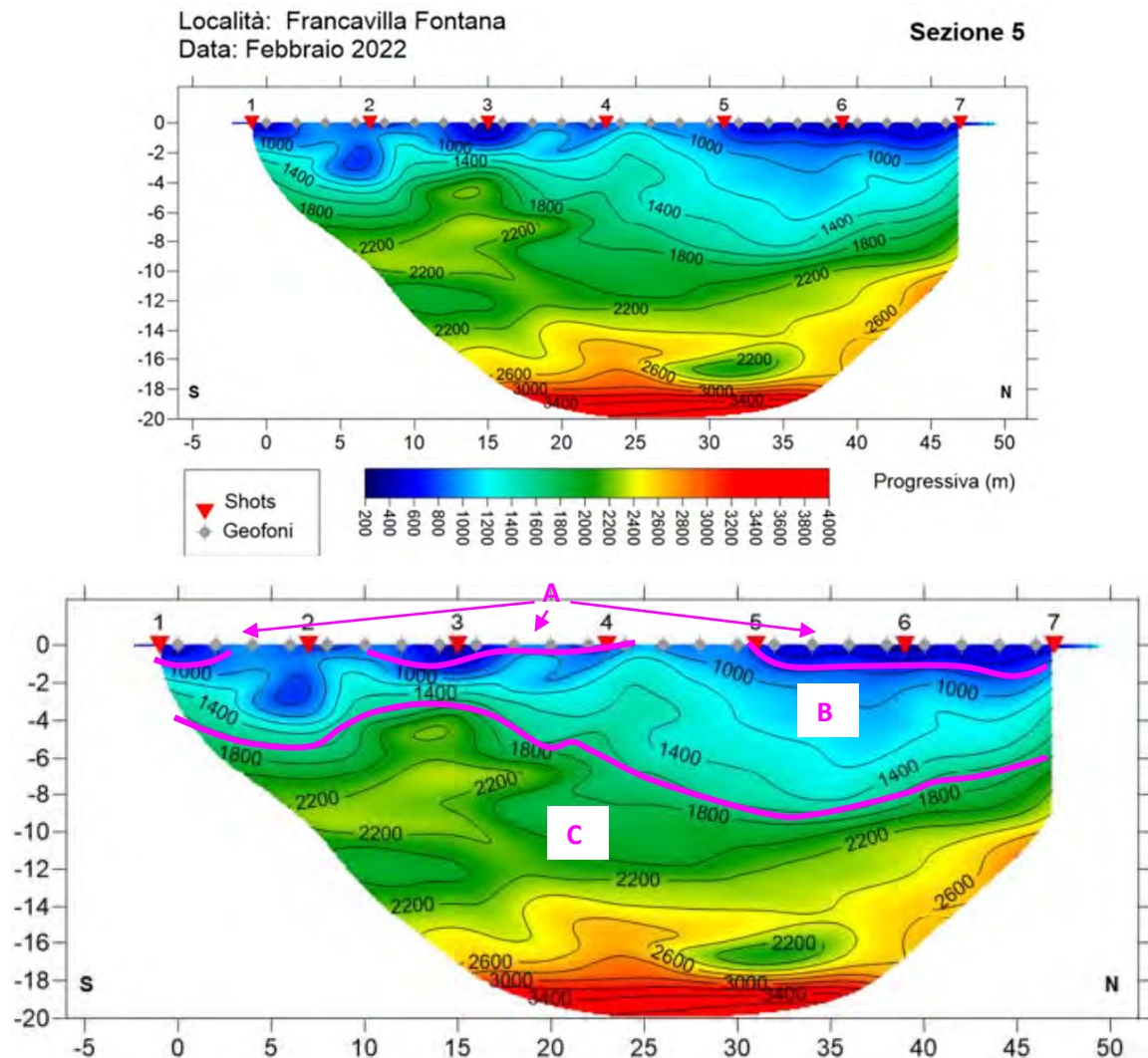


Rifrazione SRT4

| SISMOSTRATI | Profondità da pc (m) | Velocità in m/s |
|--|-----------------------------|------------------------|
| A – Unità delle terre di copertura | da 0 a 0,5 | 200-800 |
| B – Lapidee fratturate (calcari) | da 0÷0,5 a 12 | 800-1600 |
| C – Lapidee da poco fratturate a compatte (calcari) | da 12 a 16 | >1600 |

Dall'esame della sezione tomografica SRT4 si riconoscono 3 unità sismostratigrafiche principali caratterizzate da velocità crescente delle onde P all'aumentare della profondità, con un range che varia dai 200 m/s ad oltre 3400 m/s. L'aumentare delle velocità delle onde P è riconducibile al miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo all'aumentare della profondità. Lo spessore dello strato superficiale di copertura si presenta estremamente esiguo, sino a scomparire in ampi tratti della sezione, a testimoniare la presenza del basamento carbonatico sub-affiorante. Il basamento carbonatico si presenta lungo quasi tutta la sezione fratturato ed alterato per una profondità che raggiunge circa i 12 m dal p.c.

SRT5



Rifrazione SRT5

| SISMOSTRATI | Profondità da pc (m) | Velocità in m/s |
|---|-----------------------------|------------------------|
| A – Unità delle terre di copertura | da 0 a 0,5 | 200-800 |
| B – Lapidee fratturate (calcari) | da 0÷0,5 a 4÷8 | 800-1600 |
| C – Lapidee da poco fratturate a compatte (calcari) | da 4÷8 a 20 | >1600 |

Dall'esame della sezione tomografica SRT5 si riconoscono 3 unità sismostratigrafiche principali caratterizzate da velocità crescente delle onde P all'aumentare della profondità, con un range che varia dai 200 m/s ad oltre 3600 m/s. L'aumentare delle velocità delle onde P è riconducibile al miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo all'aumentare della profondità. Lo spessore dello strato superficiale di copertura si presenta estremamente esiguo, sino a scomparire in ampi tratti della sezione, a testimoniare la presenza del basamento carbonatico sub-affiorante. Il basamento carbonatico si presenta lungo quasi tutta la sezione fratturato ed alterato per una profondità che raggiunge circa i 4-8 m dal p.c.

7.3. SISMICA MASW

La campagna Geofisica MASW è consistita nell'esecuzione N. 6 profili MASW a 24 canali.

La metodologia utilizzata, i report computerizzati e fotografici delle indagini MASW eseguite sono mostrati nel dettaglio all'interno dell'Allegato 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

Facendo riferimento al modello medio (V_s e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione per le indagini eseguite, di seguito si riporta un quadro con la stima della V_p , della densità e di alcuni Moduli elastici per le prove eseguite (da *Tabella 7-1* a *Tabella 7-5*. Le *Figure da 7-8* a *7-12* mostrano invece i profili verticali V_s identificati.

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 1.2 | 412 | 2.06 | 349 | 1009 | 0.40 |
| 2 | 5.1 | 697 | 2.17 | 1052 | 1584 | 0.38 |
| 3 | 5.3 | 774 | 2.17 | 1300 | 1611 | 0.35 |
| 4 | 7.4 | 876 | 2.19 | 1684 | 1779 | 0.34 |
| 5 | 7.2 | 952 | 2.20 | 1997 | 1850 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1102 | 2.23 | 2708 | 2062 | 0.30 |

Tabella 7-1 - Modello medio delle V_s con stima della V_p , della densità ed i alcuni Moduli dinamici, MASW n. 1

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 0.8 | 321 | 2.00 | 206 | 786 | 0.40 |
| 2 | 3.2 | 796 | 2.20 | 1393 | 1809 | 0.38 |
| 3 | 5.3 | 853 | 2.19 | 1596 | 1776 | 0.35 |
| 4 | 7.1 | 932 | 2.21 | 1919 | 1893 | 0.34 |
| 5 | 6.4 | 1045 | 2.23 | 2431 | 2031 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1123 | 2.23 | 2818 | 2101 | 0.30 |

Tabella 7-2 - Modello medio delle V_s con stima della V_p , della densità ed i alcuni Moduli dinamici, MASW n. 2

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 2.1 | 189 | 1.87 | 67 | 463 | 0.40 |
| 2 | 4.1 | 317 | 1.97 | 198 | 721 | 0.38 |
| 3 | 6.3 | 612 | 2.11 | 791 | 1274 | 0.35 |
| 4 | 5.1 | 721 | 2.15 | 1116 | 1464 | 0.34 |
| 5 | 6.2 | 832 | 2.17 | 1499 | 1586 | 0.31 |
| 6 | Semi-Spazio | 912 | 2.18 | 1816 | 1706 | 0.30 |

Tabella 7-3 - Modello medio delle V_s con stima della V_p , della densità ed i alcuni Moduli dinamici, MASW n. 3

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | Vs (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | Vp (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|----------|--------------------------------|------------------------|----------|---------|
| 1 | 1.2 | 296 | 1.98 | 173 | 725 | 0.40 |
| 2 | 3.9 | 771 | 2.19 | 1302 | 1753 | 0.38 |
| 3 | 6.2 | 872 | 2.20 | 1672 | 1815 | 0.35 |
| 4 | 5.7 | 1024 | 2.23 | 2340 | 2080 | 0.34 |
| 5 | 7.3 | 1132 | 2.25 | 2678 | 2200 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1241 | 2.26 | 3479 | 2322 | 0.30 |

Tabella 7-4 - Modello medio delle Vs con stima della Vp, della densità ed i alcuni Moduli dinamici, MASW n. 4

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | Vs (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | Vp (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|----------|--------------------------------|------------------------|----------|---------|
| 1 | 1.5 | 296 | 1.98 | 173 | 725 | 0.40 |
| 2 | 4.2 | 756 | 2.19 | 1249 | 1718 | 0.38 |
| 3 | 5.8 | 793 | 2.18 | 1368 | 1651 | 0.35 |
| 4 | 6.3 | 862 | 2.19 | 1627 | 1751 | 0.34 |
| 5 | 6.9 | 937 | 2.20 | 1931 | 1821 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1051 | 2.22 | 2450 | 1966 | 0.30 |

Tabella 7-5 - Modello medio delle Vs con stima della Vp, della densità ed i alcuni Moduli dinamici, MASW n. 5

Le formule per il calcolo dei Moduli elastici in funzione di Vs, Vp e densità, sono:

| | |
|--|---------------------------------------|
| Modulo di Poisson (adimensionale) | $(V_p^2 - 2V_s^2) / 2(V_p^2 - V_s^2)$ |
| Modulo di Young (in Pa) | $\rho V_s^2 (4 - 3k^2) / (1 - k^2)$ |
| Modulo di Taglio (in Pa) | ρV_s^2 |
| Modulo di Compressione o di Bulk (in Pa) | $\rho V_s^2 (k^2 - 4/3)$ |

Dove:

$k = V_p/V_s$;

$\rho =$ densità (Kg/m³);

Vp e Vs = velocità onde di taglio e compressionali in m/s

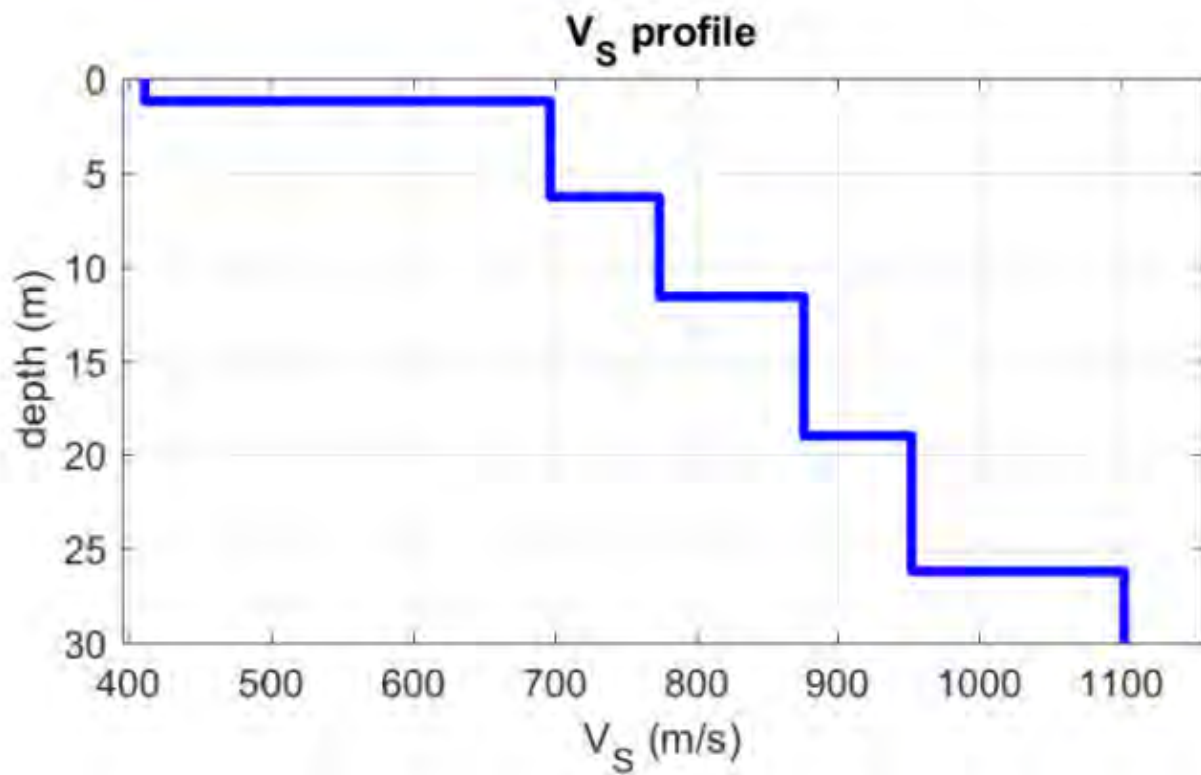


Figura 7-8 – Profilo verticale Vs – MASW 1

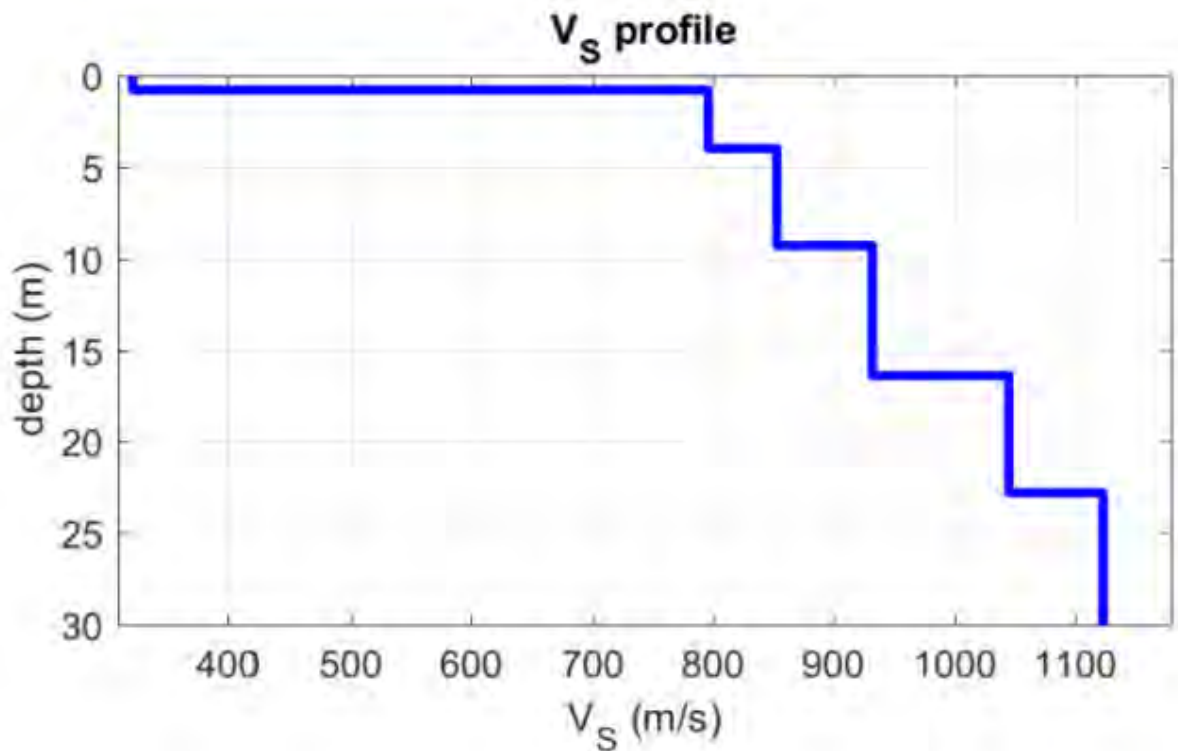


Figura 7-9 – Profilo verticale Vs – MASW 2

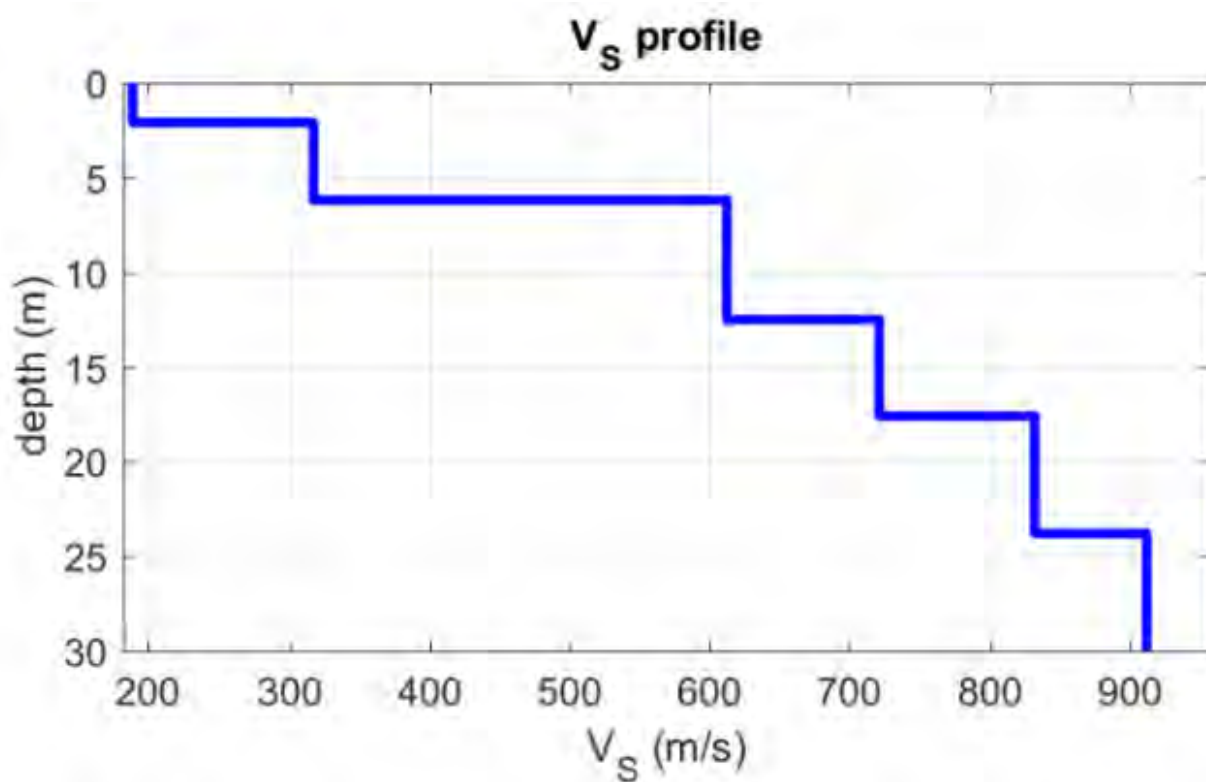


Figura 7-10 – Profilo verticale V_S – MASW 3

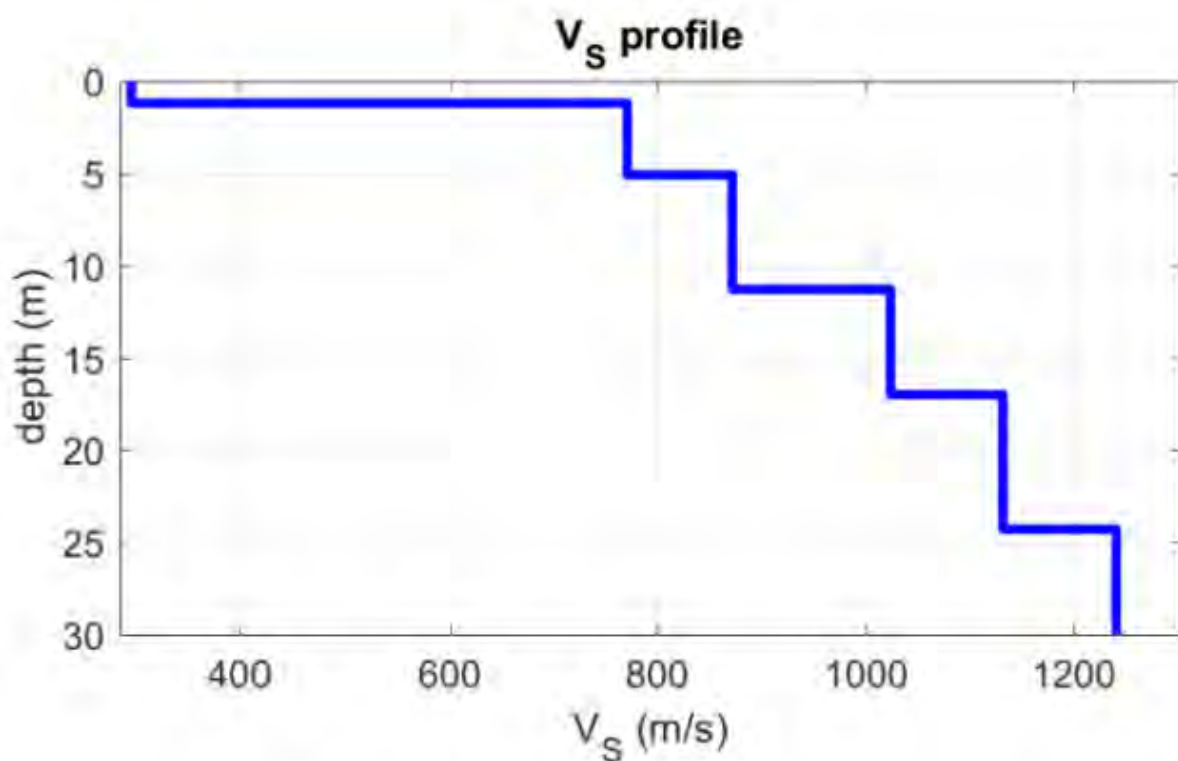


Figura 7-11 – Profilo verticale V_S – MASW 4

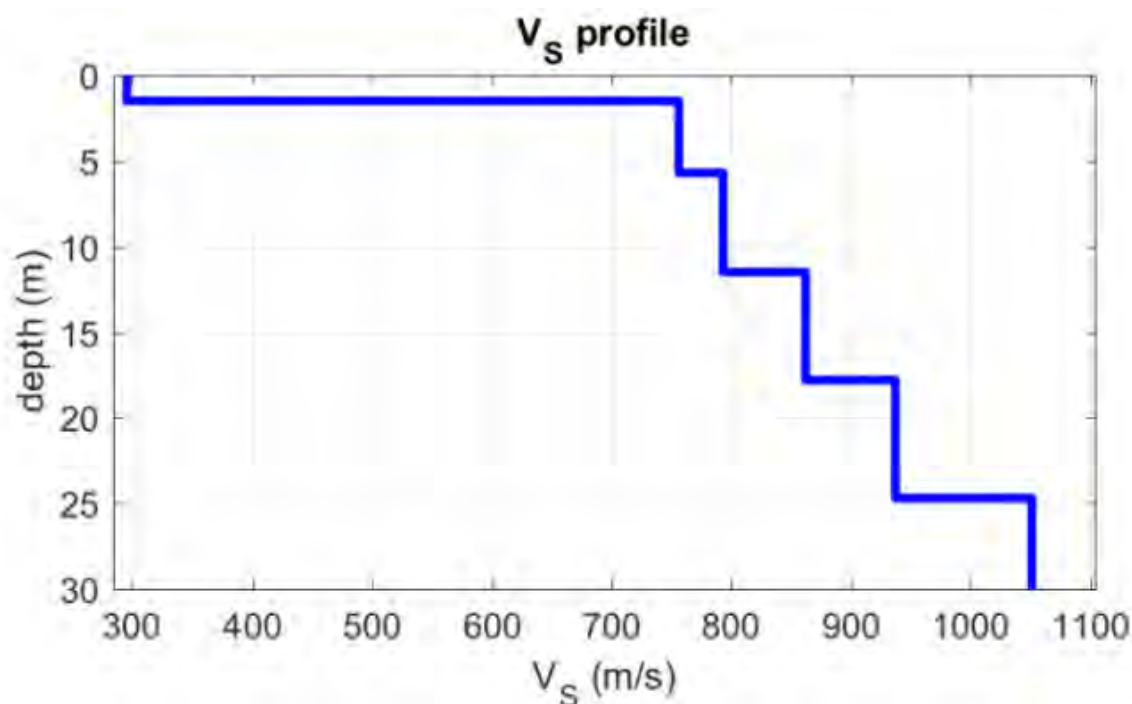


Figura 7-12 – Profilo verticale Vs – MASW 5

7.3.1. Calcolo Vs, eq (D.M. 17/01/2018 – NTC2018)

Con Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 17.1.2018), per quanto riguarda le categorie di sottosuolo, vengono eliminate le categorie S1 ed S2, mentre con l'utilizzo della VS, eq, le categorie di sottosuolo B, C e D vengono ampliate inglobando alcune configurazioni che rientravano in S2, quando il bedrock sismico si posizionava tra i 3 ed i 25 metri dal piano di riferimento. Inoltre la Categoria di sottosuolo D (che nelle NTC08 erano definite con $V_{s,30} < 180$ m/sec) viene classificata con valori di Vs, eq compresi tra 100 e 180 m/sec.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|---|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i> |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i> |
| C | <i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i> |
| D | <i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i> |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i> |

Tabella 7-6 - Categorie suolo di fondazione – Tabella 3.2.II NTC18.

La V_{Seq} , è data dai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall’espressione:

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

con

h_i = spessore dello strato i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell’ i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità viene riferita al piano di imposta della fondazione (Figura 7-13).

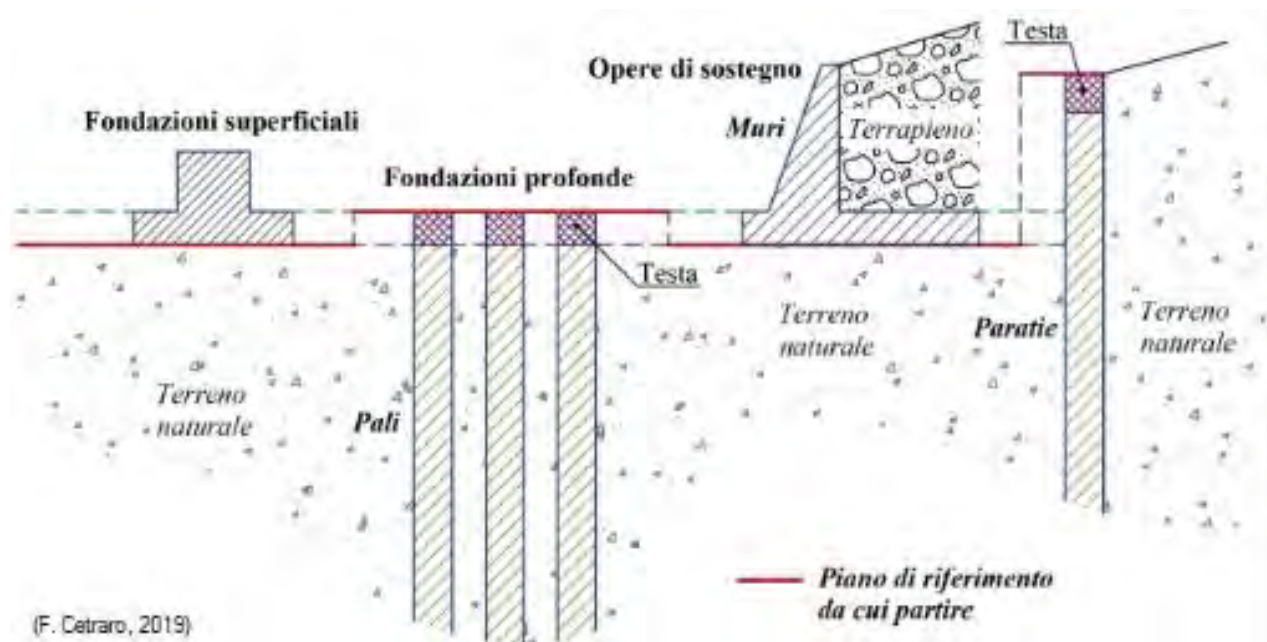


Figura 7-13 – Definizione della profondità del substrato

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

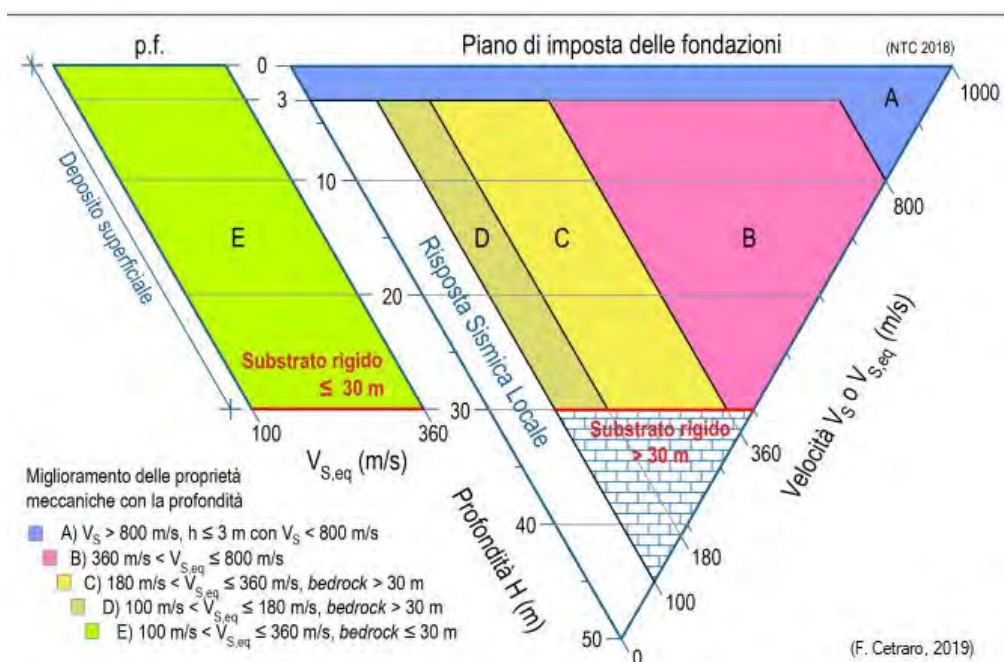


Figura 7-14 – Diagramma per la definizione delle categorie del suolo di fondazione secondo i riferimenti del § 3.2.2 delle NTC 2018

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_s , eq), ottenuto dal Modello Medio dell'elaborazione dei dati acquisiti attraverso la base sismica, è risultato essere in riferimento al piano campagna:

- per la base sismica MASW 1 $V_{s,eq} = 679$ m/s – SUOLO CAT. B
- per la base sismica MASW 2 $V_{s,eq} = 614$ m/s – SUOLO CAT. B
- per la base sismica MASW 3 $V_{s,eq} = 425$ m/s – SUOLO CAT. B
- per la base sismica MASW 4 $V_{s,eq} = 560$ m/s – SUOLO CAT. B
- per la base sismica MASW 5 $V_{s,eq} = 641$ m/s – SUOLO CAT. B

8. CARATTERISTICHE SISMOLOGICHE E TETTONICHE

8.1. SISMICITÀ DELL’AREA

In riferimento al contesto geologico e sismo-tettonico dell’area, se da un lato le conoscenze in termini di aree sismogenetiche (cioè quelle porzioni di territorio in cui sono state riconosciute strutture tettoniche attive), che attribuiscono a queste un carattere di “bassa energia”, sembrano non esporre il territorio ad un considerevole rischio, al contrario, il quadro sismogenetico delle aree contermini (Capitanata, Gargano, Subappennino, Albania e Grecia) attribuiscono un “medio-alto rischio” in termini di sismicità risentita (cioè legata ad eventi sismici che hanno epicentro in altre aree ma considerevoli effetti anche a notevoli distanze). È proprio in quest’ottica che la nuova normativa ha riclassificato l’intero territorio nazionale.

Nel seguito si riporta la storia sismica di Francavilla Fontana derivata dal Database Macrosismico Italiano (DBMI15 v4.0 — Database Macrosismico Italiano), utilizzato per la compilazione del CPTI15, ossia del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, consultabile dal sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

Per ogni terremoto, vengono riportati, oltre alla data di accadimento dell’evento, gli effetti risentiti, in termini di intensità al sito (I_s) (espressa in Scala Mercalli - MCS), nel territorio di Francavilla Fontana, “in occasione del terremoto di:”, riferito all’ubicazione dell’evento, di cui viene riportato, oltre al toponimo dell’area epicentrale, quanto significativo è stato il terremoto sia in termini di intensità (I_o) che di magnitudo momento (M_w) (espressa in Scala Richter).

Vengono inoltre presi a riferimento e dettagliati i terremoti più significativi in termini magnitudo (terremoto del 1743) ed in termini di accadimento temporale dell’evento (terremoti più recenti).

Francavilla Fontana

| | |
|----------------------------|---------------------|
| PlaceID | IT_62580 |
| Coordinate (lat, lon) | 40.529, 17.583 |
| Comune (ISTAT 2015) | Francavilla Fontana |
| Provincia | Brindisi |
| Regione | Puglia |
| Numero di eventi riportati | 8 |

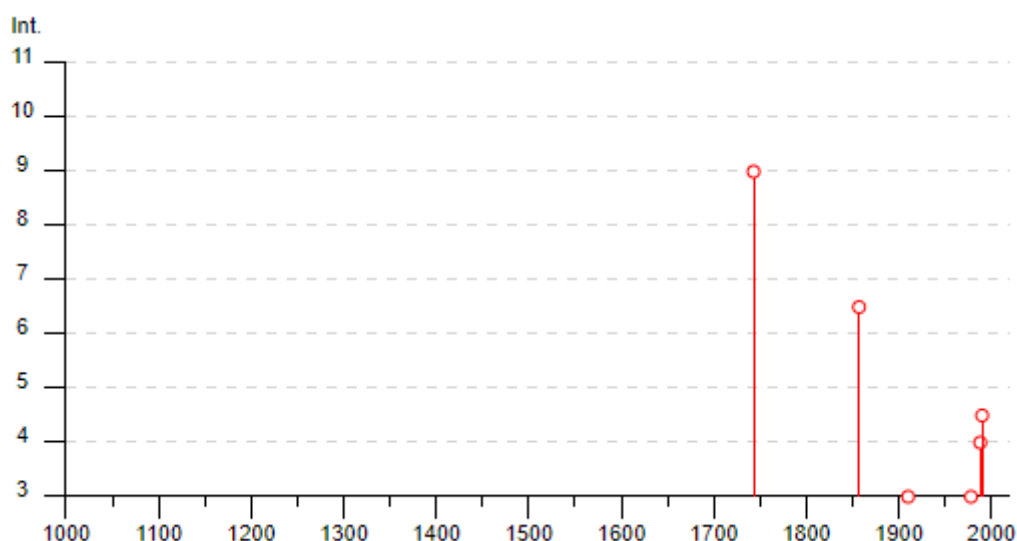


Figura 8-1 – Storia sismica del Comune di Francavilla Fontana

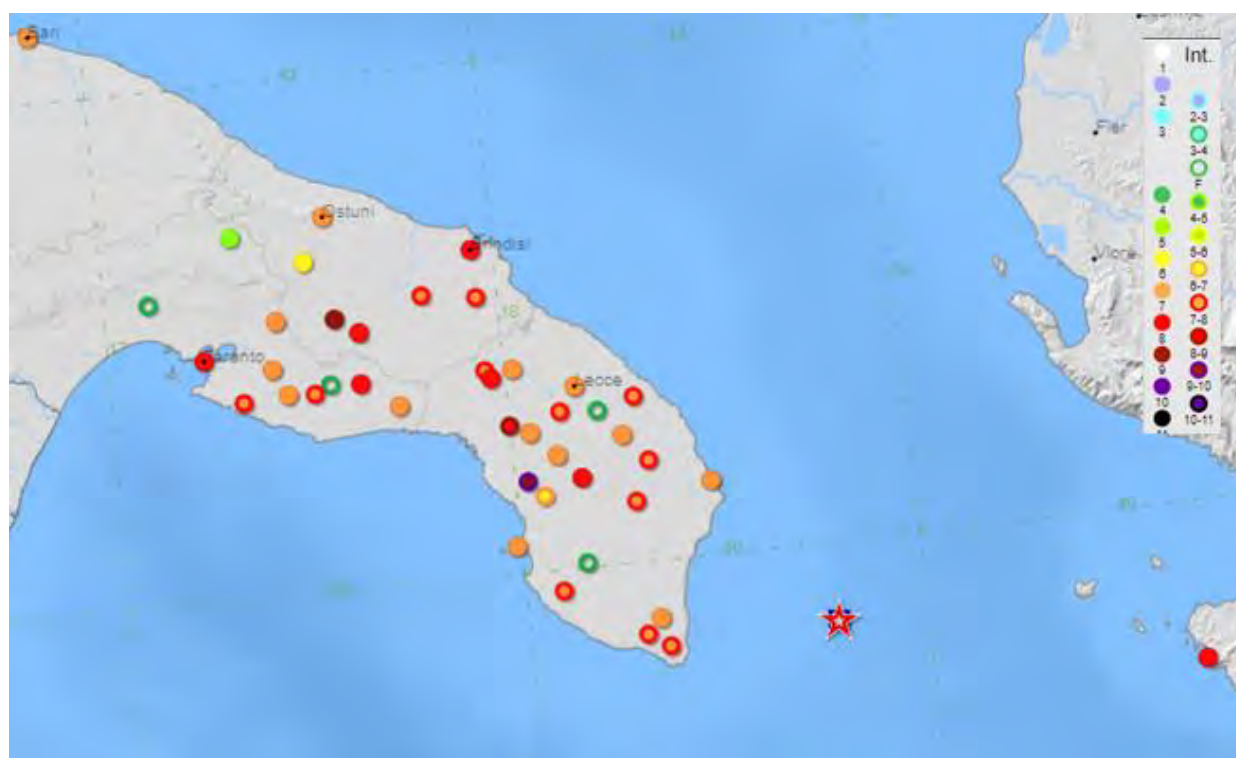
| Effetti | In occasione del terremoto del | | | | | | | | |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|----------------------|------|------------|
| Int. | Anno | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale | NMDP | Io Mw |
| 9 | 1743 | 02 | 20 | | | | Ionio settentrionale | 84 | 9 6.68 |
| 6-7 | 1857 | 12 | 16 | 21 | 15 | | Basilicata | 340 | 11 7.12 |
| 2 | 1905 | 09 | 08 | 01 | 43 | | Calabria centrale | 895 | 10-11 6.95 |
| 3 | 1910 | 06 | 07 | 02 | 04 | | Irpinia-Basilicata | 376 | 8 5.76 |
| NF | 1947 | 05 | 11 | 06 | 32 | 1 | Calabria centrale | 254 | 8 5.70 |
| 3 | 1978 | 09 | 24 | 08 | 07 | 4 | Materano | 121 | 6 4.75 |
| 4 | 1988 | 04 | 13 | 21 | 28 | 2 | Golfo di Taranto | 272 | 6-7 4.86 |
| 4-5 | 1990 | 05 | 05 | 07 | 21 | 2 | Potentino | 1375 | 5.77 |

Figura 8-2 – Storia sismica del Comune di Francavilla Fontana.

1743 febbraio 20
Ionio settentrionale

EqID 17430220_1630_000

| | Lat | Lon | Orig. ep. | Io | Mw | ErMw | Orig. mag. | Profond. |
|----------|--------|--------|-----------|----|-------------|------|------------|----------|
| ★ CPTI15 | 39.847 | 18.774 | | 9 | 6.68 ± 0.12 | | Mdm | |
| ▣ Macro | 39.847 | 18.774 | bx0 | 9 | 6.68 ± 0.12 | | bxn | |



1743 febbraio 20
Ionio settentrionale
EqID 17430220_1630_000

Francavilla Fontana

| | |
|-----------------------|---------------------|
| Intensità | 9 |
| PlaceID | IT_62580 |
| Coordinate (lat, lon) | 40.529, 17.583 |
| Comune (ISTAT 2015) | Francavilla Fontana |
| Provincia | Brindisi |
| Regione | Puglia |

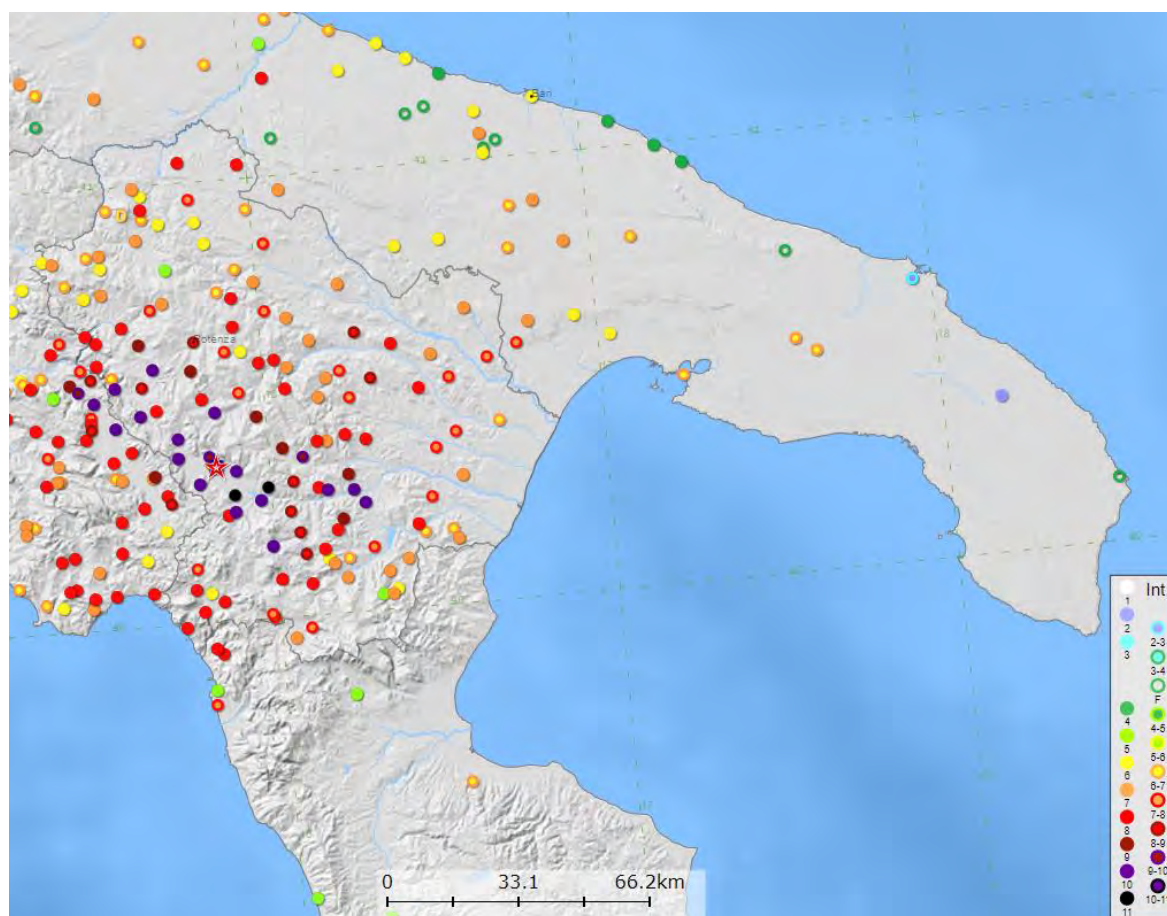
Figura 8-3 – Informazioni sul terremoto del 20 febbraio 1743 e relativa intensità registrata nel territorio di Francavilla Fontana

1857 dicembre 16 21:15

Basilicata

EqID 18571216_2115_001

| | Lat | Lon | Orig. ep. | Io | Mw | ErMw | Orig. mag. | Profond. |
|----------|--------|--------|-----------|----|-------------|------|------------|----------|
| ★ CPTI15 | 40.352 | 15.842 | | 11 | 7.12 ± 0.10 | | Mdm | |
| ▣ Macro | 40.352 | 15.842 | bx0 | 11 | 7.12 ± 0.10 | | bxn | |



1857 dicembre 16 21:15

Basilicata

EqID 18571216_2115_001

Francavilla Fontana

| | |
|-----------------------|---------------------|
| Intensità | 6-7 |
| PlaceID | IT_62580 |
| Coordinate (lat, lon) | 40.529, 17.583 |
| Comune (ISTAT 2015) | Francavilla Fontana |
| Provincia | Brindisi |
| Regione | Puglia |

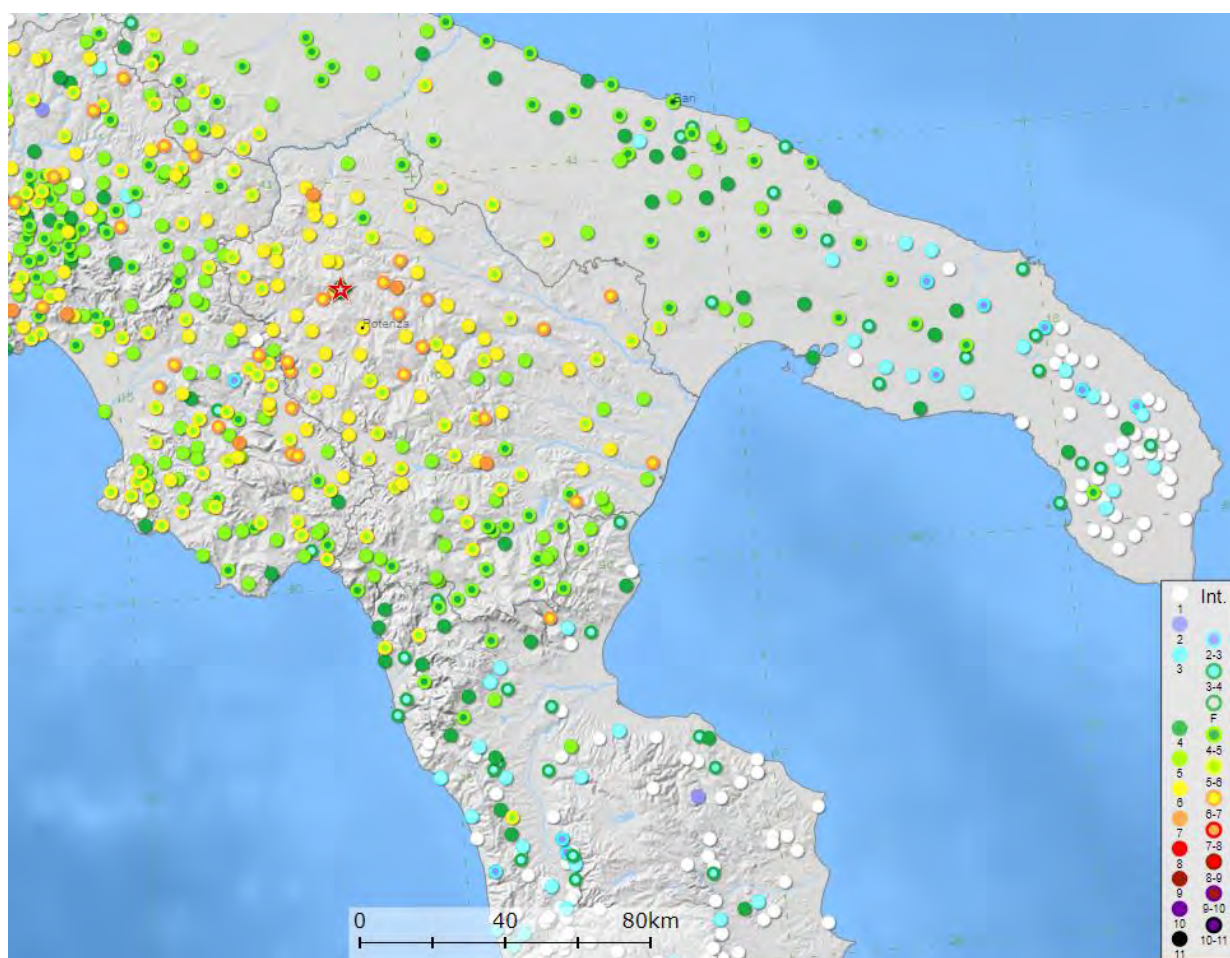
Figura 8-4 – Informazioni sul terremoto del 6 dicembre 1857 e relativa intensità registrata nel territorio di Francavilla Fontana

1990 maggio 05 07:21:29.61

Potentino

EqID 19900505_0721_001

| | Lat | Lon | Orig. ep. | Io | Mw | ErMw | Orig. mag. | Profond. |
|----------|--------|--------|-----------|----|-------------|------|------------|----------|
| ★ CPTI15 | 40.738 | 15.741 | | | 5.77 ± 0.10 | | InsO | 10.0 |
| ◇ Instr | 40.738 | 15.741 | ISC | | 5.77 ± 0.10 | | MwMT | 10.0 |



1990 maggio 05 07:21:29.61

Potentino

EqID 19900505_0721_001

Francavilla Fontana

| | |
|-----------------------|---------------------|
| Intensità | 4-5 |
| PlaceID | IT_62580 |
| Coordinate (lat, lon) | 40.529, 17.583 |
| Comune (ISTAT 2015) | Francavilla Fontana |
| Provincia | Brindisi |
| Regione | Puglia |

Figura 8-5 – Informazioni sul terremoto del 5 maggio 1990 e relativa intensità registrata nel territorio di Francavilla Fontana.

Dalla consultazione del progetto DISS 3.3.0 (Database of Individual Seismogenic Sources) dell’istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, di cui si riporta nell’immagine che segue (*Figura 8-6*) uno stralcio, si evince la distanza del territorio di in studio dalle principali sorgenti sismogenetiche che interessano l’Italia meridionale.

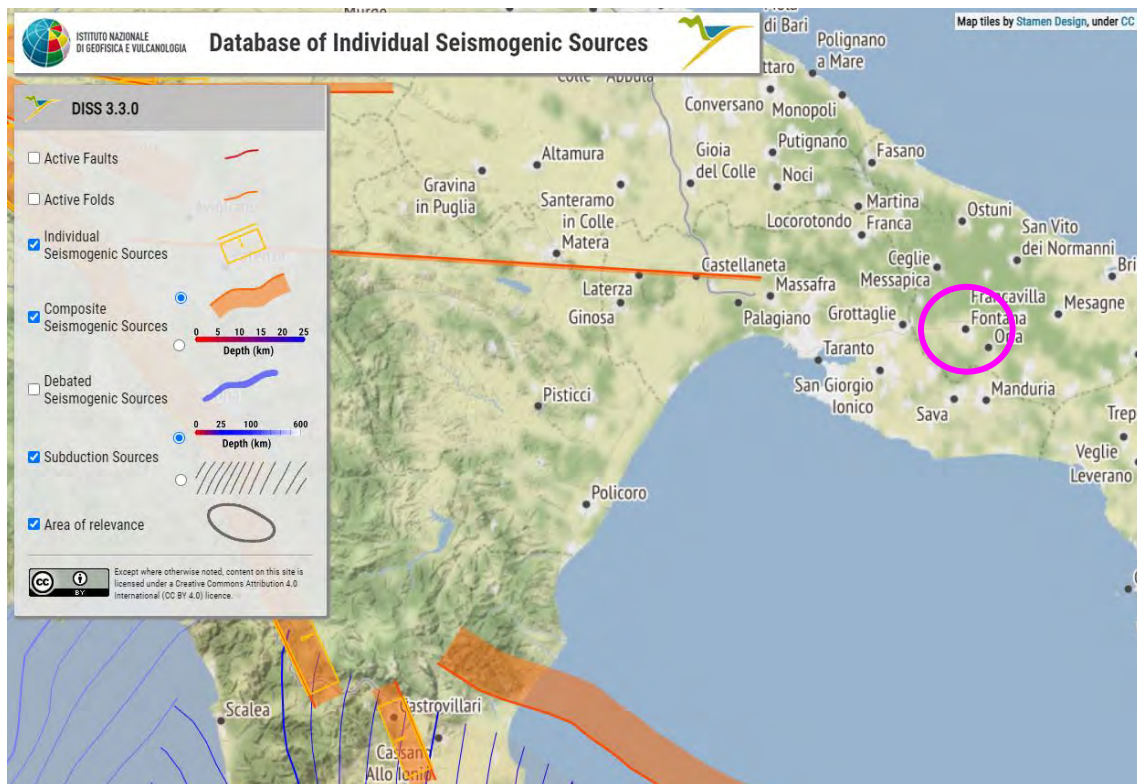


Figura 8-6 – Stralcio del database delle sorgenti sismogenetiche

La sorgente sismogenetica più vicina è: la ITCS005 “Baragiano-Palagianello” di cui si dettagliano, nel seguito, le principali caratteristiche, sempre desunte dal database DISS 3.3.0.

ITCS005 “Baragiano-Palagianello”

| PARAMETRIC INFORMATION | | | |
|-----------------------------|---------------------|---------|--|
| Parameter | | Quality | Evidence |
| Min depth [km] | 13.0 | OD | Derived from seismological data. |
| Max depth [km] | 22.0 | OD | Derived from seismological data. |
| Strike [deg] min... max | 80...100 | LD | Based on focal mechanisms. |
| Dip [deg] min... max | 80...90 | LD | Based on focal mechanisms. |
| Rake [deg] min... max | 170...190 | LD | Based on focal mechanisms. |
| Slip Rate [mm/y] min... max | 0.1000... 0.5000 | EJ | Unknown, values assumed from geodynamic constraints. |
| Max Magnitude [Mw] | 7.4 | ER | Estimated from Leonard's (2014) scaling relations. |

LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement

8.2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO ED AZIONE SISMICA

Le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e l'OPCM del 20 marzo 2003 n. 3274, superando il concetto della classificazione sismica del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione di nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante un'analisi della risposta sismica locale. In assenza di tali analisi, per condizioni stratigrafiche e proprietà dei terreni chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11 delle NTC18, la stima dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C). il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
Informazioni sul nodo con ID: 34361 - Latitudine: 40.511 - Longitudine: 17.567

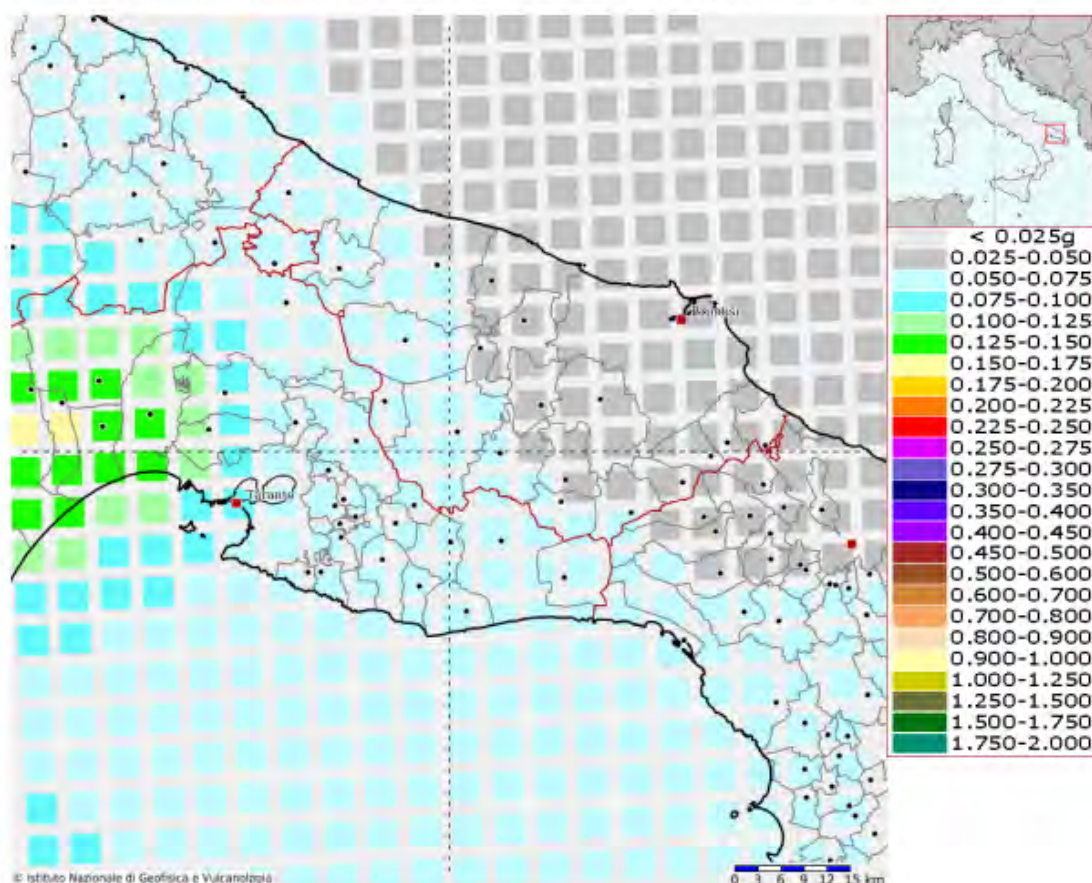


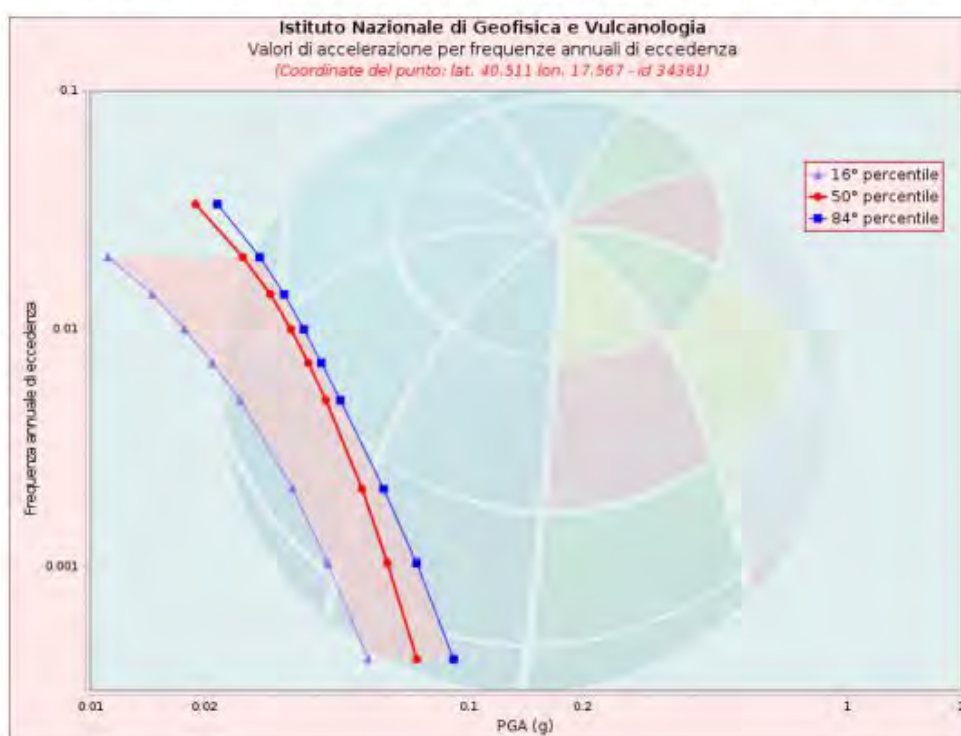
Figura 8-7 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A). Fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Secondo la mappa di pericolosità sismica sopra riportata (Figura 8-7), l'area in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa fra 0.050-0.075 g, in cui è riportata la mappa della pericolosità sismica per il sito in questione con una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni (riferita a suoli rigidi – categoria A).

Nelle figure seguenti si riportano rispettivamente la curva di pericolosità (Figura 8-8), gli spettri a pericolosità uniforme (Figura 8-9) ed il grafico di disaggregazione e la relativa tabella (Figura 8-10).

Curva di pericolosità

La pericolosità è l'insieme dei valori di scuotimento (in questo caso per la PGA) per diverse frequenze annuali di eccedenza (valore inverso del periodo di ritorno). La tabella riporta i valori mostrati nel grafico, relativi al valore mediano (50mo percentile) ed incertezza, espressa attraverso il 16° e l'84° percentile.



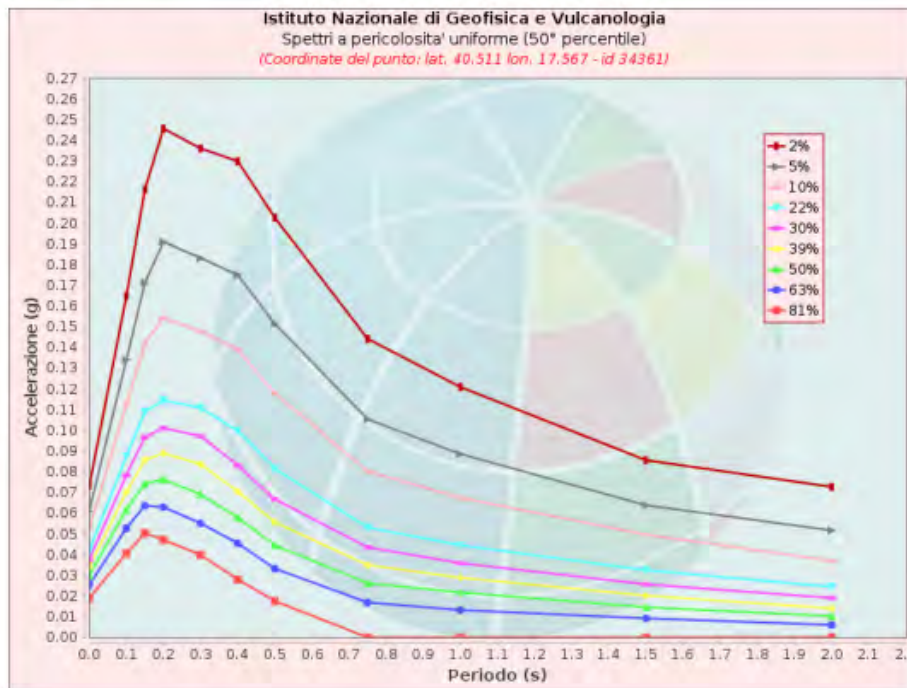
| Frequenza annuale di ecc. | PGA (g) | | |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|
| | 16° percentile | 50° percentile | 84° percentile |
| 0.0004 | 0.054 | 0.073 | 0.091 |
| 0.0010 | 0.043 | 0.061 | 0.073 |
| 0.0021 | 0.034 | 0.052 | 0.060 |
| 0.0050 | 0.025 | 0.042 | 0.046 |
| 0.0071 | 0.021 | 0.038 | 0.041 |
| 0.0099 | 0.018 | 0.034 | 0.037 |
| 0.0139 | 0.015 | 0.030 | 0.033 |
| 0.0199 | 0.011 | 0.025 | 0.028 |
| 0.0332 | 0.000 | 0.019 | 0.022 |

Figura 8-8 – Curva di pericolosità per il punto della griglia presa a riferimento Nodo ID: 34361.

Spettri a pericolosità uniforme

Gli spettri indicano i valori di scuotimento calcolati per 11 periodi spettrali, compresi tra 0 e 2 secondi. La PGA corrisponde al periodo pari a 0 secondi. Il grafico è relativo alle stime mediane (50mo percentile) proposte dal modello di pericolosità.

I diversi spettri nel grafico sono relativi a diverse probabilità di eccedenza (PoE) in 50 anni. La tabella riporta i valori mostrati nel grafico.



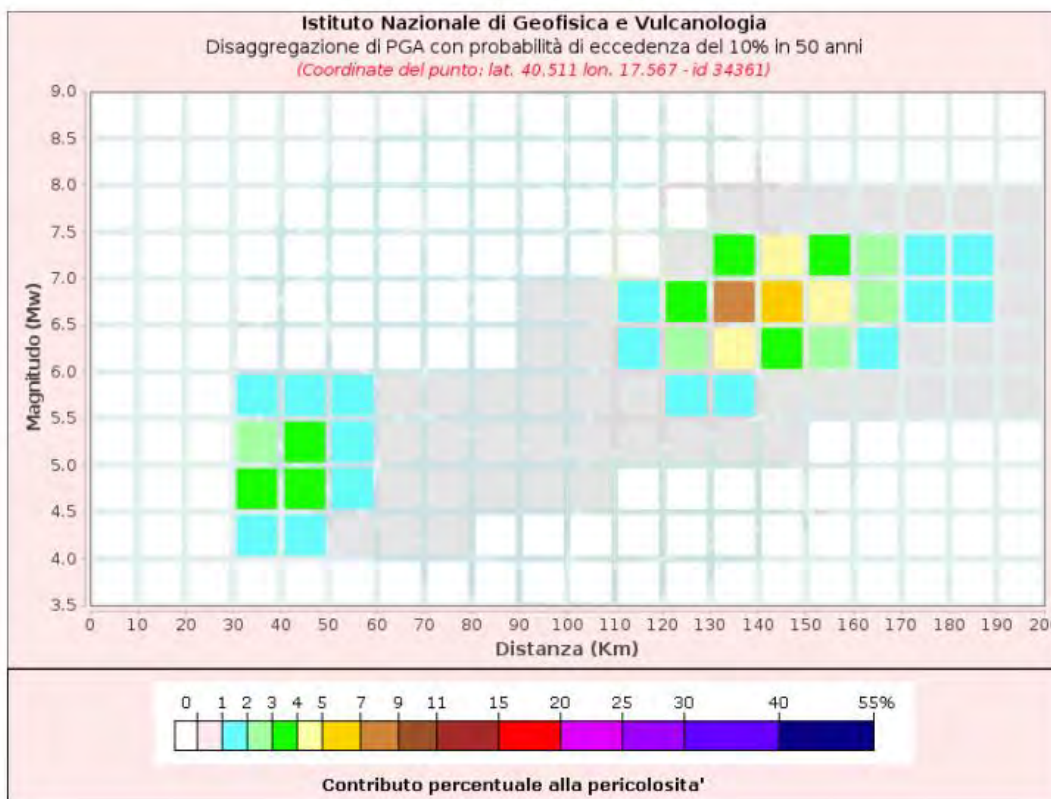
| Spettri a pericolosità uniforme (50° percentile) | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PoE in 50 anni | Accelerazione (g) | | | | | | | | | | |
| | Periodo (s) | | | | | | | | | | |
| | 0.0 | 0.1 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.75 | 1.0 | 1.5 | 2.0 |
| 2% | 0.073 | 0.165 | 0.216 | 0.246 | 0.236 | 0.230 | 0.203 | 0.144 | 0.121 | 0.086 | 0.073 |
| 5% | 0.061 | 0.134 | 0.171 | 0.191 | 0.183 | 0.175 | 0.151 | 0.105 | 0.089 | 0.064 | 0.052 |
| 10% | 0.052 | 0.113 | 0.142 | 0.154 | 0.148 | 0.139 | 0.118 | 0.080 | 0.067 | 0.050 | 0.037 |
| 22% | 0.042 | 0.088 | 0.109 | 0.114 | 0.111 | 0.100 | 0.082 | 0.053 | 0.045 | 0.032 | 0.024 |
| 30% | 0.038 | 0.078 | 0.097 | 0.101 | 0.097 | 0.083 | 0.067 | 0.044 | 0.036 | 0.026 | 0.019 |
| 39% | 0.034 | 0.070 | 0.086 | 0.089 | 0.084 | 0.070 | 0.056 | 0.035 | 0.029 | 0.020 | 0.014 |
| 50% | 0.030 | 0.062 | 0.074 | 0.076 | 0.069 | 0.058 | 0.044 | 0.026 | 0.022 | 0.015 | 0.010 |
| 63% | 0.025 | 0.053 | 0.064 | 0.063 | 0.055 | 0.045 | 0.033 | 0.017 | 0.013 | 0.009 | 0.006 |
| 81% | 0.019 | 0.041 | 0.050 | 0.047 | 0.040 | 0.028 | 0.018 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Figura 8-9 – Spettri a pericolosità uniforme per il punto della griglia presa a riferimento Nodo ID: 34361.

Grafico di disaggregazione

Il grafico rappresenta il contributo percentuale delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza epicentrale alla pericolosità del nodo, rappresentata in questo caso dal valore della PGA mediana, per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

La tabella riporta i valori mostrati nel grafico ed i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon.



| Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Distanza in Km | Magnitudo | | | | | | | | | | |
| | 3.5-4.0 | 4.0-4.5 | 4.5-5.0 | 5.0-5.5 | 5.5-6.0 | 6.0-6.5 | 6.5-7.0 | 7.0-7.5 | 7.5-8.0 | 8.0-8.5 | 8.5-9.0 |
| 0-10 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 10-20 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 20-30 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 30-40 | 0.0000 | 1.3100 | 3.4100 | 2.9000 | 1.4600 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 40-50 | 0.0000 | 1.1500 | 3.4600 | 3.4000 | 1.9100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 50-60 | 0.0000 | 0.3510 | 1.4300 | 1.7300 | 1.1200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 60-70 | 0.0000 | 0.0575 | 0.5690 | 0.9020 | 0.6590 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 70-80 | 0.0000 | 0.0002 | 0.1980 | 0.4990 | 0.4160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 80-90 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0488 | 0.2660 | 0.2590 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 90-100 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0059 | 0.1370 | 0.1690 | 0.0098 | 0.0022 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 100-110 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0012 | 0.1940 | 0.5300 | 0.7550 | 0.5980 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 110-120 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1810 | 0.8110 | 1.4800 | 1.3600 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 120-130 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1230 | 1.2000 | 2.8300 | 3.8000 | 0.1780 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| 130-140 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0324 | 1.3300 | 4.2400 | 7.2100 | 3.6500 | 0.1320 | 0.0000 | 0.0000 |
| 140-150 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0033 | 0.7660 | 3.2700 | 6.0600 | 4.1300 | 0.2450 | 0.0000 | 0.0000 |
| 150-160 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.3530 | 2.2100 | 4.3700 | 3.9500 | 0.2890 | 0.0000 | 0.0000 |
| 160-170 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.1300 | 1.2000 | 2.4500 | 2.3700 | 0.2590 | 0.0000 | 0.0000 |
| 170-180 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0467 | 0.7410 | 1.6200 | 1.5300 | 0.2010 | 0.0000 | 0.0000 |
| 180-190 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0137 | 0.4930 | 1.2500 | 1.2100 | 0.1590 | 0.0000 | 0.0000 |
| 190-200 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0025 | 0.2810 | 0.8930 | 0.9320 | 0.1250 | 0.0000 | 0.0000 |

Valori Medi: magnitudo = 6.25 ; distanza = 119.0 ; epsilon = 1.77

Figura 8-10 – Grafico di disaggregazione e relativi valori tabellari per il punto della griglia presa a riferimento Nodo ID: 34361

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

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

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

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

<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>

essa fornisce i **parametri sismici (ag , F_0 e T_c^*)** (Figura 8-11) per gli stati limite SLO, SLD, SLV, SLC, tipici del luogo o della costruzione in esame.

Sono stati inoltre calcolati i **coefficienti sismici k_h e k_v** (Figura 8-12), considerando una Categoria del suolo di Fondazione di tipo B (Cfr. Par. 7.3.1) ed una Categoria Topografica T1.

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti per la maglia sismica in cui ricade il sito.

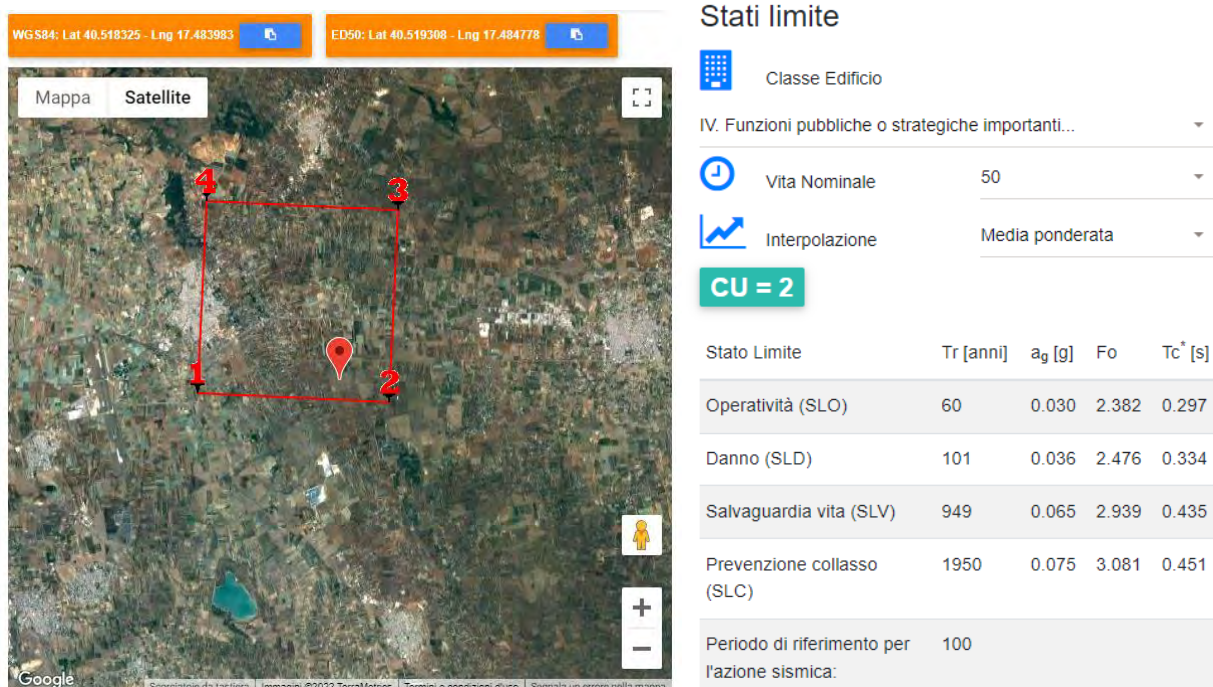




Figura 8-11 – Griglia di riferimento e definizione dei parametri sismici (ag , F_0 e T_c^*)


Coefficienti sismici


 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) us (m)

1  0.1

 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T1

| | SLO | SLD | SLV | SLC | Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---------------------------------|------|------|------|------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| SS Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 | kh | 0.007 | 0.009 | 0.016 | 0.018 |
| CC Coeff. funz categoria | 1,40 | 1,37 | 1,30 | 1,29 | kv | 0.004 | 0.004 | 0.008 | 0.009 |
| ST Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | Amax [m/s ²] | 0.347 | 0.427 | 0.761 | 0.881 |
| | | | | | Beta | 0.200 | 0.200 | 0.200 | 0.200 |

Figura 8-12 – Definizione dei coefficienti sismici

9. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

Sulla scorta degli studi delle risultanze delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile elaborare per l'area di progetto un modello geologico di riferimento, il quale tiene conto di tutte le informazioni acquisite durante il presente studio, che viene nel seguito esplicitato.

All'interno dell'area progettuale si individuano due aree distinte, in cui le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sedime di fondazione sono del tutto differenti tra loro. In particolare:

- la prima è caratterizzata dalla presenza del substrato roccioso calcareo sub-affiorante deposito ascrivibile alla formazione dei Calcari di Altamura e si rinviene nella totalità dell'area del parco fotovoltaico
- la seconda da un deposito di argille (ascrivibile alla formazione delle Argille Subappennine) cui fanno seguito arenarie organogene (Calcareniti di Gravina) e i calcari cretacei: tale assetto si rinviene nell'area dove sorgerà la Stazione Utente ed il BESS.

La falda idrica superficiale non è presente in nessuna delle aree investigate, mentre quella profonda, che circola all'interno della massa carbonatica è localizzata a quote di circa ai 140 m dal p.c., e pertanto non vi può essere alcuna interazione fra le acque sotterranee e le opere in progetto.

Alla luce di quanto detto è possibile distinguere all'interno dell'area interessata dal parco eolico tre differenti unità litologiche [U.L.]:

- Unità Litologica 1: Unità dei depositi eluvio colluviali di copertura
- Unità Litologica 2: Unità delle argille.
- Unità Litologica 3: Unità delle calcareniti bioclastiche.
- Unità Litologica 4: Unità dei calcari cretacei.

Sulla base dei modelli geologico di riferimento è possibile inoltre considerare i seguenti aspetti, valevoli per tutta l'area progettuale:

| | |
|-----------------------------------|--------------------|
| Categoria di sottosuolo | B |
| Categoria Topografica | T1 |
| Rischio liquefazione dei terreni | Nullo |
| Rischio instabilità dei terreni | Situazione Stabile |
| Pericolosità geo-sismica del sito | Molto Bassa |

In accordo con il modello geologico, sintetizzando le risultanze delle indagini geognostiche effettuate unitamente ai dati bibliografici in possesso dello scrivente, è stato elaborato il modello geotecnico dell'area in studio, il quale è formato dalle seguenti unità geotecniche:

| Unità Geotecnica | Descrizione |
|------------------|---|
| U.G. 1) | TERRENO VEGETALE |
| U.G. 2) | SABBIE E SABBIE CALCARENITICHE CONCR. |
| U.G. 3) | CALCARENITI BIOCLASTICHE |
| U.G. 4) | CALCARI MICRITICI: è possibile all'interno della seguente unità distinguere a sua volta due differenti unità geotecnica, la prima costituita dai calcari alterati e fratturati [U.G.4a] ed una seconda costituita da calcari da poco fratturati ed alterati a compatti [U.G.4b] |

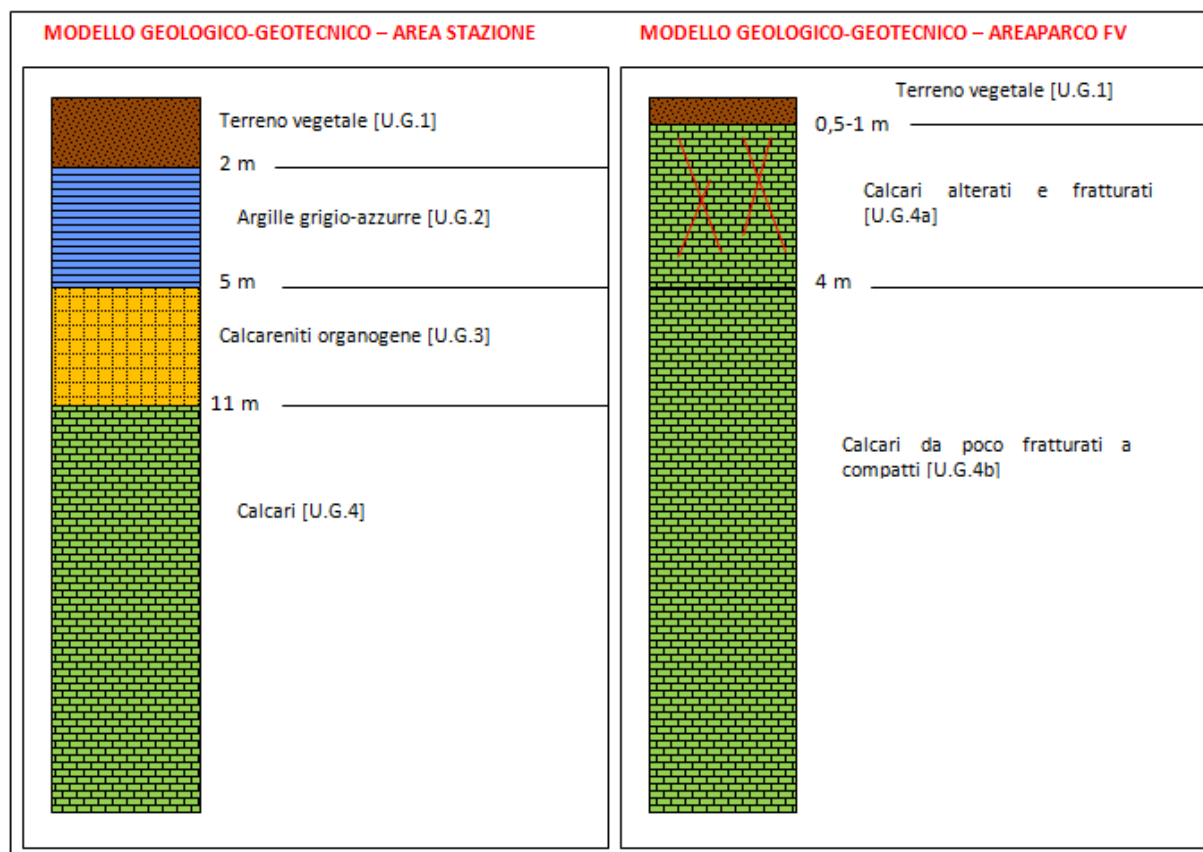


Figura 9-1 – Modelli geologico-geotecnici delle aree di progetto.

I valori delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche sono stati ricavati dall'elaborazione di tutte le prove eseguite oltre che da dati bibliografici in possesso dello scrivente riguardanti indagini pregresse su terreni simili a quelli in studio.

In particolare sono state parametrizzate le Unità geotecniche 2, 3, 4a e 4b; l'Unità 1, costituita da terreno vegetale, date le scadenti caratteristiche meccaniche non viene prese in considerazione, e dovrà necessariamente essere asportato se considerato come sedime di fondazione.

Di seguito, viene esplicitata la parametrizzazione geotecnica delle singole Unità precedentemente individuate, con l'indicazione delle aree di progetto di cui ne costituiscono il sedime di fondazione.

MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO - AREA STAZIONE

UNITA' GEOTECNICA 2 [U.G.2]: Depositi argillosi

Formazione geologica: Argille Subappennine

Descrizione litologica: argille marnoso-siltose con intercalazione limoso, di colore grigio-azzurro.

Soggiacenza della falda: Assente.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico prevalentemente coesivo con discrete caratteristiche, che si riducono sensibilmente nella parte più superficiale.

Comportamento Strato: Coesivo

Parametri geotecnici caratteristici:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|------|------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 18,5 | 22,0 | 21,0 |
| ϕ' (°) Angolo di attrito di picco | 17,0 | 25,0 | 22,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 109 | 125 | 115 |
| C_u (kPa) | 300 | 330 | 315 |
| E_u (MPa) Modulo Elastico non drenato | 120 | 135 | 125 |

UNITA' GEOTECNICA 3 [U.G.3]: Depositi calcarenitici

Formazione geologica: Calcareniti di Gravina

Descrizione litologica: Calcareniti bioclastiche a grana grossolana di colore bianco giallastro da mediamente a scarsamente cementate

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, con comportamento assibilabile ad un ammasso roccioso dalle discrete qualità.

Comportamento Strato: Roccioso

Stato di addensamento: Da mediamente a ben cementato

Parametri geotecnici caratteristici:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|------|------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 19,5 | 22,0 | 21,0 |
| γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco | 18,0 | 19,5 | 18,5 |
| γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo | 20,0 | 22,0 | 21,0 |
| γ_s (kN/m ³) Peso specifico | --- | --- | 22,0 |
| ϕ' (°) Angolo di attrito | 30,0 | 34,0 | 32,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 0,0 | 10,0 | 5,0 |
| E (Mpa) Modulo Elastico Statico | 50 | 80 | 70 |
| η Coefficiente di Poisson | -- | -- | 0,40 |
| R.Q.D. (%) | 30 | 60 | 50 |

MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO - AREA PARCO FV

UNITA' GEOTECNICA 4 [U.G.4]: Depositi calcarei

Formazione geologica: Calcari di Altamura

Descrizione litologica: Calcari micritici biancastri da fratturati ed alterati a compatti.


Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico in genere buono, con comportamento assibilabile ad un ammasso roccioso dalle buone qualità. La qualità dell'ammasso e le caratteristiche geotecniche tendono ad aumentare al diminuire del grado di alterazione e fratturazione dell'ammasso. Per tale motivo l'unità geotecnica viene distinta in due sottounità: quella più superficiale, costituita dai calcari alterati e fratturati e quella più profonda costituita dai calcari da poco fratturati a compatti.

Parametri geotecnici caratteristici [U.G.4a] – calcari alterati e fratturati:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|-------|-------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 22,0 | 23,0 | 22,5 |
| γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco | 20,0 | 21,0 | 20,5 |
| γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo | 23,0 | 24,0 | 23,0 |
| γ_s (kN/m ³) Peso specifico | --- | --- | 23,0 |
| ϕ' (°) Angolo di attrito | 32,0 | 36,0 | 33,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 100,0 | 150,0 | 120,0 |
| E (Mpa) Modulo Elastico Statico | 80 | 100 | 90 |
| η Coefficiente di Poisson | -- | -- | 0,35 |
| R.Q.D. (%) | 40 | 60 | 50 |

Parametri geotecnici caratteristici [U.G.4b] – calcari da poco fratturati a compatti:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|-------|-------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 21,5 | 24,0 | 22,5 |
| γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco | 20,0 | 21,5 | 20,5 |
| γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo | 23,0 | 24,5 | 24,0 |
| γ_s (kN/m ³) Peso specifico | --- | --- | 24,0 |
| ϕ' (°) Angolo di attrito | 7,0 | 40,0 | 38,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 150,0 | 180,0 | 160,0 |
| E (Mpa) Modulo Elastico Statico | 200 | 500 | 300 |
| η Coefficiente di Poisson | -- | -- | 0,32 |
| R.Q.D. (%) | 80 | 100 | 90 |

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

10. CONCLUSIONI

Sulla base delle informazioni acquisite nel corso dell'indagine realizzata sono state verificate le condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche e sismiche dell'area: gli studi sono stati estesi, dove l'accessibilità era consentita.

Le opere di progetto andranno ad interessare essenzialmente:

- L'Unità Geotecnica 2), costituita da argille marnose e siltose, marne argillose, talora decisamente sabbiose. Il colore è grigio-azzurro o grigio-verdino; in superficie la colorazione è bianco-giallastra. Costituiscono il sedime di fondazione dell'area della Stazione Elettrica
- L'Unità Geotecnica 4), i cui litotipi sono costituiti da rocce calcaree da fratturate ed alterate [U.G.4a] e compatte [U.G.4b]. L'unità geotecnica ascrivibile ai calcari costituisce il sedime di fondazione dell'area in cui si localizza il parco fotovoltaico.

Dal punto di vista geotecnico i terreni in giacitura naturale che costituiscono il sedime di fondazione delle opere di futura progettazione, sono dotati di caratteristiche geotecniche da discrete a buone, il cui comportamento è da assimilare a materiali coesivi per le aree di affioramento delle argille, ed a materiali rocciosi per quelle in cui affiorano i termini calcarei.

La profondità del piano di posa della fondazione e la tipologia deve essere scelta e giustificata in relazione alle caratteristiche e alle prestazioni della struttura in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.

La falda idrica superficiale non è stata rilevata; quella profonda che circola all'interno del basamento calcareo si rinviene ad una profondità di circa 140 m dal p.c.; data la profondità, la stessa non interagisce in alcun modo con le opere di progetto.


Dal punto di vista sismico è noto come l'area in esame sia inseribile in un'area sismicamente poco attiva. La nuova legge in vigore (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003) inserisce il Comune di Francavilla Fontana tra le zone di sismicità 4 per cui dovranno essere adottate particolari tecniche per la progettazione e la costruzione seguendo le indicazioni riportate nell'ordinanza stessa. Dal rilevamento e dalle conoscenze geologiche sui luoghi si evince che la localizzazione del sito esaminato non presenta particolari attinenze all'incremento sismico. Le indagini eseguite hanno permesso di inserire il suolo di fondazione nella Categoria B, e quindi di restituire alcuni fattori da utilizzare nella progettazione e riportati all'interno della relazione.

Dall'analisi condotta, si ritiene irrilevante il rischio di liquefazione dei terreni a seguito di sollecitazioni sismiche.

Dal punto di vista del rischio idraulico, l'area di indagine non risulta inclusa all'interno di aree classificate a rischio idraulico e/o frana secondo i vigenti perimetri del PAI dell'UoM Regionale Puglia e Interregionale Ofanto.

Il progetto risulta inoltre compatibile con le norme e le prescrizioni dettate dalle misure di salvaguardia delle mappe aggiornate della pericolosità idraulica dell'Unit of Management Puglia-Ofanto al PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale.

L'area non è peraltro interessata da alcun processo geomorfologico in atto e non vi è alcun segno che possa indicare l'instaurarsi di fenomeni di instabilità, pertanto si ritiene stabile e sicuro da un punto di vista geomorfologico.

| | | |
|--|--|-------------|
|  | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|--|--|-------------|

L'analisi del progetto in esame consente di affermare che l'intervento non introduce variazioni di rilievo nella relazione tra gli eventi meteorologici ed il suolo e disincentiva la possibilità che si presentino fenomeni degradativi di tipo erosivo.

Il progetto non modifica in alcun modo la permeabilità dei terreni, nonché il regime delle falde e della circolazione idrica sotterranea.

Sulla base delle scelte progettuali e degli accorgimenti tecnici previsti da progetto si rileva che:

- ✚ le portate massime di deflusso meteorico che confluiranno nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico.
- ✚ i volumi di deflusso meteorico a valle della realizzazione del parco fotovoltaico non saranno maggiori di quelli attuali.

È possibile quindi affermare che il progetto, così come concepito rispetta appieno il principio dell'invarianza idraulica ed idrologica.

L'area non è interessata da alcun processo geomorfologico in atto e non vi è alcun segno che possa indicare l'instaurarsi di fenomeni di instabilità, pertanto si ritiene stabile e sicuro da un punto di vista geomorfologico.


Sulla scorta dello studio effettuato si ritiene nullo il rischio legato a cavità sotterranee.

Dall'indagine geologica, idrogeologica, geotecnica e sismica condotta sull'area, e tenuto conto delle prescrizioni sopra descritte in fase progettuale, si ritiene che l'opera possa essere realizzata in condizioni di sicurezza geologica, idrogeologica ed idraulica.

Brindisi, Luglio 2022

Geologo WALTER MICCOLIS

Ordine dei Geologi della Regione Puglia n. 676

| | | |
|---|--|-------------|
|  The logo for edp Renewables, featuring a stylized circular graphic with concentric rings in blue and green, followed by the text "edp" in a bold, lowercase font and "Renewables" in a smaller, lowercase font below it. | PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO “Francavilla Fontana” DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA | Luglio 2022 |
|---|--|-------------|

ALLEGATI CARTOGRAFICI

- **TAVOLA 1 – COROGRAFIA IGM**
- **TAVOLA 2 – CARTA GEOLOGICA E GEOMORFLOGICA**
- **TAVOLA 3 – CARTA IDROGEOLOGICA**
- **TAVOLA 4 – CARTA LITOTECNICA CON UBICAZIONE INDAGINI IN SITO**

TAVOLA 1 COROGRAFIA IGM

LEGENDA:

- | | |
|-------------------------------|--|
| Layout di progetto | Opere di Connessione |
| Impianto Fotovoltaico | - Cavidotti MT |
| Recinzione | Area stazioni altri produttori |
| Fascia arborea di mitigazione | Area stazione RTN |
| Powerstation ed edifici | Area stazione EDPR |
| Strutture Fotovoltaiche | Area stallo condiviso |
| Strade interne impianto FV | Area BESS EDPR |
| | Strada di accesso stazione utente e BESS |

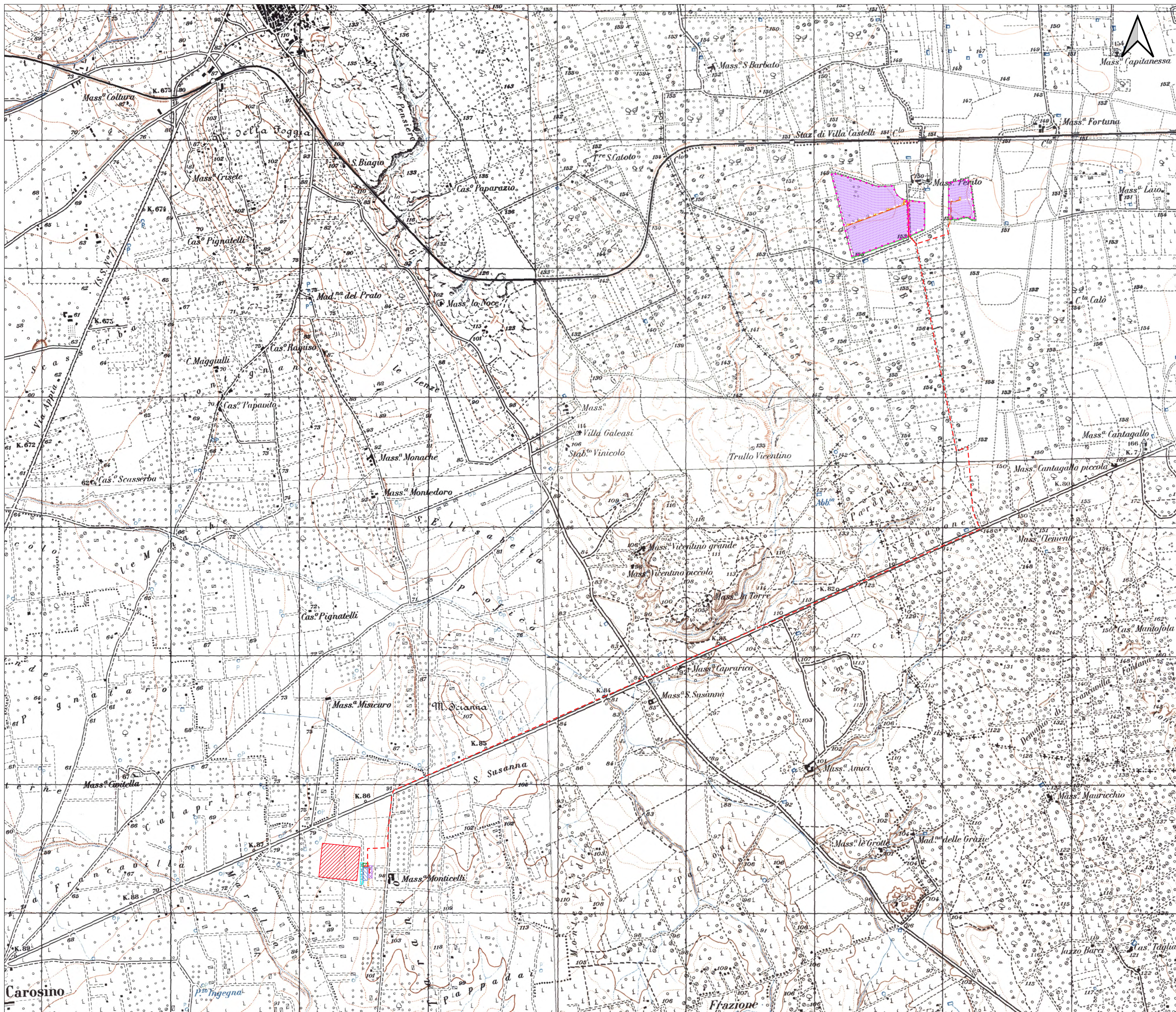
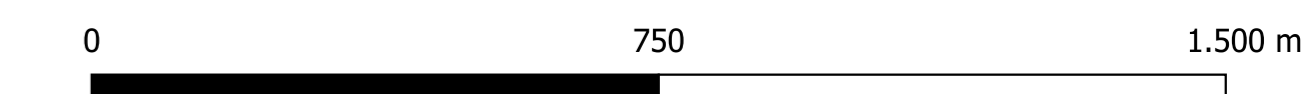


TAVOLA 2 CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA



LEGENDA:

| | |
|-------------------------------|--|
| Layout di progetto | Opere di Connessione |
| Impianto Fotovoltaico | - Cavidotti MT |
| Recinzione | Area stazioni altri produttori |
| Fascia arborea di mitigazione | Area stazione RTN |
| Poverstation ed edifici | Area stazione EDPR |
| Strutture Fotovoltaiche | Area stallo condiviso |
| Strade interne impianti FV | Area BESS EDPR |
| | Strada di accesso stazione utente e BESS |

Elementi geomorfologici

Forme di Modellamento dei corsi d'acqua

— Ripe di erosione fluviale

Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale

Reticolo idrografico

— Corso d'acqua episodico

— Corso d'acqua obliterato

— Recapito finale di bacino endoreico

Forme Carsiche

— Doline

Forme di versante

— Creste

— Cave

— Giaciture strati

Litologia del substrato

— a - DEPOSITI ALLUVIONALI

Depositi sciolti a prevalente componente pellica

DMT - DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

sabbie calcaree poco cementate con intercalati banchi di panchina

AS - ARGILLE SUBAPPENNINE

argille marnose e siltose, marne argillose, talora decisamente sabbiose. Il colore è grigio-azzurro o grigio-verdino; in superficie la colorazione è bianco-giallastra. Generalmente i litotipi più marnosi e sabbiosi si rinvergono nei livelli superiori, mentre nei livelli basali si rinvergono le argille grigio azzurre. Gli spessori di argilla nella provincia ionica possono superare anche i 250 mt.

CG - CALCAREBNITI DI GRAVINA

calcarenti organogene, variamente cementate, porose, bianco-giallognole, costituite da clastici derivati dalla degradazione dei calcari cretaci nonché da frammenti fossiliferi; alla base della formazione si riscontra un conglomerato a ciottoli calcarei con matrice calcarea rossastra.

CA - CALCARI DI ALTAMURA

La roccia si presenta più o meno fratturata, a grana fine, ben stratificata, con spessori variabili da pochi cm ad oltre il metro, ed è rappresentata localmente da calcari detritici di colore dal bianco al grigio scuro, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e dolomie grigiastre. A questi si associano termini residuali limoso-argillosi rossastri ("terre rosse"), sia di deposizione primaria (caratterizzati da geometrie lenticolari, da modesta estensione e da spessore raramente superiore a metri 1), sia di colamento delle principali discontinuità strutturali della massa rocciosa. La genesi di tali discontinuità è imputabile a cause meccaniche ("fratturazione") e chimiche ("dissoluzione carsica").

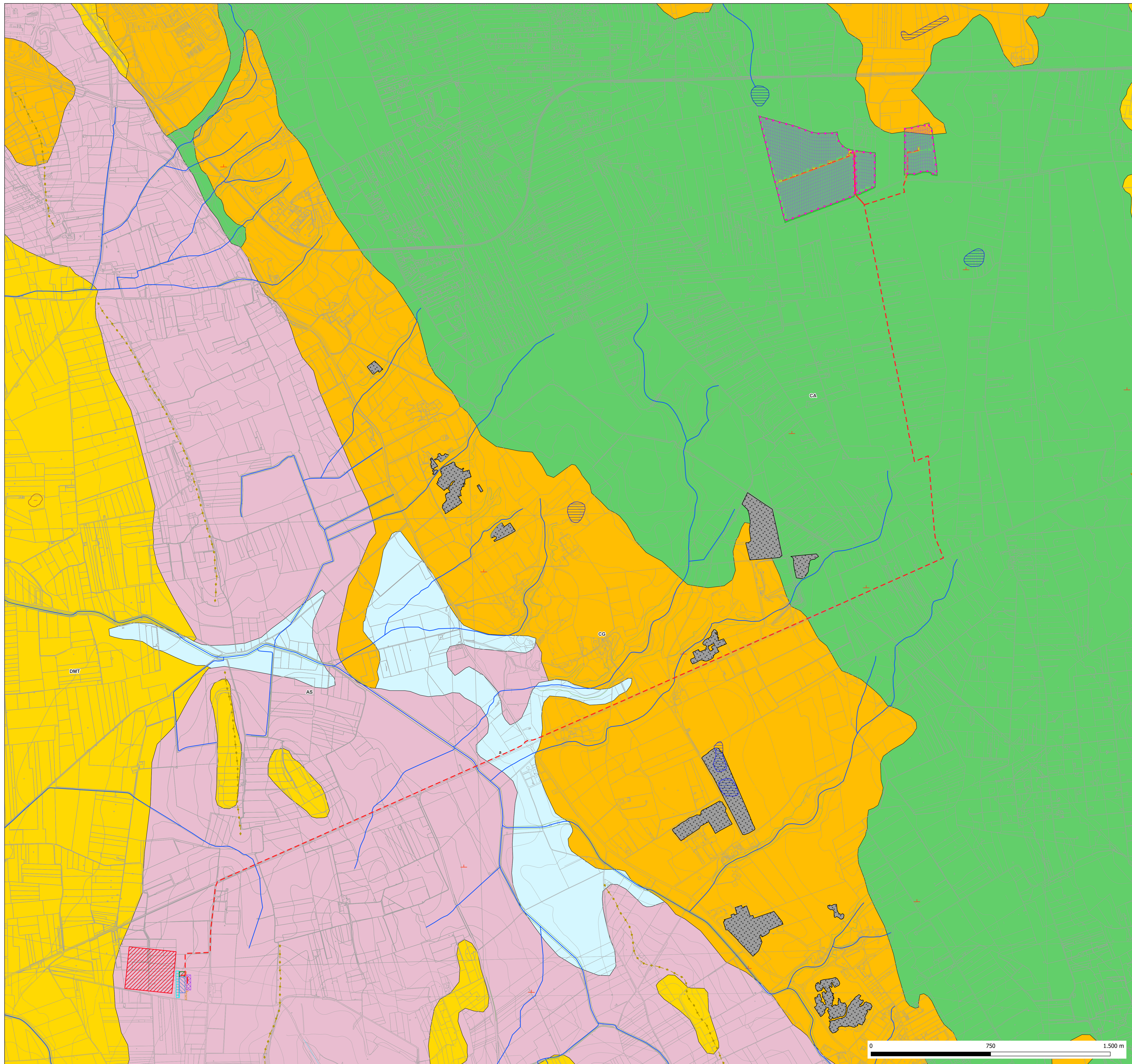
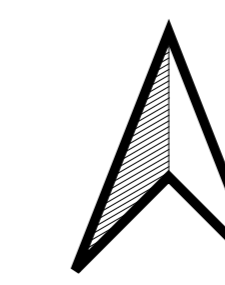


TAVOLA 3 CARTA IDROGEOLOGICA



LEGENDA:

- | | |
|-------------------------------|--|
| Layout di progetto | Opere di Connessione |
| Impianto Fotovoltaico | - - Cavidotti MT |
| Recinzione | Area stazioni altri produttori |
| Fascia arborea di mitigazione | Area stazione RTN |
| Powerstation ed edifici | Area stazione EDPR |
| Strutture Fotovoltaiche | Area stalli condiviso |
| Strade interne impianto FV | Area BESS EDPR |
| | Strada di accesso stazione utente e BESS |

- COMPLESSI IDROGEOLOGICI**
- COMPLESSO ALLUVIONALE
 - COMPLESSO SABBIOSO CALCARENITICO
 - COMPLESSO ARGILOSO
 - COMPLESSO CALCARENITICO
 - COMPLESSO CALCAREO

- - - - - Isopieze acquifero carsico profondo (m s.l.m.)
- Direzione preferenziale di deflusso acquifero profondo

SERIE IDROGEOLOGICA

| Colonna Stratigrafica | Litolipi Prevalenti | Unità Litostratigrafica | Età | Permeabilità | | Ruolo Idrostrutturale | Unità Idrogeologica |
|-----------------------|---|--|--------------------------------|---|--------------|------------------------|------------------------------|
| | | | | Tipo | Grado | | |
| [Pattern] | Limiti, sabbie, ghiaie e areniti | Complesso dei Depositi Marini terrazzati | PLEISTOCENE MEDIO-SUP. | Porosità Interstiziale | Medio-Alto | Acquifero superficiale | Unità Sabbioso-Calcarenitica |
| [Pattern] | Argille e sabbie argillose | Argille Subappennine | PLEISTOCENE INF. | --- | Impermeabile | Acquiclude | Unità Argillosa |
| [Pattern] | Calcarenitici organogene A grana grossa | Calcarenitici di Gravina | PLIOCENE SUP. PLEISTOCENE INF. | Primaria per porosità, Secondaria per fratturazione | Alto | --- | Unità Calcarenitica |
| [Pattern] | Calcarei e calcari dolomitici fessurati e carsificati | Calcarei di Altamura | CRETACEO SUP. | Primaria per Fratturazione e carsismo | Medio-Alto | Acquifero di Base | Unità Calcarea |

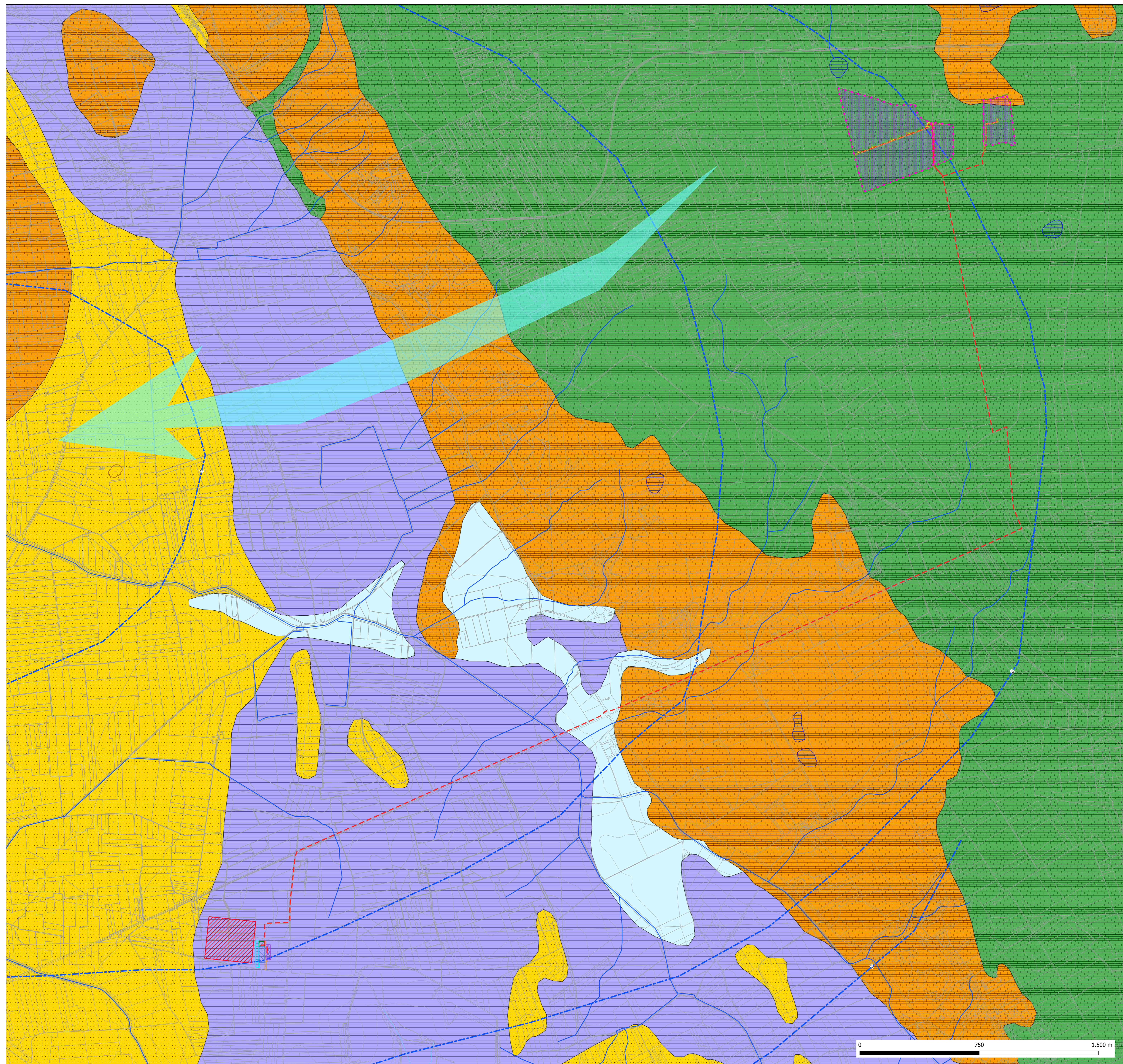


TAVOLA 4 CARTA LITOTECNICA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI IN SITO



- Layout di progetto**
- Impianto Fotovoltaico
 - Recinzione
 - Fascia arborea di mitigazione
 - Powerstation ed edifici
 - Strutture Fotovoltaiche
 - Strade interne impianto FV
- Opere di Connessione**
- Cavidotti MT
 - Area stazioni altri produttori
 - Area stazione RTN
 - Area stazione EDRP
 - Area stallo condiviso
 - Area BESS EDRP
 - Strada di accesso stazione utente e BESS

- Indagini in sito**
- Prove Penetrometriche Dinamiche super pesanti -DPSH
 - Indagini sismiche a Rifrazione (SRT)
 - Indagini sismiche MASW (con indicazione della Vs,eq risultante)

- Unità Litotecniche:**
- UNITA' ALLUVIONALE
 - UNITA' SABBIOSO-CALCARENITICA
 - UNITA' ARGILLOSA
 - UNITA' ARENITICA
 - UNITA' CALCAREA

UNITA' GEOTECNICA 2 [U.G.2]: Depositi argillosi
 Formazione geologica: Argille Subappennine
 Descrizione litologica: argille marnoso-siltose con intercalazione limoso, di colore grigio-azzurro.
 Soggiacenza della falda: Assente.
 Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico prevalentemente coesivo con discrete caratteristiche, che si riducono sensibilmente nella parte più superficiale.
 Comportamento Strato: Coesivo

Parametri geotecnici caratteristici:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|------|------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 18,5 | 22,0 | 21,0 |
| ψ (°) Angolo di attrito di picco | 17,0 | 25,0 | 22,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 109 | 125 | 115 |
| c _u (kPa) | 300 | 330 | 315 |
| E _a (MPa) Modulo Elastico non drenato | 129 | 135 | 125 |

UNITA' GEOTECNICA 3 [U.G.3]: Depositi calcarenitici
 Formazione geologica: Calcareniti di Gravina
 Descrizione litologica: Calcareniti biotattiche a grana grossolana di colore bianco giallastro da mediamente a scarsamente cementate.
 Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, con comportamento assimilabile ad un ammasso roccioso dalle discrete qualità.
 Comportamento Strato: Roccioso
 Stato di addensamento: Da mediamente a ben cementato

Parametri geotecnici caratteristici:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|------|------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 19,5 | 22,0 | 21,0 |
| γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco | 18,0 | 19,5 | 18,5 |
| γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo | 20,0 | 22,0 | 21,0 |
| γ_s (kN/m ³) Peso specifico | — | — | 22,0 |
| ψ (°) Angolo di attrito | 30,0 | 34,0 | 32,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 0,0 | 10,0 | 5,0 |
| E (MPa) Modulo Elastico Statico | 50 | 80 | 70 |
| η Coefficiente di Poisson | — | — | 0,40 |
| R.O.D. (%) | 30 | 60 | 50 |

UNITA' GEOTECNICA 4 [U.G.4]: Depositi calcarei
 Formazione geologica: Calcari di Altamura
 Descrizione litologica: Calcari micritici biancastri da fratturati ed alterati a compatti.
 Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico in genere buono, con comportamento assimilabile ad un ammasso roccioso dalle buone qualità. La qualità dell'ammasso e le caratteristiche geotecniche tendono ad aumentare al diminuire del grado di alterazione e fratturazione dell'ammasso. Per tale motivo l'unità geotecnica viene distinta in due sottounità: quella più superficiale, costituita dai calcari alterati e fratturati e quella più profonda costituita dai calcari da poco fratturati a compatti.

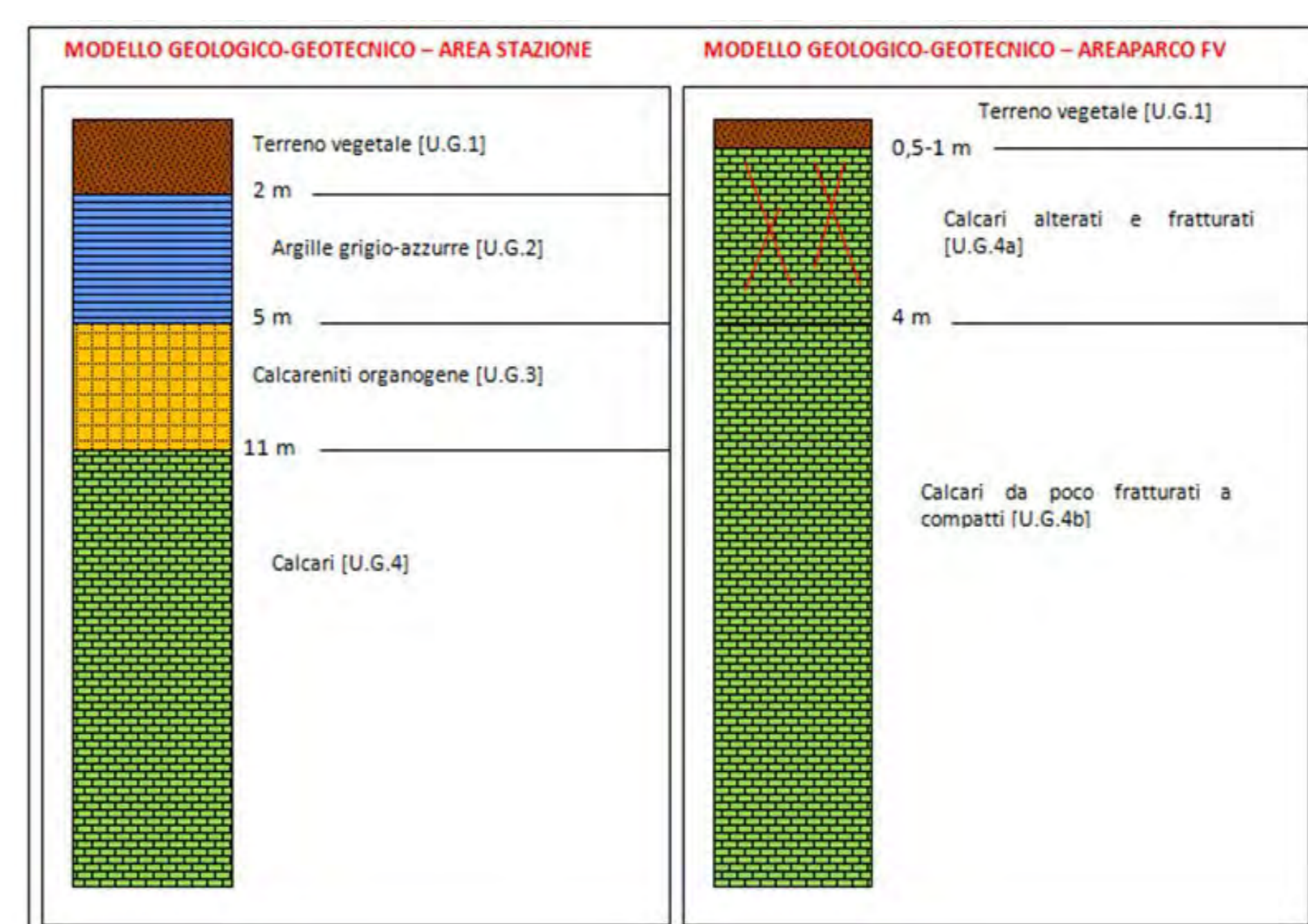
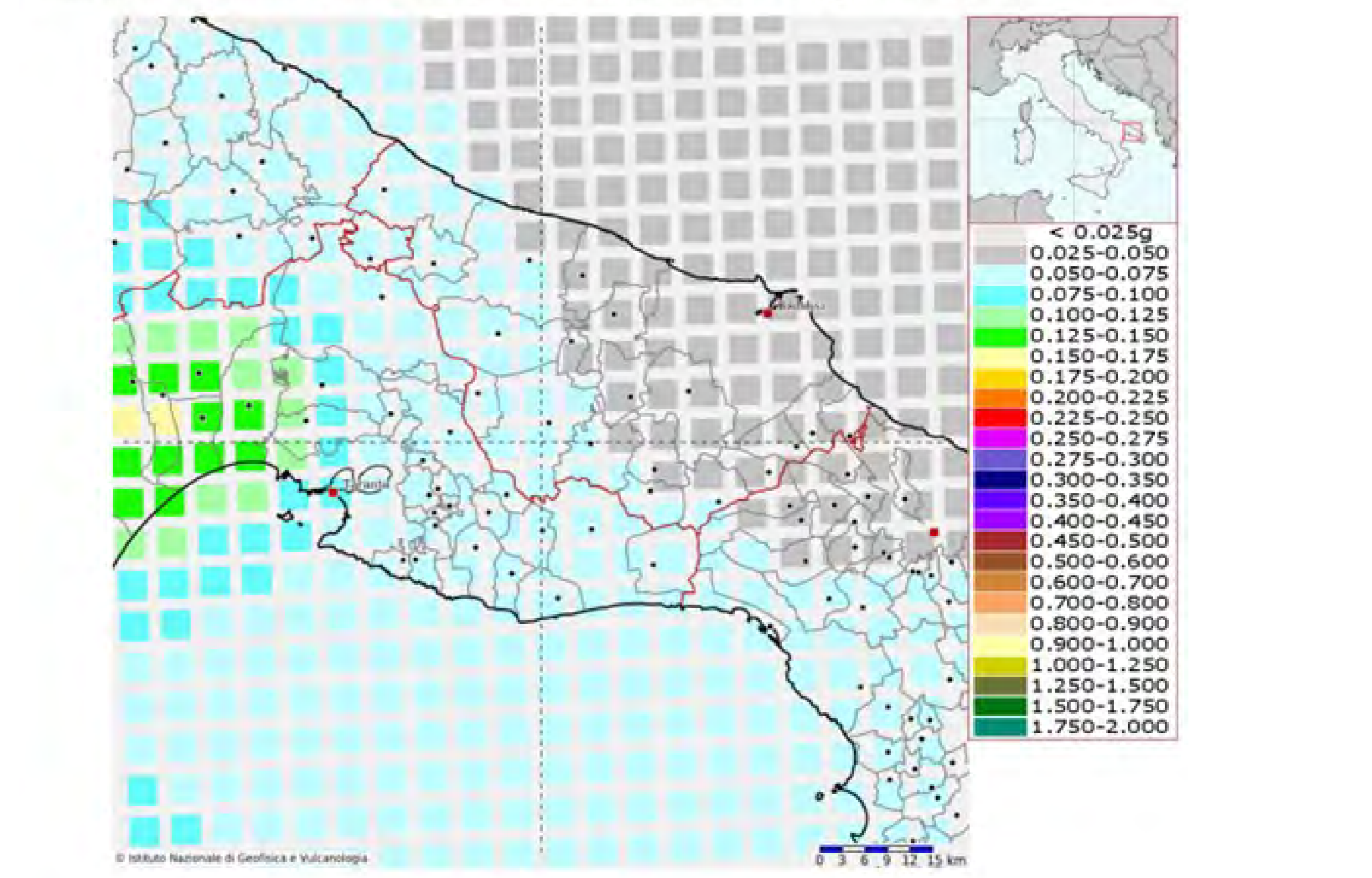
Parametri geotecnici caratteristici [U.G.4a] - calcari alterati e fratturati:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|-------|-------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 22,0 | 23,0 | 22,5 |
| γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco | 20,0 | 21,0 | 20,5 |
| γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo | 23,0 | 24,0 | 23,0 |
| γ_s (kN/m ³) Peso specifico | — | — | 23,0 |
| ψ (°) Angolo di attrito | 32,0 | 36,0 | 33,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 100,0 | 150,0 | 120,0 |
| E (MPa) Modulo Elastico Statico | 80 | 100 | 90 |
| η Coefficiente di Poisson | — | — | 0,35 |
| R.O.D. (%) | 40 | 60 | 50 |

Parametri geotecnici caratteristici [U.G.4b] - calcari da poco fratturati a compatti:

| | MIN | MAX | BEST FIT |
|---|-------|-------|----------|
| γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale | 21,5 | 24,0 | 22,5 |
| γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco | 20,0 | 21,5 | 20,5 |
| γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo | 23,0 | 24,5 | 24,0 |
| γ_s (kN/m ³) Peso specifico | — | — | 24,0 |
| ψ (°) Angolo di attrito | 7,0 | 40,0 | 38,0 |
| c' (kPa) Coesione efficace | 150,0 | 180,0 | 160,0 |
| E (MPa) Modulo Elastico Statico | 200 | 500 | 300 |
| η Coefficiente di Poisson | — | — | 0,32 |
| R.O.D. (%) | 80 | 100 | 90 |

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004) Informazioni sul nodo con ID: 34361 - Latitudine: 40.511 - Longitudine: 17.567



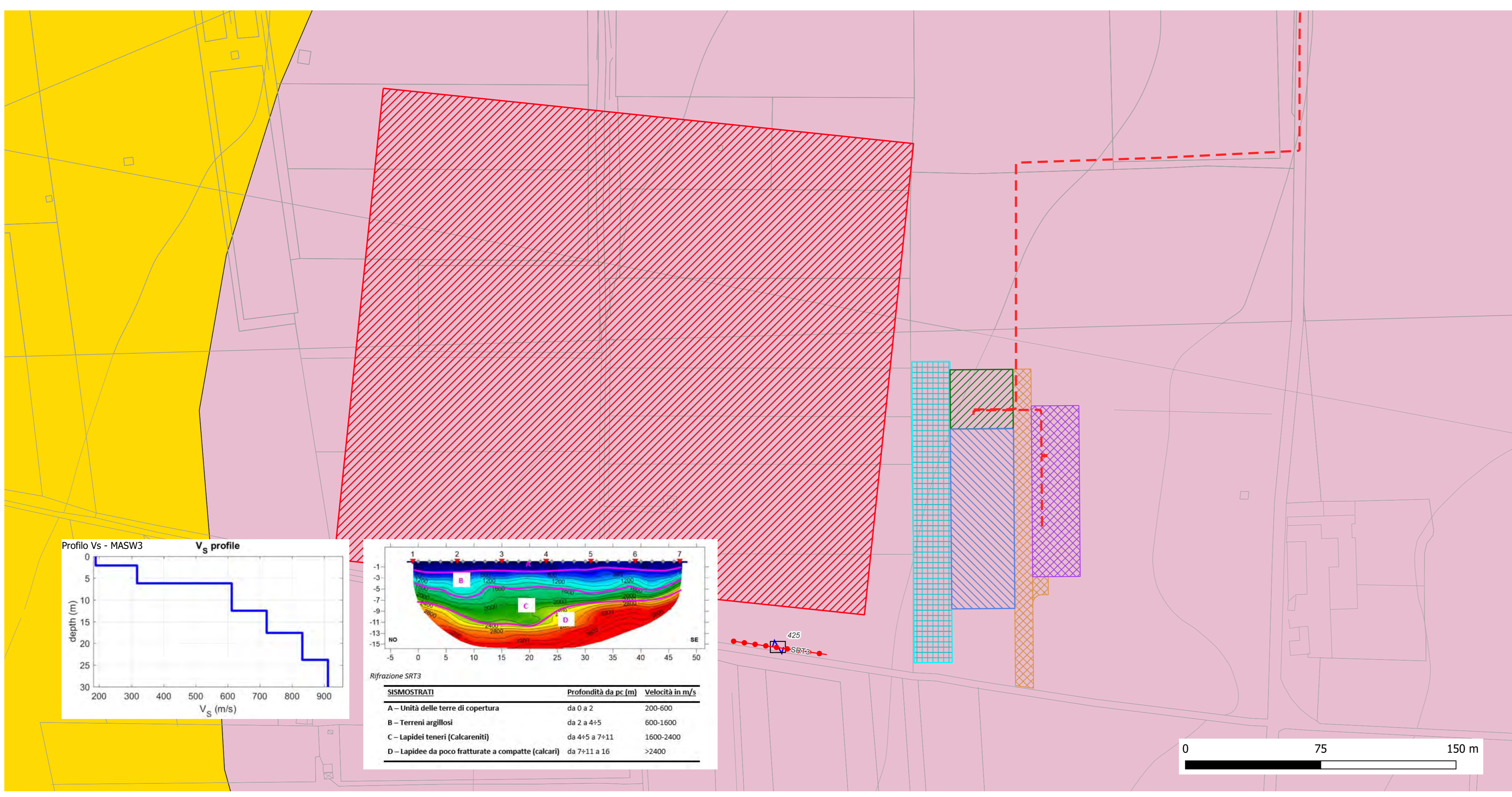
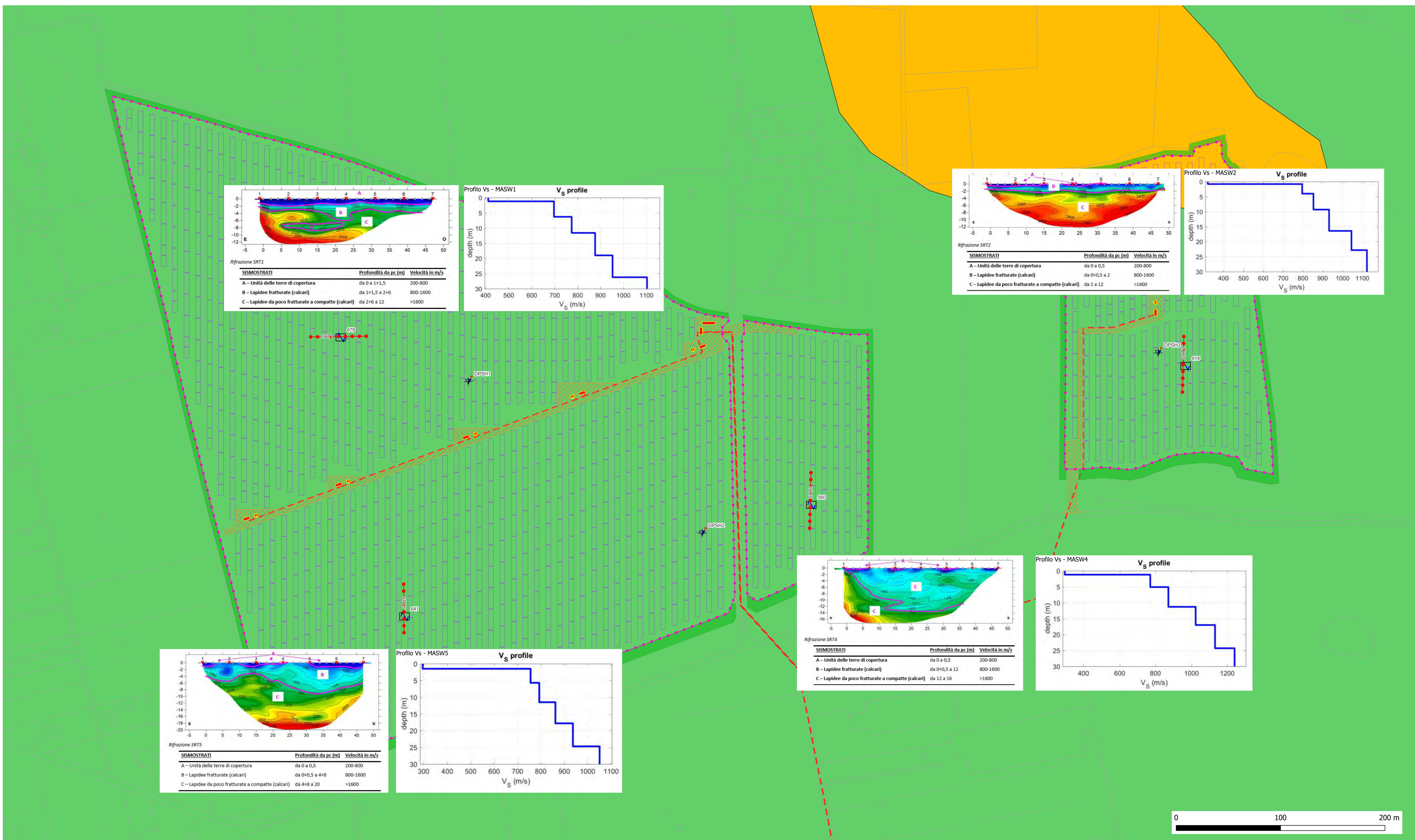
Coefficienti sismici


Stabilità dei pendii e fondazioni

Cal: Sottosolo: S
 Cal: Topografica: T1

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| SS Amplificazione stratigrafica | 1,20 | 1,20 | 1,20 | 1,20 |
| CC Coef. fonia categoria | 1,40 | 1,37 | 1,30 | 1,29 |
| ST Amplificazione topografica | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0,007 | 0,009 | 0,016 | 0,018 |
| kv | 0,004 | 0,004 | 0,008 | 0,009 |
| Am _{max} [m/s ²] | 0,347 | 0,427 | 0,761 | 0,881 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 |



| | | |
|--|--|--------------------|
|  <p>edp Renewables</p> | <p>PROGETTO AGROFOTOVOLTAICO "Francavilla Fontana" DA 27,3 MWp E SDA DA 16 MVA</p> | <p>Luglio 2022</p> |
|--|--|--------------------|

ALLEGATO 1 – REPORT INDAGINI IN SITO

GeoSgrò, Febbraio 2022



COMUNE DI FRANCAVILLA FONTANA
Provincia di Brindisi

RELAZIONE INDAGINI GEOTECNICHE
SONDAGGI PENETROMETRICI DINAMICI
CONTINUI SUPER PESANTI (D.P.S.H.)
standard UNI EN ISO 22476-2; 2005



Committente: SCM INGEGNERIA SRL

Località: Francavilla Fontana (BR)

Data: Febbraio 2022

Il Tecnico Prospettore: dott. Stefano SGRO'

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Ariella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)
P.IVA. 02214640803 - REA RC N. 176219

GeoSGRO'
SERVIZI PER LA GEOLOGIA

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Ariella, 70;
89038 Marina di Palizzi (RC)
C.F.: SGRSFN73C21H224Q
Partita IVA: 02214640803

cell. 347 9623327
pec: geosgro@pec.it
www.geosgro.it - geosgro@gmail.com
Iscrizione REA N. 176219
Albo Imprese Artigiane N. 46984

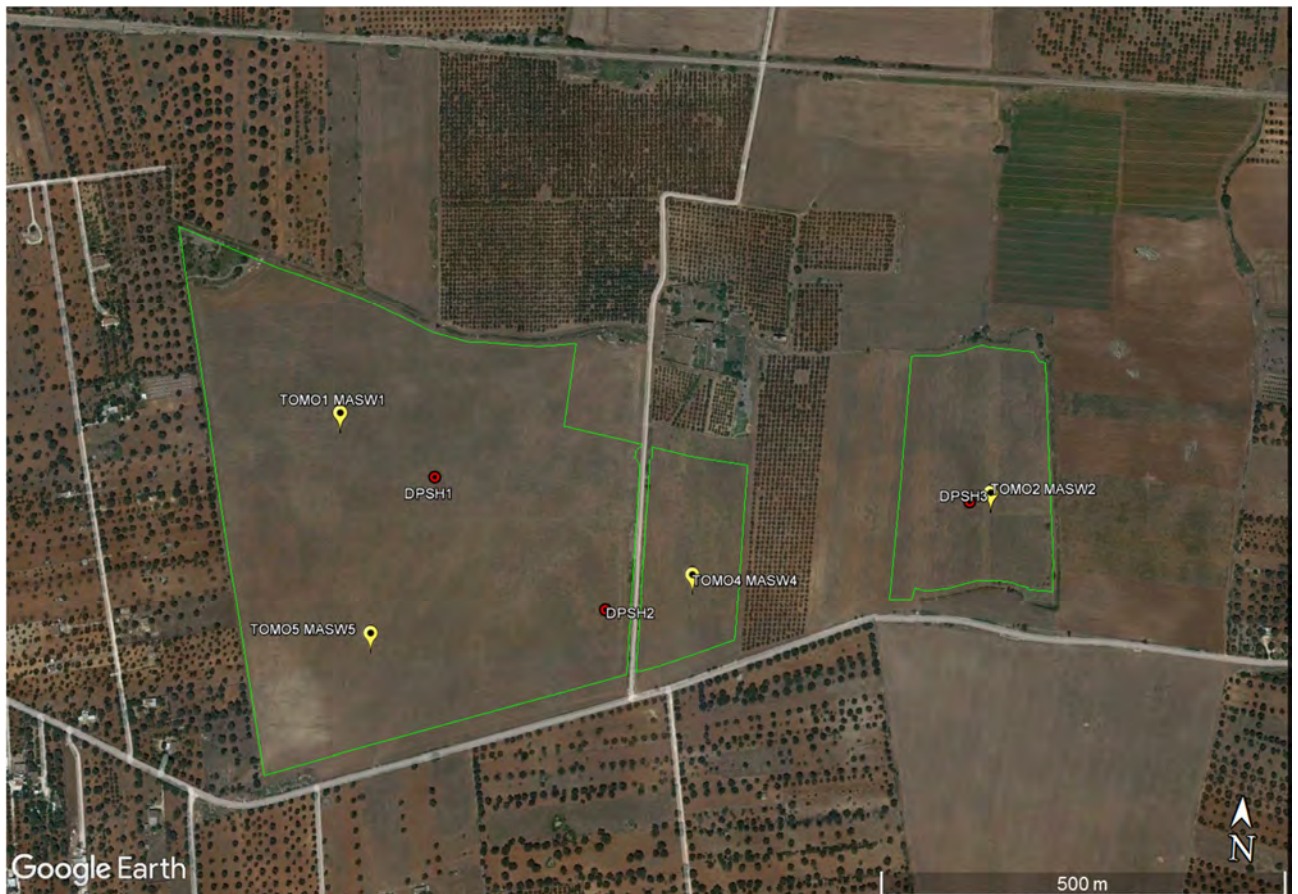
1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla SCM INGEGNERIA SRL, è stata condotta una campagna d'indagine geognostica attraverso l'esecuzione di N. 3 prove penetrometriche dinamiche continue super pesanti (DPSH). Tale campagna d'indagine è stata eseguita nell'ambito della costruzione di un impianto fotovoltaico in località Francavilla Fontana (BR).

L'ubicazione e la profondità di spinta delle prove penetrometriche sono state disposte dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geognostica è stata condotta nel rispetto di quanto prescritto dalla Norma Tecnica UNI EN ISO 22476-2:2005 "Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing", che specifica i requisiti per le indagini indirette dei terreni mediante prova di penetrazione dinamica quale parte delle indagini e prove geotecniche previste dall'Eurocodice 7.

2. UBICAZIONE INDAGINI



Vista aerea con ubicazione indagine

3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Posizionamento Prova N. 1



Posizionamento Prova N. 2



Posizionamento Prova N. 3

4. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

La strumentazione per eseguire la prova è una sonda penetrometrica costruita dalla ditta Pagani di Calendasco (Pc). Tale sonda, date le sue caratteristiche tecniche e in riferimento alla Norma Tecnica UNI EN ISO 22476-2:2005 "Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing" (Table 1, pag. 9), rientra tra i Penetrometri Dinamici Super Pesanti (D.P.S.H.).

| CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO PAGANI TG63-200KN (DPSH-CPT) | |
|--|-------------------------|
| MATRICOLA | P002259 |
| TIPO | DPSH |
| NORMA DI RIFERIMENTO | UNI EN ISO 22476-2:2005 |
| MASSA BATTENTE | 63,5 kg |
| ALTEZZA DI CADUTA | 750 mm |
| DIAMETRO PUNTA CONICA | 50,5 mm |
| APERTURA PUNTA CONICA | 90° |
| AREA DI BASE PUNTA CONICA | 20 cm ² |
| LUNGH. PARTE CILINDRICA PUNTA CONICA | 51 mm |
| ALTEZZA PARTE CONICA PUNTA CONICA | 25,3 mm |
| LUNGHEZZA ASTE | 1 m |
| PESO ASTE | 6 kg |
| AVANZAMENTO PUNTA | 200 mm |
| NUMERO COLPI PER PUNTA | N ₂₀ |
| COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE CON N _{SPT} | 1,515 |
| LAVORO SPECIFICO / COLPO | 238 KJ/m ² |

5. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI

Date le caratteristiche tecniche, il Penetrometro Pagani TG63-200KN rientra tra i Penetrometri Dinamici Super Pesanti normalizzati dalle seguenti norme:

- Norma Tecnica UNI EN ISO 22476-2:2005 "Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing (Tabella 1, pagina 9)" (DPSH-B);
- ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing (1988) (oggi IMSSGE) "Dynamic Probing (DP): International Reference Test Procedure. Proc. ISOPT-I, Orlando (USA)" (DPSH);
- A.G.I. Associazione Geotecnica Italiana (1977) "Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche" (DPSH);

Le prove penetrometriche continue vengono eseguite, in generale, a partire dal piano di campagna. Il penetrometro ha una posizione verticale tale da impedire il verificarsi di movimenti durante la battitura. L'inclinazione del dispositivo di battitura e delle aste, proiettato al piano di campagna non deve superare il 2% rispetto alla verticale.

La batteria delle aste e la punta conica vengono infisse verticalmente e senza flessioni nel tratto che sporge dal piano di campagna. Nessun carico viene applicato alla testa di battuta o alle aste durante il sollevamento del maglio. La prova è continua e la velocità di battuta viene mantenuta entro i limiti di 15 ÷ 30 colpi al minuto primo. Dato il tipo di prova, DPSH, il numero di colpi viene annotato dopo la penetrazione di ciascun tratto di 200 mm.

6. MODALITA' DI ELABORAZIONE DATI

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software s.a.s.* (Licenza d'uso n°: 4964 – Geosgrò di Stefano Sgrò). Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 – Borowczyk - Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche. L'interpretazione stratigrafica è stata valutata e definita dal tecnico geologo incaricato dalla committenza.

CORRELAZIONE CON N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{spt}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA R_{pd}

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ / N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

7. CORRELAZIONI GEOTECNICHE PER TERRENI INCOERENTI

Correzione N_{SPT} in presenza di falda

$$N_{SPT} \text{ corretto} = 15 + 0.5 \times (N_{SPT} - 15)$$

N_{SPT} è il valore medio nello strato. La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a profondità < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. Correlazione storica molto usata, valevole per profondità < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq) $\phi' = 27.2 + 0.28 N_{SPT}$
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (condizioni ottimali per profondità < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq. $\phi' = 28 + 0,28 N_{SPT}$
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°. $\phi' = 19 - 0.38 \sigma'_{vo} + 8.73 \log(N_{SPT})$
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (condizioni ottimali per profondità > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°). $\phi' = 20 - 5 \log(\sigma'_{vo}) + 3.73 \log(N_{SPT})$
- Schmertmann 1977 - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
 $\phi' = 28 + 0.14 Dr$ per sabbia fine uniforme
 $\phi' = 31.5 + 0.115 Dr$ per sabbia media uniforme - Sabbia fine ben gradata
 $\phi' = 34.5 + 0.10 Dr$ per sabbia grossa uniforme - Sabbia media ben gradata
 $\phi' = 38 + 0.08 Dr$ per ghiaietto uniforme - Sabbie e ghiaie poco limose
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose. $\phi' = 0.3 N_{SPT} + 27$
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (condizioni ottimali per profondità di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq. $\phi' = (15 N_{SPT})^{0.5} + 15$
- Owasaki & Iwasaki (1959) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie-sabbie medie e grossolane-ghiaiose (condizioni ottimali per profondità > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq. $\phi' = (20 N_{SPT})^{0.5} + 15$
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
 $\phi' = 29.47 + 0.46 N_{SPT} - 0.004 N_{SPT}^2$ con limo < 5%
 $\phi' = 23.70 + 0.57 N_{SPT} - 0.006 N_{SPT}^2$ con limo > 5%
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$Dr = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{0.7 + \sigma'_{vo}}}$$

- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$Dr = 100 \sqrt{\frac{N_{60}}{32 + 0.288 \sigma'_{vo}}}$$

- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

$$\ln(Dr) = 0,478 \ln(N_{SPT}) - 0,262 \ln(\sigma'_{vo}) + 2,84$$

Modulo Di Young (E_Y)

- Terzaghi - valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

$$E_Y = 8 N_{SPT} \quad \text{per sabbia fine}$$

$$E_Y = 12 N_{SPT} \quad \text{per sabbia media}$$

$$E_Y = 20 N_{SPT} \quad \text{per sabbia grossolana}$$

- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

$$E_Y = C_1 + C_2 N_{SPT} \pm S_E \quad \text{dove } C_1 \text{ e } C_2 \text{ dipendono dal tipo di terreno e } S_E \text{ è la deviazione standard}$$

$$C_1 = 52, C_2 = 3.3, S_E = 19.3 \quad \text{per sabbia fine}$$

$$C_1 = 39, C_2 = 4.5, S_E = 36.4 \quad \text{per sabbia media}$$

$$C_1 = 24, C_2 = 5.3, S_E = 21.1 \quad \text{per sabbia limosa}$$

$$C_1 = 12, C_2 = 5.8, S_E = 9.0 \quad \text{per limo siltoso e sabbia limosa}$$

$$C_1 = 43, C_2 = 11.8, S_E = 42.3 \quad \text{per sabbia ghiaiosa}$$

$$C_1 = 38, C_2 = 10.5, S_E = 93.2 \quad \text{per sabbia e ghiaia}$$

- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia

$$E_Y = 191 + 7.71 N_{SPT} \quad \text{per sabbia e ghiaia NC}$$

$$E_Y = 375 + 10.63 N_{SPT} \quad \text{per sabbia SC}$$

- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

$$E_Y = 3.2 (N_{SPT} + 15) \quad \text{per sabbia argillosa}$$

$$E_Y = 3.0 (N_{SPT} + 6) \quad \text{per sabbia limosa, limo sabbioso}$$

$$E_Y = 5.0 (N_{SPT} + 15) \quad \text{per sabbia media}$$

$$E_Y = 12.0 (N_{SPT} + 6) \quad \text{per sabbia ghiaiosa e ghiaia}$$

Modulo Edometrico (E_d)

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

- Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

$$E_d = 6 N_{SPT} \quad \text{per sabbie}$$

$$E_d = 8 N_{SPT} \quad \text{per sabbie argillose}$$

- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale dati). $E_d = 7.1 N_{SPT}$

- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

$$E_d = 3.54 N_{SPT} + 38 \quad \text{per sabbia fine}$$

$$E_d = 4.46 N_{SPT} + 38 \quad \text{per sabbia media}$$

$$E_d = 10.46 N_{SPT} + 38 \quad \text{per sabbia e ghiaia}$$

$$E_d = 11.84 N_{SPT} + 38 \quad \text{per sabbia ghiaiosa}$$

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di volume secco

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65 \text{ t/mc}$ e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{SPT} = 0$) a 1,99 ($N_{SPT} = 95$)

| Nspt -> Y (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi) | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ysat[t/m³]= peso di volume saturo Yd[t/m³]= peso di volume secco W = umidità % e = indice vuoti | | | | | | | | | | | |
| TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e.max = 1 e.min = 1/3 G = 2.65] | | | | | | | | | | | |
| Nspt | Ysat | Yd | Nspt | Ysat | Yd | Nspt | Ysat | Yd | Nspt | Ysat | Yd |
| 0 | 1,83 | 1,33 | 25 | 2,02 | 1,64 | 50 | 2,15 | 1,85 | 75 | 2,20 | 1,93 |
| 5 | 1,88 | 1,41 | 30 | 2,05 | 1,69 | 55 | 2,16 | 1,87 | 80 | 2,21 | 1,95 |
| 10 | 1,93 | 1,50 | 35 | 2,08 | 1,73 | 60 | 2,17 | 1,88 | 85 | 2,23 | 1,97 |
| 15 | 1,96 | 1,54 | 40 | 2,10 | 1,77 | 65 | 2,18 | 1,90 | 90 | 2,24 | 1,99 |
| 20 | 1,99 | 1,59 | 45 | 2,13 | 1,81 | 70 | 2,19 | 1,92 | 95 | 2,24 | 1,99 |

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

$$G = 650 N_{SPT}^{0.94} \quad \text{per sabbie pulite}$$

$$G = 1182 N_{SPT}^{0.76} \quad \text{per sabbie con fine plastico}$$

- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq. $G = 125 N_{SPT}^{0.611}$

Modulo di reazione (Ko)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

8. CORRELAZIONI GEOTECNICHE PER TERRENI COESIVI

Coazione non drenata

- Benassi & Vannelli - correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{SPT} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Sanglerat, da dati Penetrometro Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con $\text{sensitività} > 5$, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (v. medi), valida per argille-limi argillosi con $N_c=20$ e $Q_c/N_{SPT}=2$.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max (in kg/cm^2).

| | |
|--------------|------------------|
| $0 \div 2$ | $0.00 \div 0.15$ |
| $2 \div 4$ | $0.15 \div 0.25$ |
| $4 \div 8$ | $0.25 \div 0.50$ |
| $8 \div 15$ | $0.50 \div 1.00$ |
| $15 \div 30$ | $1.00 \div 2.00$ |
| > 30 | > 2.00 |
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coazione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, ($C_u - N_{SPT}$ -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coazione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

| | |
|---------------------|---|
| $Q_c = 1.5 N_{SPT}$ | per argilla limosa o sabbiosa (valore minimo) |
| $Q_c = 2.0 N_{SPT}$ | per argilla limosa o sabbiosa (valore medio) |

Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c / N_{SPT} = 1.5-2.0$).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{SPT} < 30$) medie e molli ($N_{SPT} < 4$) e argille sabbiose ($N_{SPT} = 6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15

$$E_Y = C_1 + C_2 N_{SPT} \pm S_E$$
dove C_1 e C_2 valgono rispettivamente 4 e 11.5, mentre S_E , la deviazione standard, è pari a 24.4
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

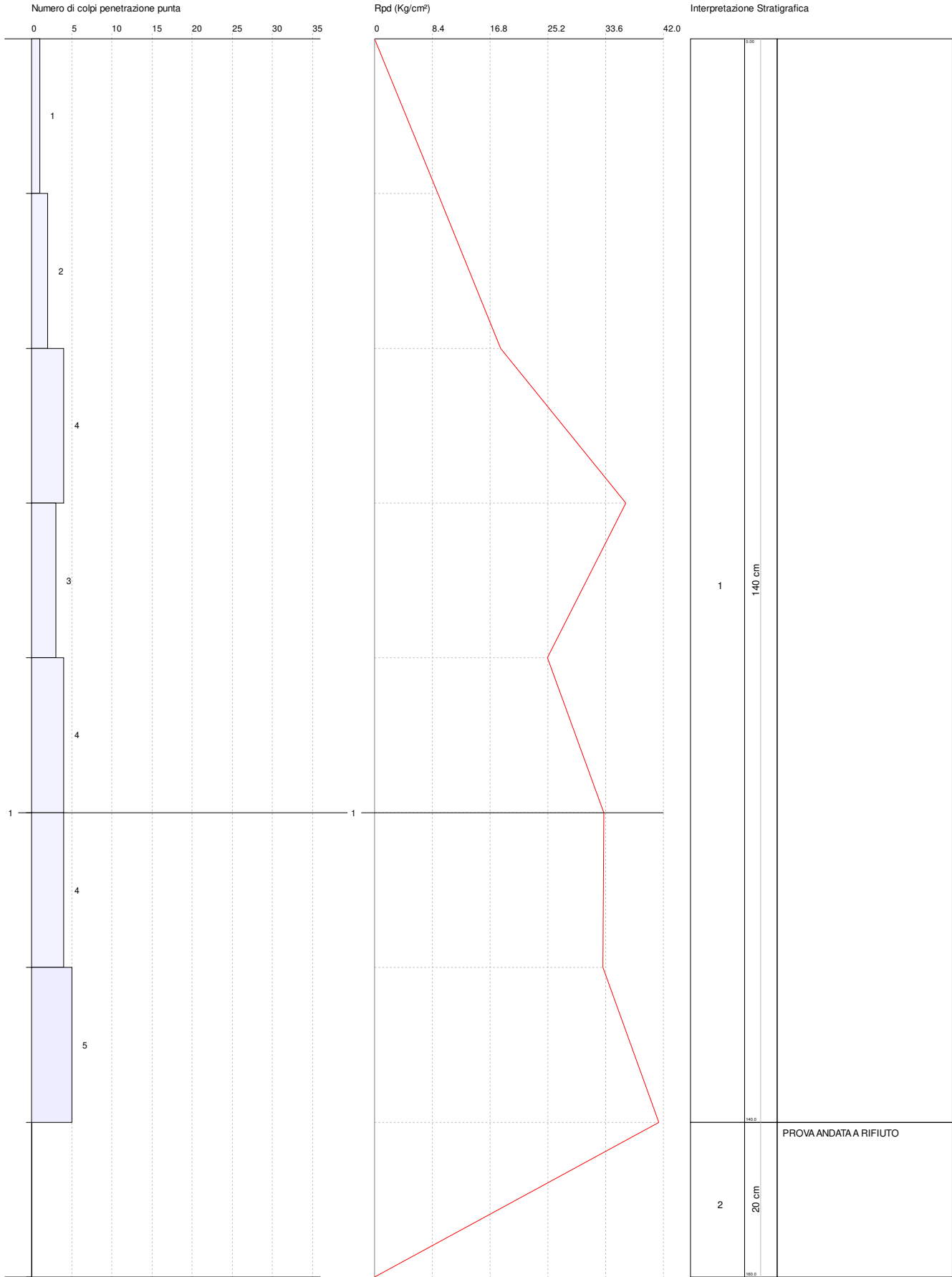
Peso di volume secco

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{SPT}=0$) a 0,545 ($N_{SPT}=28$).

| N _{spt} -> Y (PESO DI VOLUME) (Terreni coesivi) | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|
| Y _{sat} [t/m ³]= peso di volume saturo Y _d [t/m ³]= peso di volume secco W = umidità % e = indice vuoti | | | | | | | | | | | |
| TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [e _{max} = 1 e _{min} = 1/3 G = 2.65] | | | | | | | | | | | |
| N _{spt} | Y _{sat} | Y _d | N _{spt} | Y _{sat} | Y _d | N _{spt} | Y _{sat} | Y _d | N _{spt} | Y _{sat} | Y _d |
| 0 | 1,83 | 1,33 | 25 | 2,02 | 1,64 | 50 | 2,15 | 1,85 | 75 | 2,20 | 1,93 |
| 5 | 1,88 | 1,41 | 30 | 2,05 | 1,69 | 55 | 2,16 | 1,87 | 80 | 2,21 | 1,95 |
| 10 | 1,93 | 1,50 | 35 | 2,08 | 1,73 | 60 | 2,17 | 1,88 | 85 | 2,23 | 1,97 |
| 15 | 1,96 | 1,54 | 40 | 2,10 | 1,77 | 65 | 2,18 | 1,90 | 90 | 2,24 | 1,99 |
| 20 | 1,99 | 1,59 | 45 | 2,13 | 1,81 | 70 | 2,19 | 1,92 | 95 | 2,24 | 1,99 |



PROVA ...N. 1

Strumento utilizzato...PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DPSH-B (Standard: UNI EN ISO 22476-2:2005)

Prova eseguita in data

09/02/2022

Profondità prova

1.60 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²) | Res. dinamica (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) |
|----------------|------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| 0.20 | 1 | 0.855 | 9.21 | 10.78 | 0.46 | 0.54 |
| 0.40 | 2 | 0.851 | 18.34 | 21.56 | 0.92 | 1.08 |
| 0.60 | 4 | 0.847 | 36.53 | 43.12 | 1.83 | 2.16 |
| 0.80 | 3 | 0.843 | 25.13 | 29.79 | 1.26 | 1.49 |
| 1.00 | 4 | 0.840 | 33.36 | 39.72 | 1.67 | 1.99 |
| 1.20 | 4 | 0.836 | 33.22 | 39.72 | 1.66 | 1.99 |
| 1.40 | 5 | 0.833 | 41.36 | 49.65 | 2.07 | 2.48 |
| 1.60 | PROVA ANDATA A RIFIUTO | | | | | |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N. 1**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Terzaghi-Peck | Sanglerat | Terzaghi-Peck (1948) Cu min max | U.S.D. M.S.M | Schmertmann 1975 | SUNDA (1983) Benassi e Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|-------|------|------------------|---------------|-----------|---------------------------------|--------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------|----------|---------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 0.31 | 0.62 | 0.25 - 0.50 | 0.20 | 0.49 | 1.00 | 0.45 | 0.81 | 0.25 | 0.89 | 0.62 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------|------|------------------|------------------|--------------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | Robertson (1983) | 9.96 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|-------|------|------------------|------------------------|--|-------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 22.85 | 52.59 | 62.25 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|-------|------|------------------|----------|-----------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 36.87 | 49.80 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|-------|------|------------------|---------------|----------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | A.G.I. (1977) | MODERAT. CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|------------------|--------------|--|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | Meyerhof | 1.76 |

Peso unità di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|------------------|--------------|---|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | Meyerhof | 1.88 |

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Skempton 1986 |
|-------|------|------------------|--------------------|---------------|---------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 26.98 | 56.01 | 20.78 |

Angolo di resistenza al taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Peck-Hanson - Thornburn-Meyerhof 1956 | Meyerhof (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | Schmertmann (1977) Sabbie | Mitchell & Katti (1981) | Shioi-Fukui 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | Japanese National Railway | De Mello | Owasa ki & Iwasaki | |
|-------|------|------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|--|---------------------------|----------|--------------------|-------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | 28.42 | 21.42 | 29.39 | 27.6 | 31.66 | 0 | <30 | 23.64 | 28.49 | 33.02 | 24.98 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Terzaghi | Schmertmann (1978) (Sabbie) | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia) | Bowles (1982) Sabbia Media |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | --- | 39.84 | --- | --- | --- |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Buisman-Sanglerat (sabbie) | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | Farrent 1963 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | --- | 37.69 | 35.36 | 60.21 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | Classificazione A.G.I. | POCO ADDENSATO |

Peso unità di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità di Volume(t/m ³) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|---|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | Meyerhof ed altri | 1.41 |

Peso unità di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità Volume Saturo (t/m ³) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.88 |

Modulo di Poisson

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|-------|------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | (A.G.I.) | 0.34 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | 293.97 | 333.36 |

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | K0 |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------|------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | Navfac 1971-1982 | 0.98 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

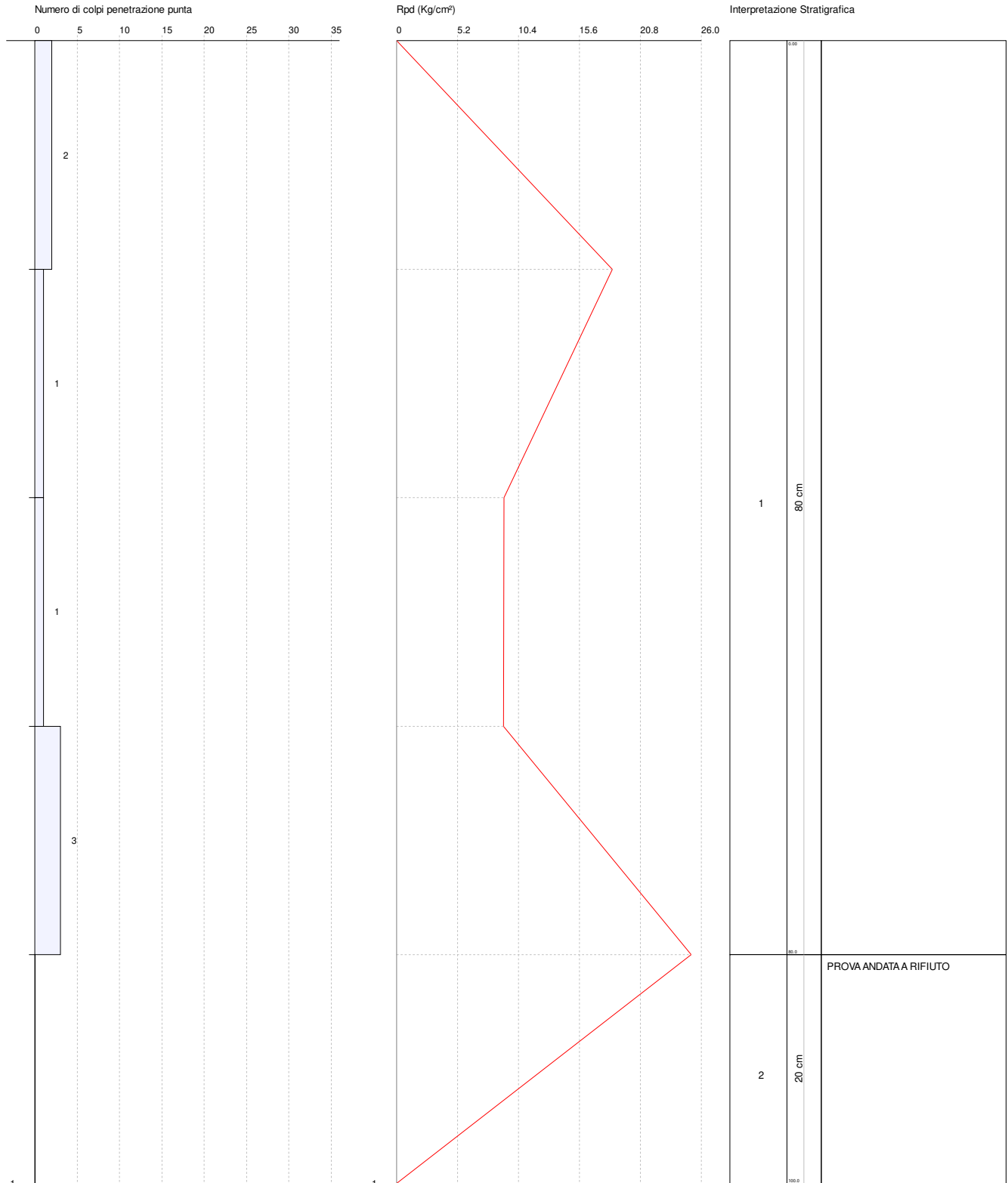
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| [1] - | 4.98 | 1.40 | 4.98 | Robertson 1983 | 9.96 |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
 Strumento utilizzato... PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DPSH-B (Standard: UNI EN ISO 22476-2:2005)

Committente: SCM INGEGNERIA SRL
 Cantiere: FV Francavilla Fontana
 Località: Francavilla Fontana (BR)

Data: 09/02/2022

Scala 1:5



PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DPSH-B (Standard: UNI EN ISO 22476-2:2005)

Prova eseguita in data

09/02/2022

Profondità prova

1.00 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²) | Res. dinamica (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) |
|----------------|------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| 0.20 | 2 | 0.855 | 18.43 | 21.56 | 0.92 | 1.08 |
| 0.40 | 1 | 0.851 | 9.17 | 10.78 | 0.46 | 0.54 |
| 0.60 | 1 | 0.847 | 9.13 | 10.78 | 0.46 | 0.54 |
| 0.80 | 3 | 0.843 | 25.13 | 29.79 | 1.26 | 1.49 |
| 1.00 | PROVA ANDATA A RIFIUTO | | | | | |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Terzaghi-Peck | Sanglerat | Terzaghi-Peck (1948) Cu min max | U.S.D. M.S.M | Schmertmann 1975 | SUNDA (1983) Benassi e Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|-------|------|------------------|---------------|-----------|---------------------------------|--------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------|----------|---------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 0.17 | 0.33 | 0.15 - 0.25 | 0.11 | 0.26 | 0.55 | 0.24 | 0.63 | 0.13 | 0.37 | 0.33 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------|------|------------------|------------------|--------------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | Robertson (1983) | 5.30 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|-------|------|------------------|------------------------|--|-------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 12.16 | 28.82 | 33.13 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|-------|------|------------------|----------|-----------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 10.08 | 26.50 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|-------|------|------------------|---------------|------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | A.G.I. (1977) | POCO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|------------------|--------------|--|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | Meyerhof | 1.61 |

Peso unità di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|------------------|--------------|---|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | Meyerhof | 1.86 |

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Skempton 1986 |
|-------|------|------------------|--------------------|---------------|---------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 14.25 | 38.93 | 14.29 |

Angolo di resistenza al taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Peck-Hanson - Thornburn-Meyerhof 1956 | Meyerhof (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | Schmertmann (1977) Sabbie | Mitchell & Katti (1981) | Shioi-Fukui 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | Japanese National Railway | De Mello | Owasa ki & Iwasaki |
|-------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|--|---------------------------|----------|--------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | 27.76 | 20.76 | 28.74 | 32.32 | 30.66 | 0 | <30 | 21.3 | 27.8 | 27.24 | 22.28 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Terzaghi | Schmertmann (1978) (Sabbie) | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia) | Bowles (1982) Sabbia Media |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | --- | 21.20 | --- | --- | --- |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Buisman-Sanglerat (sabbie) | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | Farrent 1963 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | --- | 32.91 | 18.82 | 49.82 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | Classificazione A.G.I. | SCIOLTO |

Peso unità di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità di Volume (t/m ³) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|--|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | Meyerhof ed altri | 1.38 |

Peso unità di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità Volume Saturo (t/m ³) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.86 |

Modulo di Poisson

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|-------|------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | (A.G.I.) | 0.35 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | 162.47 | 226.73 |

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | K0 |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------|------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | Navfac 1971-1982 | 0.43 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

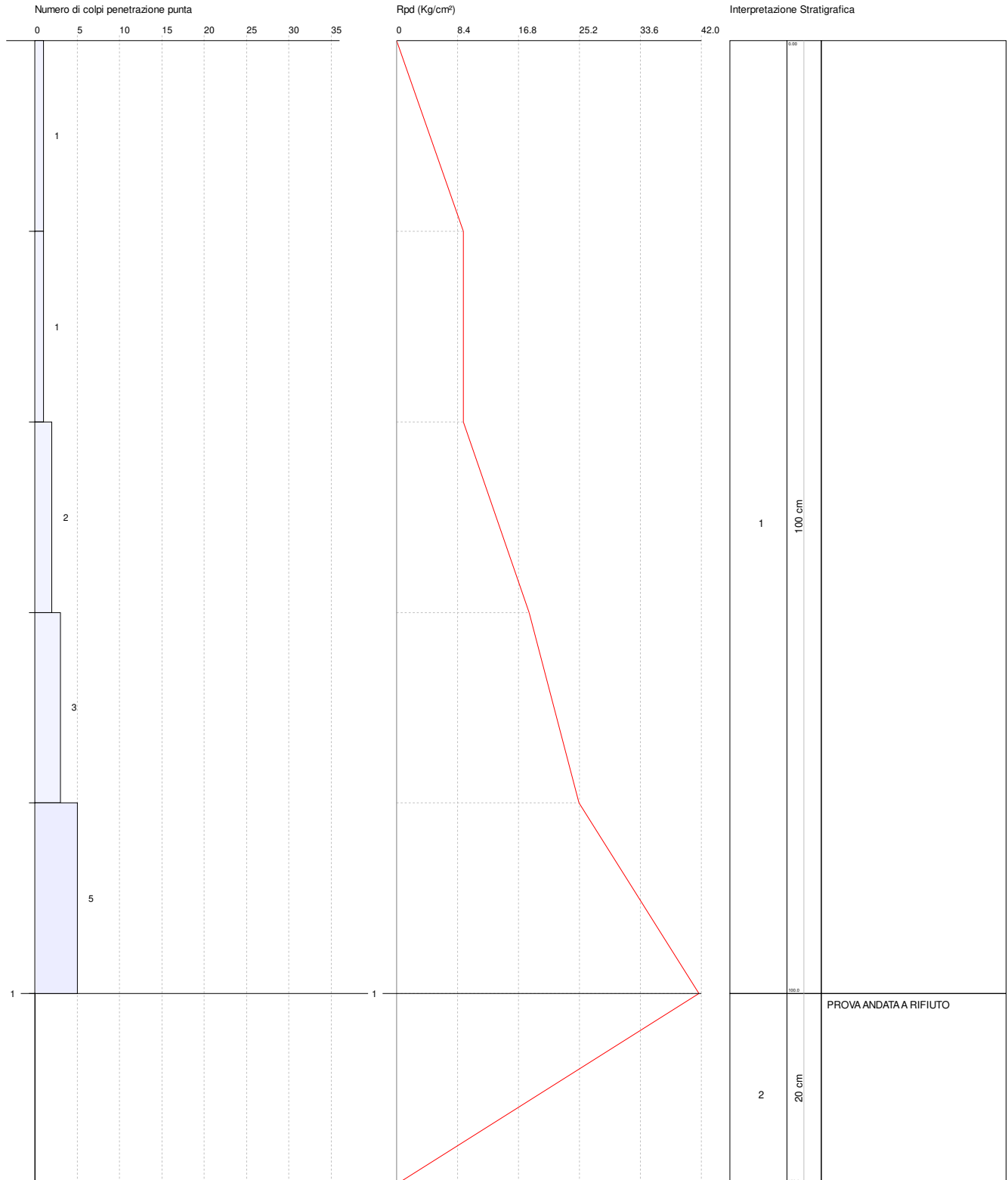
| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| [1] - | 2.65 | 0.80 | 2.65 | Robertson 1983 | 5.30 |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
 Strumento utilizzato... PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DPSH-B (Standard: UNI EN ISO 22476-2:2005)

Committente: SCM INGEGNERIA SRL
 Cantiere: FV Francavilla Fontana
 Località: Francavilla Fontana (BR)

Data: 09/02/2022

Scala 1:6



PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato...PENETROMETRO PAGANI TG 63-200 DPSH-B (Standard: UNI EN ISO 22476-2:2005)

Prova eseguita in data

09/02/2022

Profondità prova

1.20 mt

Falda non rilevata

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²) | Res. dinamica (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²) |
|----------------|------------------------|------------------------------------|---|-------------------------------------|--|--|
| 0.20 | 1 | 0.855 | 9.21 | 10.78 | 0.46 | 0.54 |
| 0.40 | 1 | 0.851 | 9.17 | 10.78 | 0.46 | 0.54 |
| 0.60 | 2 | 0.847 | 18.26 | 21.56 | 0.91 | 1.08 |
| 0.80 | 3 | 0.843 | 25.13 | 29.79 | 1.26 | 1.49 |
| 1.00 | 5 | 0.840 | 41.70 | 49.65 | 2.08 | 2.48 |
| 1.20 | PROVA ANDATA A RIFIUTO | | | | | |

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (Kg/cm²)**

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Terzaghi-Peck | Sanglerat | Terzaghi-Peck (1948) Cu min max | U.S.D. M.S.M | Schmertmann 1975 | SUNDA (1983) Benassi e Vannelli | Fletcher (1965) Argilla di Chicago | Houston (1960) | Shioi - Fukui 1982 | Begemann | De Beer |
|-------|------|------------------|---------------|-----------|---------------------------------|--------------|------------------|---------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------------|----------|---------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 0.23 | 0.46 | 0.15 - 0.25 | 0.15 | 0.35 | 0.74 | 0.33 | 0.71 | 0.18 | 0.54 | 0.46 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------|------|------------------|------------------|--------------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | Robertson (1983) | 7.28 |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Stroud e Butler (1975) | Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner | Buisman-Sanglerat |
|-------|------|------------------|------------------------|--|-------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 16.70 | 38.92 | 45.50 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Schultze | Apollonia |
|-------|------|------------------|----------|-----------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 21.46 | 36.40 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Classificazione |
|-------|------|------------------|---------------|------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | A.G.I. (1977) | POCO CONSISTENTE |

Peso unità di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume (t/m ³) |
|-------|------|------------------|--------------|--|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | Meyerhof | 1.68 |

Peso unità di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Correlazione | Peso unità di volume saturo (t/m ³) |
|-------|------|------------------|--------------|---|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | Meyerhof | 1.87 |

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Gibbs & Holtz 1957 | Meyerhof 1957 | Skempton 1986 |
|-------|------|------------------|--------------------|---------------|---------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 19.51 | 45.38 | 17.12 |

Angolo di resistenza al taglio

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Peck-Hanson - Thornburn-Meyerhof 1956 | Meyerhof (1956) | Sowers (1961) | Malcev (1964) | Meyerhof (1965) | Schmertmann (1977) Sabbie | Mitchell & Katti (1981) | Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) | Japanese National Railway | De Mello | Owasa ki & Iwasaki |
|-------|------|------------------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|---|---------------------------|----------|--------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | 28.04 | 21.04 | 29.02 | 32.59 | 31.09 | 0 | <30 | 22.39 | 28.09 | 29.98 | 23.53 |

Modulo di Young (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Terzaghi | Schmertmann (1978) (Sabbie) | Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa) | D'Appollonia ed altri 1970 (Sabbia) | Bowles (1982) Sabbia Media |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | --- | 29.12 | --- | --- | --- |

Modulo Edometrico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Buisman-Sanglerat (sabbie) | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | Farrent 1963 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | --- | 34.94 | 25.84 | 54.23 |

Classificazione AGI

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | Classificazione A.G.I. | SCIOLTO |

Peso unità di volume

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità di Volume (t/m ³) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|-------------------|--|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | Meyerhof ed altri | 1.39 |

Peso unità di volume saturo

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Peso Unità Volume Saturo (t/m ³) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|-------------------------|--|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.87 |

Modulo di Poisson

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|-------|------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | (A.G.I.) | 0.35 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm²)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Ohsaki (Sabbie pulite) | Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------------|--|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | 218.95 | 275.26 |

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | K0 |
|-------|------|------------------|----------------------------------|------------------|------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | Navfac 1971-1982 | 0.67 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| | NSPT | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------|------|------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| [1] - | 3.64 | 1.00 | 3.64 | Robertson 1983 | 7.28 |

Marina di Palizzi (RC), Febbraio 2022

Il Tecnico Prospettore - dott. Stefano Sgrò

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Avella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)
P.IVA. 02214340803 - REA RC n. 176219



COMUNE DI FRANCAVILLA FONTANA

Provincia di Brindisi

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

PROSPEZIONE SISMICA MASW

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente: SCM INGEGNERIA SRL

Località: Francavilla Fontana (BR)

Data: Febbraio 2022

Il Tecnico Prospettore: dott. Stefano SGRO'

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Ariella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)
P.IVA. 02214640803 - REA RC N. 176219

GeoSGRO'
SERVIZI PER LA GEOLOGIA

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Ariella, 70;
89038 Marina di Palizzi (RC)
C.F.: SGRSFN73C21H224Q
Partita IVA: 02214640803

cell. 347 9623327
pec: geosgro@pec.it
www.geosgro.it - geosgro@gmail.com
Iscrizione REA N. 176219
Albo Imprese Artigiane N. 46984

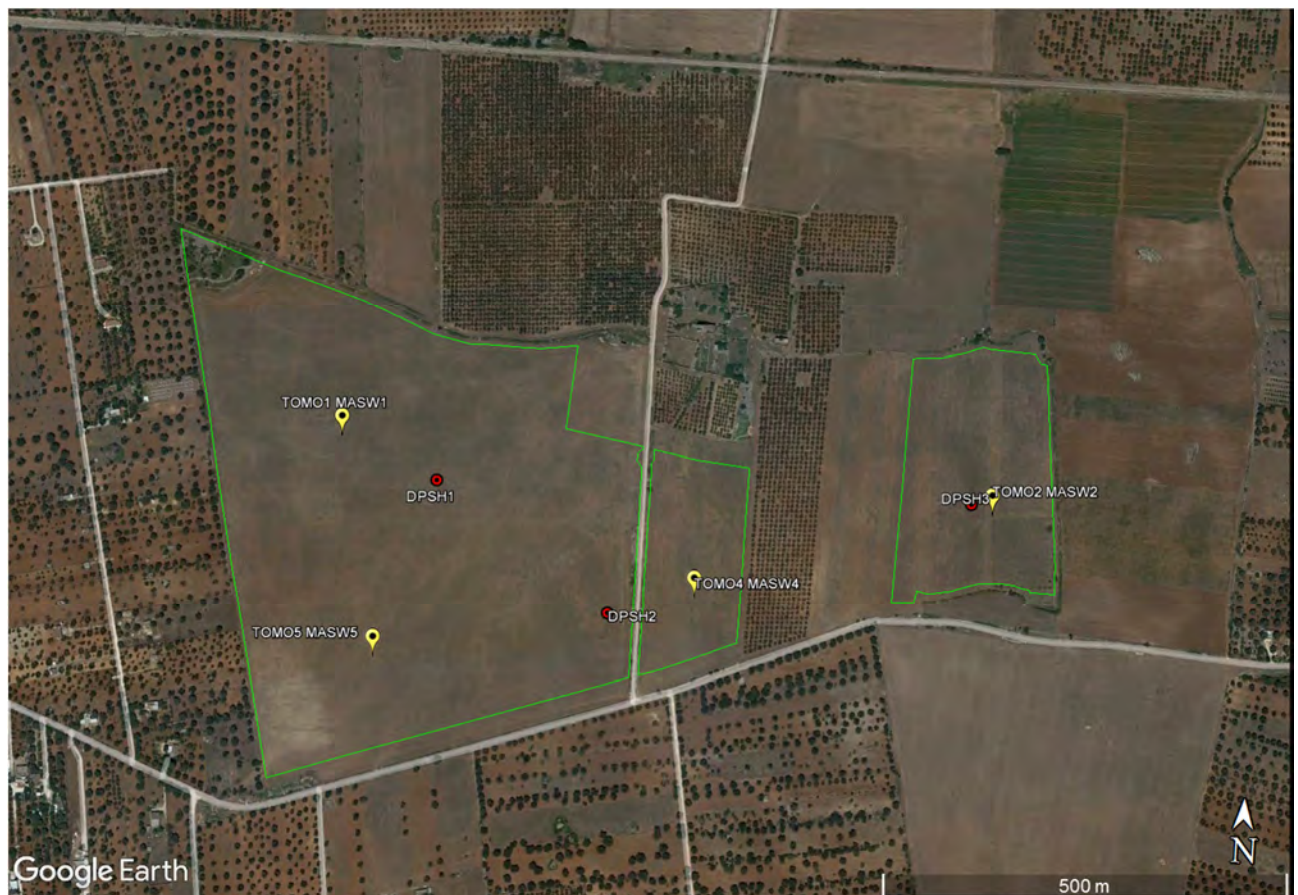
1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla SCM INGEGNERIA SRL, è stata condotta una campagna d'indagine geognostica attraverso l'esecuzione di N. 5 prospezioni sismiche Masw (Multichannel Analysis of Surface Waves). Tale campagna d'indagine è stata eseguita nell'ambito della costruzione di un impianto fotovoltaico in località Francavilla Fontana (BR).

L'ubicazione della base sismica è stata disposta dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 "*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*" (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

2. UBICAZIONE INDAGINE



Vista aerea con ubicazione indagini

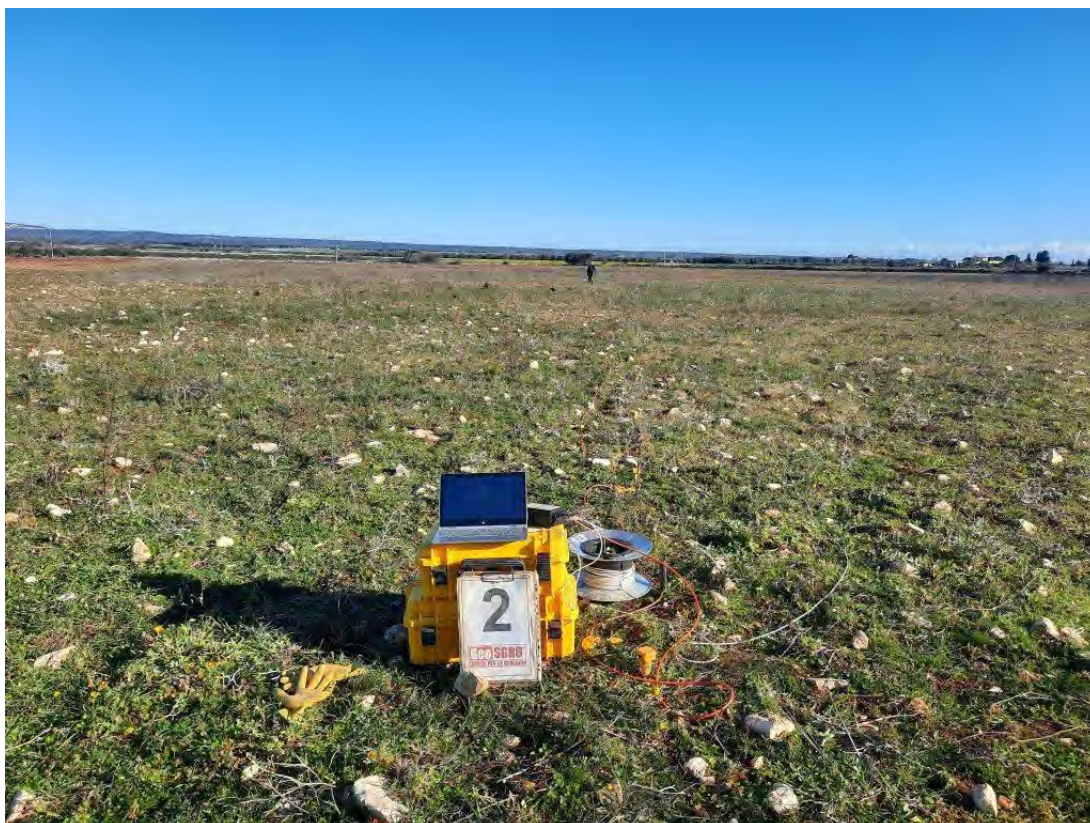


Vista aerea con ubicazione indagini

3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Vista ubicazione base sismica MASW 1



Vista ubicazione base sismica MASW 2



Vista ubicazione base sismica MASW 3



Vista ubicazione base sismica MASW 4



Vista ubicazione base sismica MASW 5

4. PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_s tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le Costruzioni").

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.

Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative poco onerose ed hanno un grado di incertezza nella determinazione delle V_s <15%.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

5. PROSPEZIONI SISMICHE MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Il metodo MASW (Park et al., 1999), sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi, è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde S. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale.

L'analisi delle onde S, mediante tecnica MASW, viene eseguita attraverso la trattazione spettrale del sismogramma, a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione, ed è caratteristico di questo tipo di onde. La registrazione simultanea di 24 canali, separati da 0,5m a 10m, fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, permette di distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente posa sui massimi del valore assoluto dello spettro. La curva di dispersione in realtà può non essere così facile da estrarre, questo perché dipende molto dalla pulizia dei dati e da quanto disturbano gli altri segnali presenti nel sismogramma. Ecco perché questa fase in realtà deve essere considerata una interpretazione, e per questo i migliori software di analisi di dati MASW consentono di modificare anche manualmente la curva di dispersione per soddisfare le esigenze che derivano dal contesto geologico locale. La curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione sperimentale approssimativamente coincidente con la curva sperimentale. Questa delicata seconda fase di interpretazione è comunemente detta fase di inversione, e indipendentemente dal software usato, può anch'essa avvenire in maniera automatica e/o manuale. Entrambe le due fasi di interpretazione, per quanto debbano seguire le linee guida dettate dalla teoria, devono rigorosamente essere controllate accuratamente dall'utente poiché non è possibile affidarsi completamente ad un sistema automatico che lavora alla ricerca della soluzione matematicamente migliore, infatti quasi mai questa coincide con la soluzione geologicamente migliore.

6. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

Il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l., ha le seguenti caratteristiche strumentali:

| | |
|---|---|
| Campionamento | |
| Memoria: | 64 kByte (>30000 campioni) |
| Frequenze in Hz: | 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000 |
| pari ad intervalli in ms di: | 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05 |
| Dinamica del sistema | |
| Risoluzione con guadagno 10x: | 7.600 μ V |
| Risoluzione con guadagno 1000x: | 0.076 μ V |
| Dinamica di base: | 96dB (16 bit) |
| Dinamica massima del preamplificatore: | 80dB |
| Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: | >90dB |
| Full range a 10x: | 0.5V p-p |
| Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: | 0.0000002V p-p |
| Dinamica totale teorica: | 155dB |
| Dinamica totale senza postprocessing: | > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento) |
| Dinamica totale in postprocessing: | >140dB |
| Convertitore A/D | |
| Tipologia: | SAR |
| Risoluzione: | 16 bit |
| Dinamica: | 96 dB |
| Preamplificatore | |
| Tipologia: | ultra-low noise con ingresso differenziale |
| Filtri: | 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli |
| Guadagni: | da 10x a 8000x |
| Reiezione di modo comune: | >80dB |
| Impedenza d'ingresso: | >100k Ω |

7. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI

Le prospezioni sismiche Masw sono state condotte con uno stendimento geofonico di 48m. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 2.00m. Come sorgente sismica è stata utilizzata una mazza da 8kg che impatta verticalmente su una piastra circolare in alluminio. Al fine di avere più *dataset*, sono state eseguite più acquisizioni con diversi *offset minimi* (2X; 4X; ...).

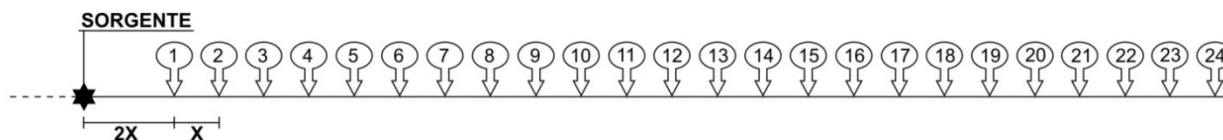


Figura 1: schema stendimento base sismica MASW

8. ELABORAZIONE DATI

L'intero processo di elaborazione dei dati e dell'inversione delle curve di dispersione è stato effettuato con il programma winMASW 2018 PRO della Eliosoft (licenza d'uso: Geosgrò di Stefano Sgrò). Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono riportati di seguito:

9. MASW 1

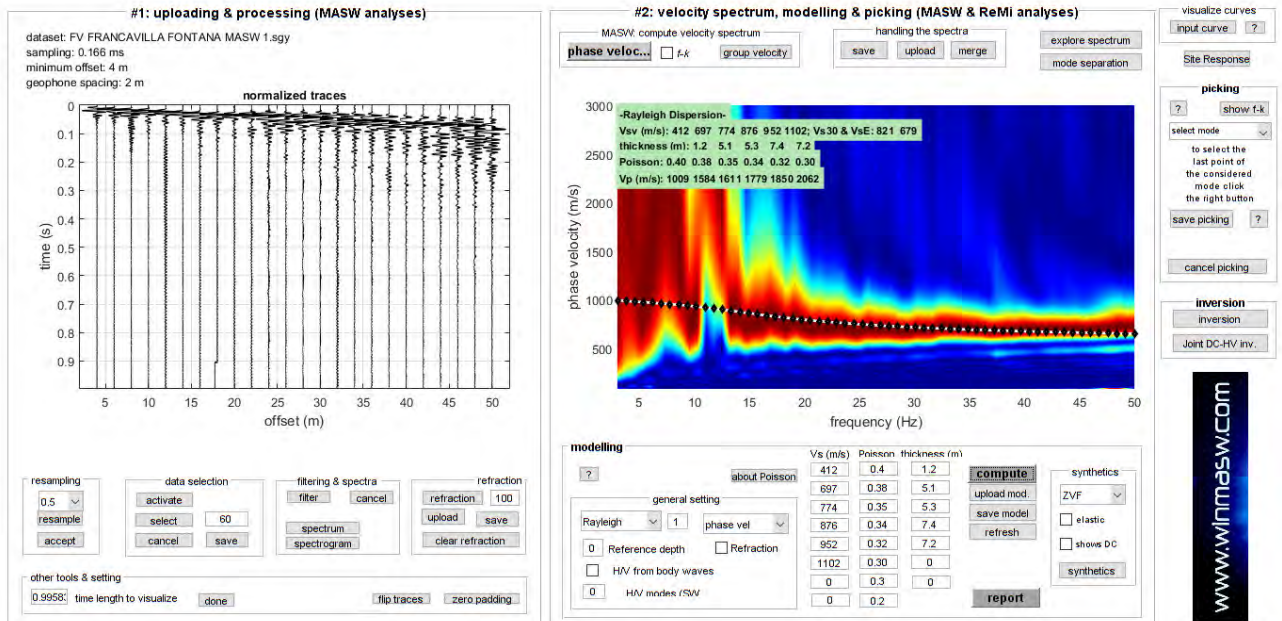


Figura 2: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

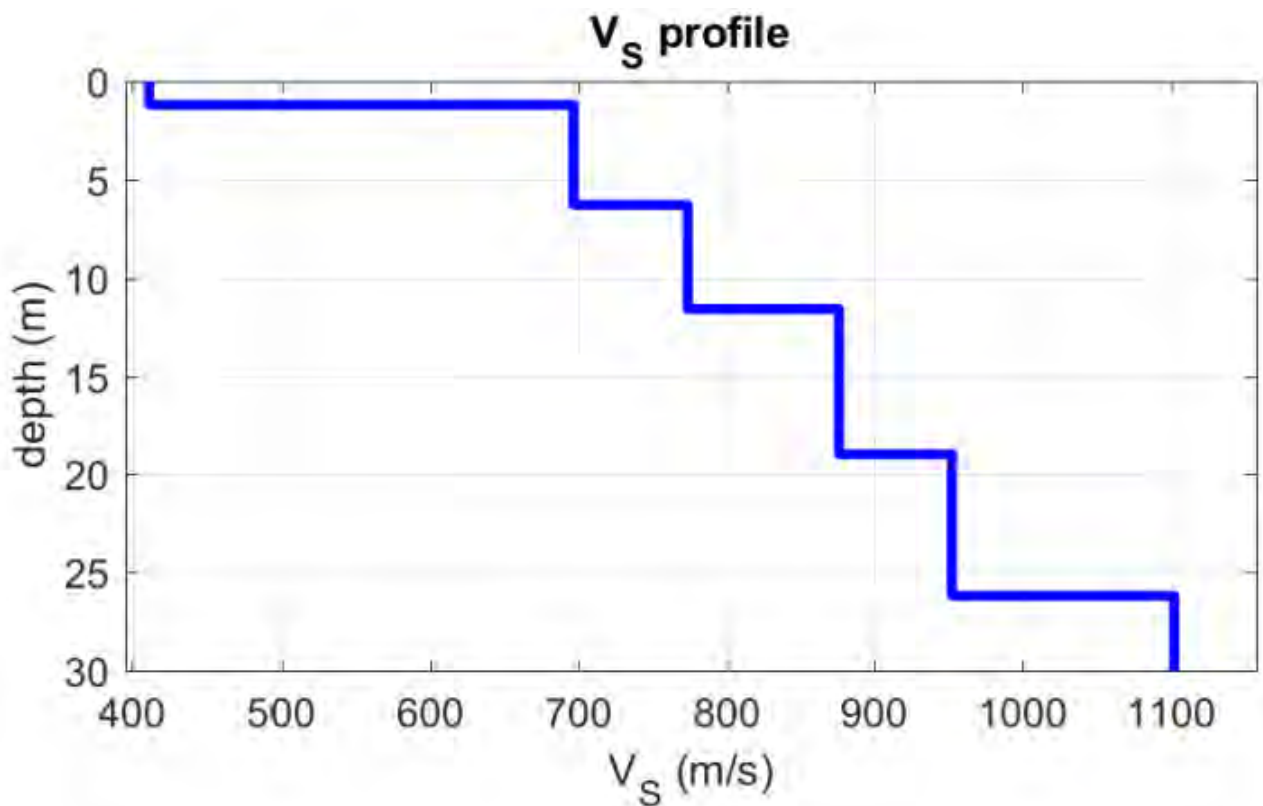


Figura 3: Profilo verticale Vs identificato

10. SISMOSTRATIGRAFIA MASW 1

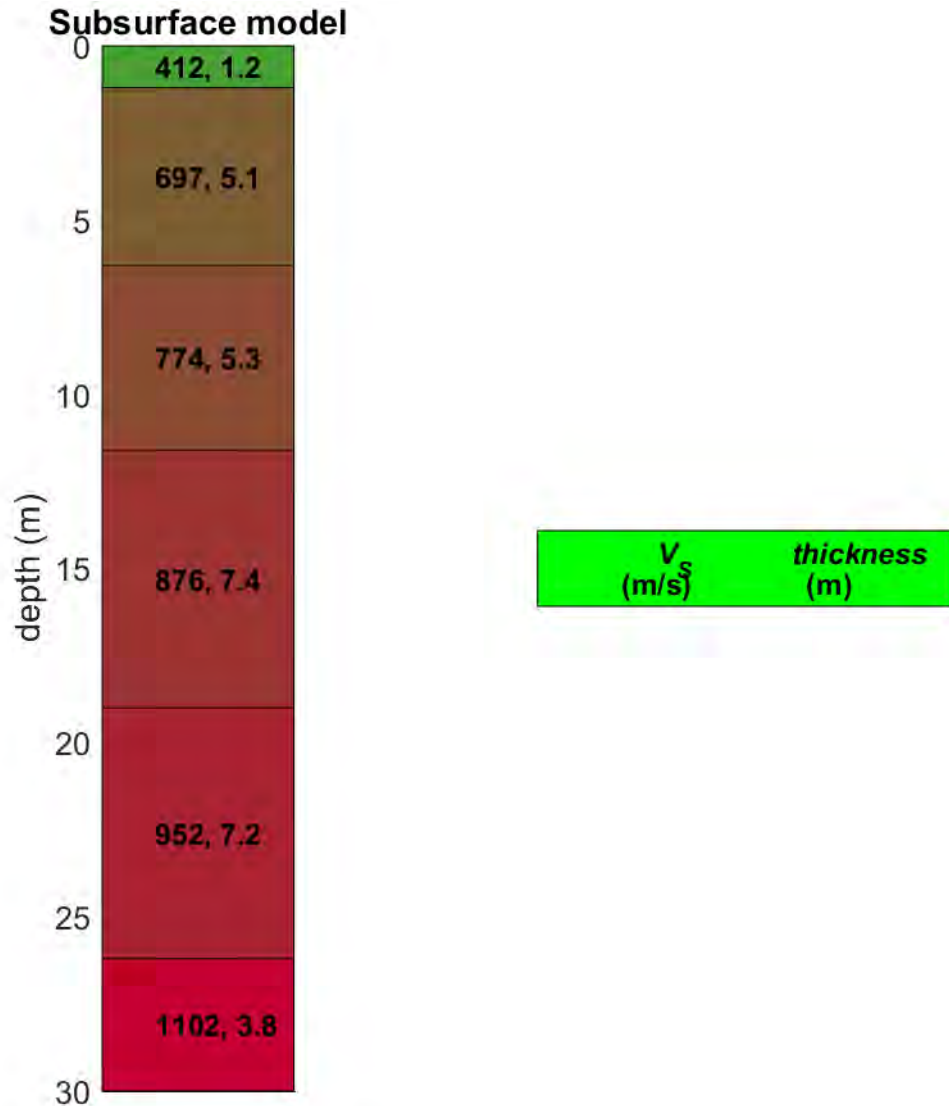


Figura 4: Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

11. MODELLO MEDIO MASW 1

Facendo riferimento al modello medio (Vs e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della Vp, della densità e di alcuni Moduli elastici.

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | Vs (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | Vp (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|----------|--------------------------------|------------------------|----------|---------|
| 1 | 1.2 | 412 | 2.06 | 349 | 1009 | 0.40 |
| 2 | 5.1 | 697 | 2.17 | 1052 | 1584 | 0.38 |
| 3 | 5.3 | 774 | 2.17 | 1300 | 1611 | 0.35 |
| 4 | 7.4 | 876 | 2.19 | 1684 | 1779 | 0.34 |
| 5 | 7.2 | 952 | 2.20 | 1997 | 1850 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1102 | 2.23 | 2708 | 2062 | 0.30 |

12. MASW 2

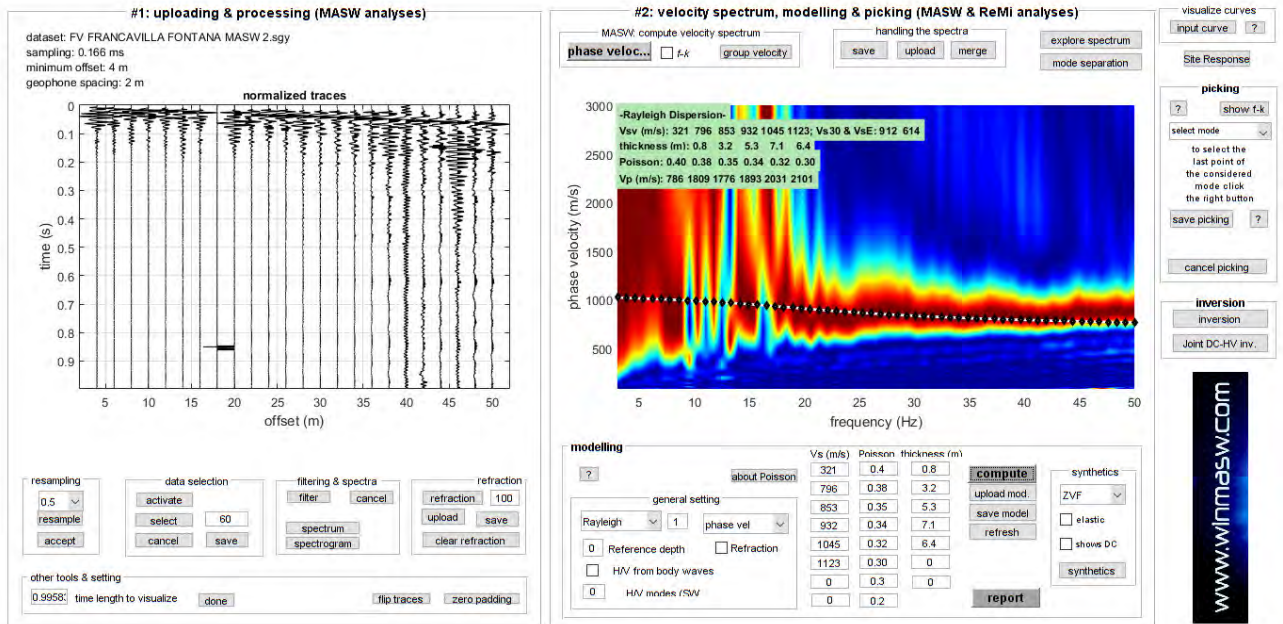


Figura 5: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

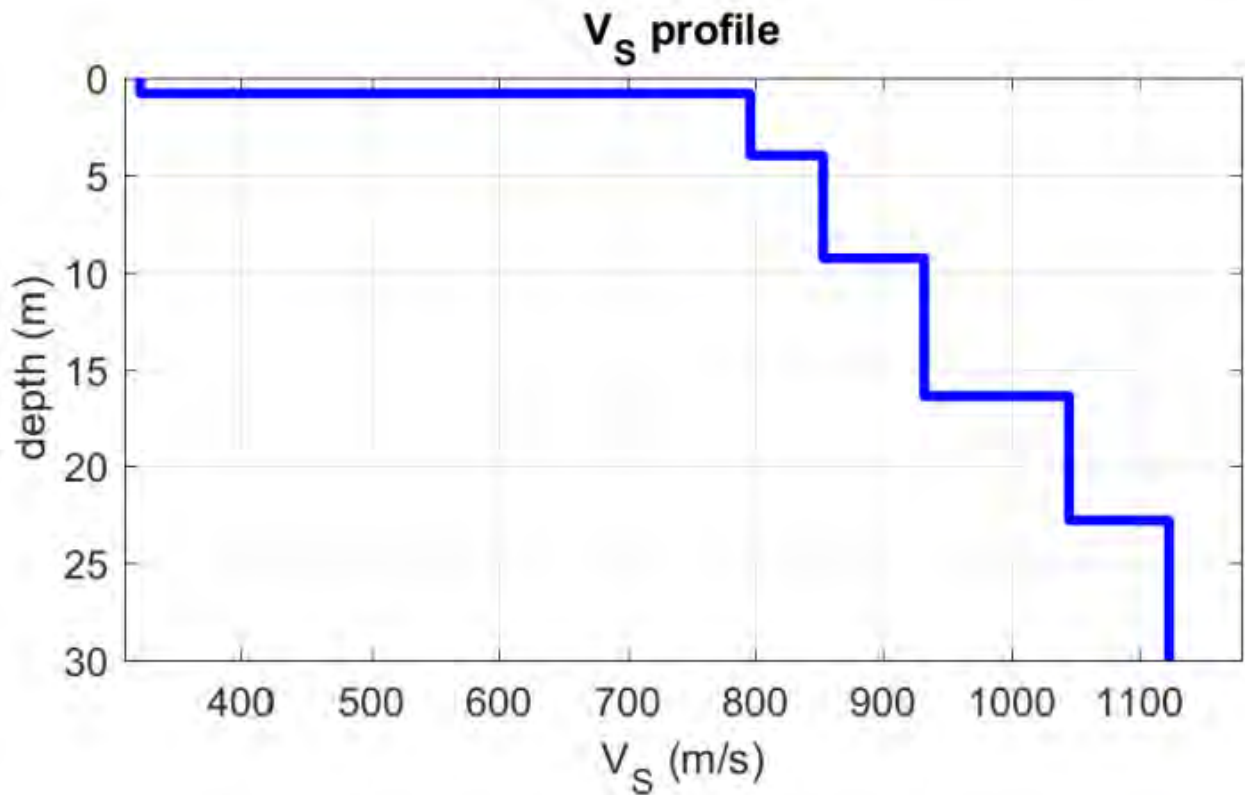


Figura 6: Profilo verticale Vs identificato

13. SISMOSTRATIGRAFIA MASW 2

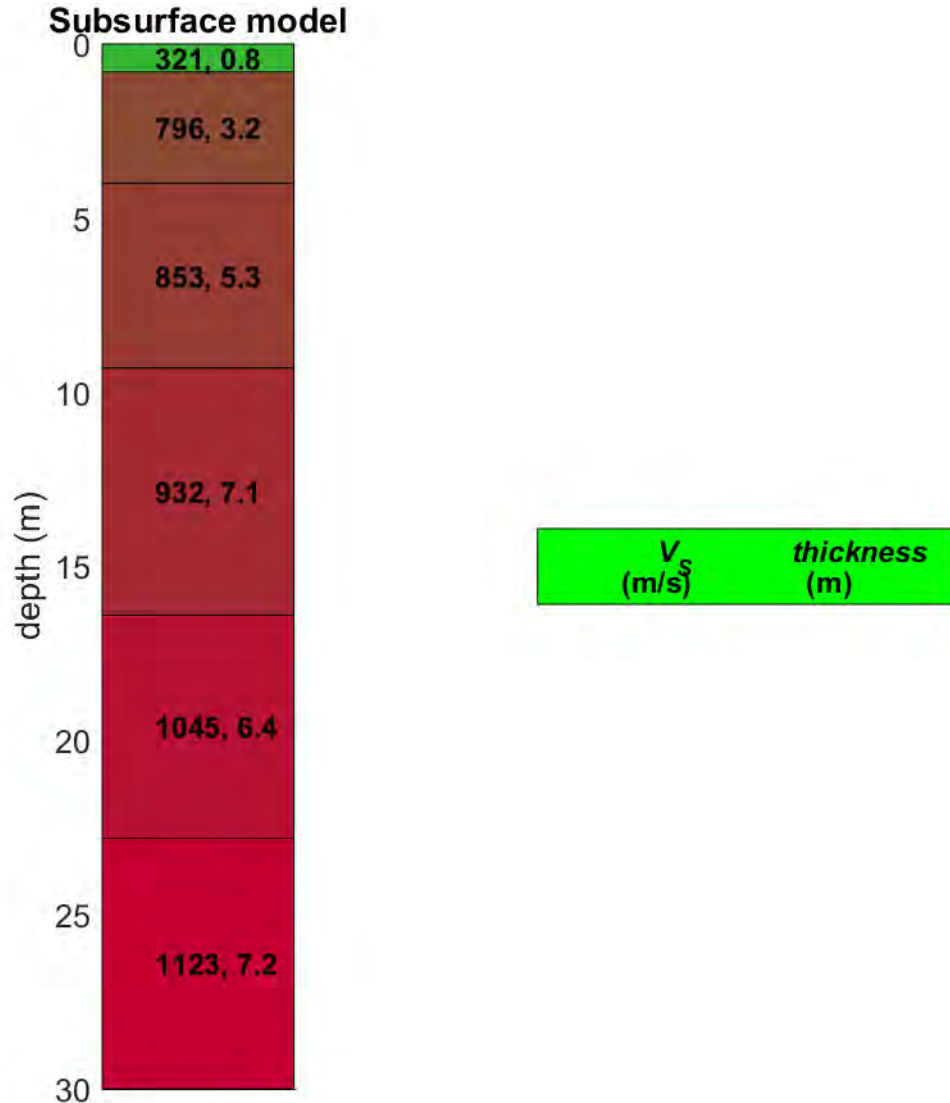


Figura 7: Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

14. MODELLO MEDIO MASW 2

Facendo riferimento al modello medio (V_s e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della V_p , della densità e di alcuni Moduli elastici.

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 0.8 | 321 | 2.00 | 206 | 786 | 0.40 |
| 2 | 3.2 | 796 | 2.20 | 1393 | 1809 | 0.38 |
| 3 | 5.3 | 853 | 2.19 | 1596 | 1776 | 0.35 |
| 4 | 7.1 | 932 | 2.21 | 1919 | 1893 | 0.34 |
| 5 | 6.4 | 1045 | 2.23 | 2431 | 2031 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1123 | 2.23 | 2818 | 2101 | 0.30 |

15. MASW 3

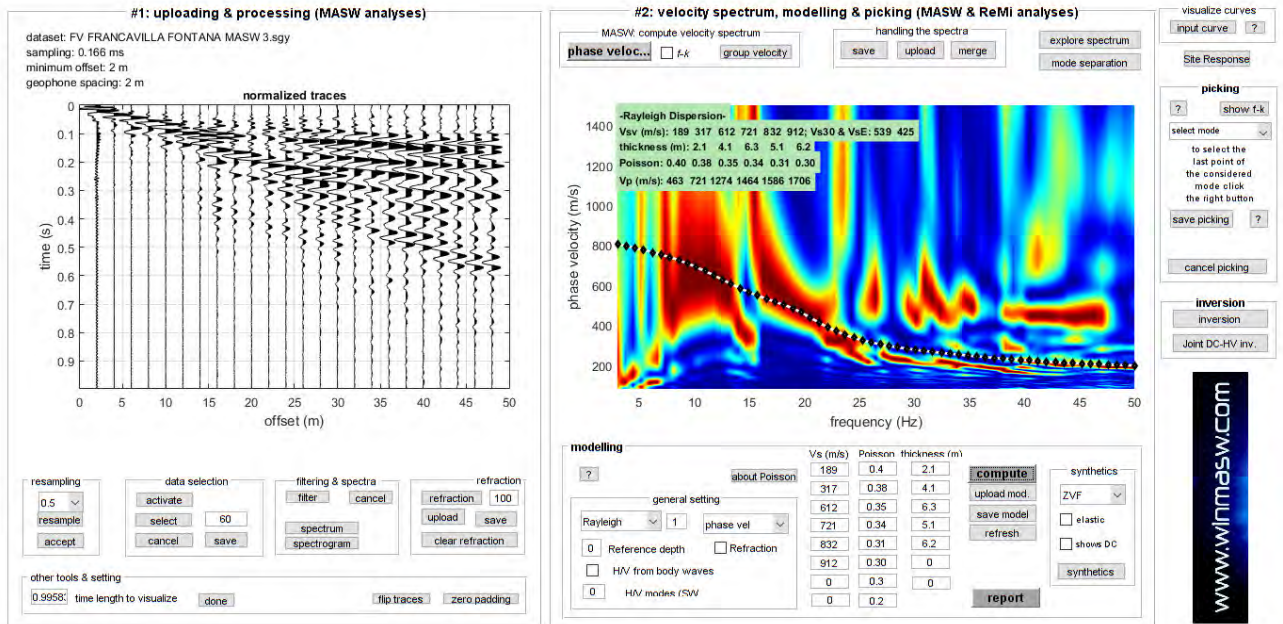


Figura 8: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

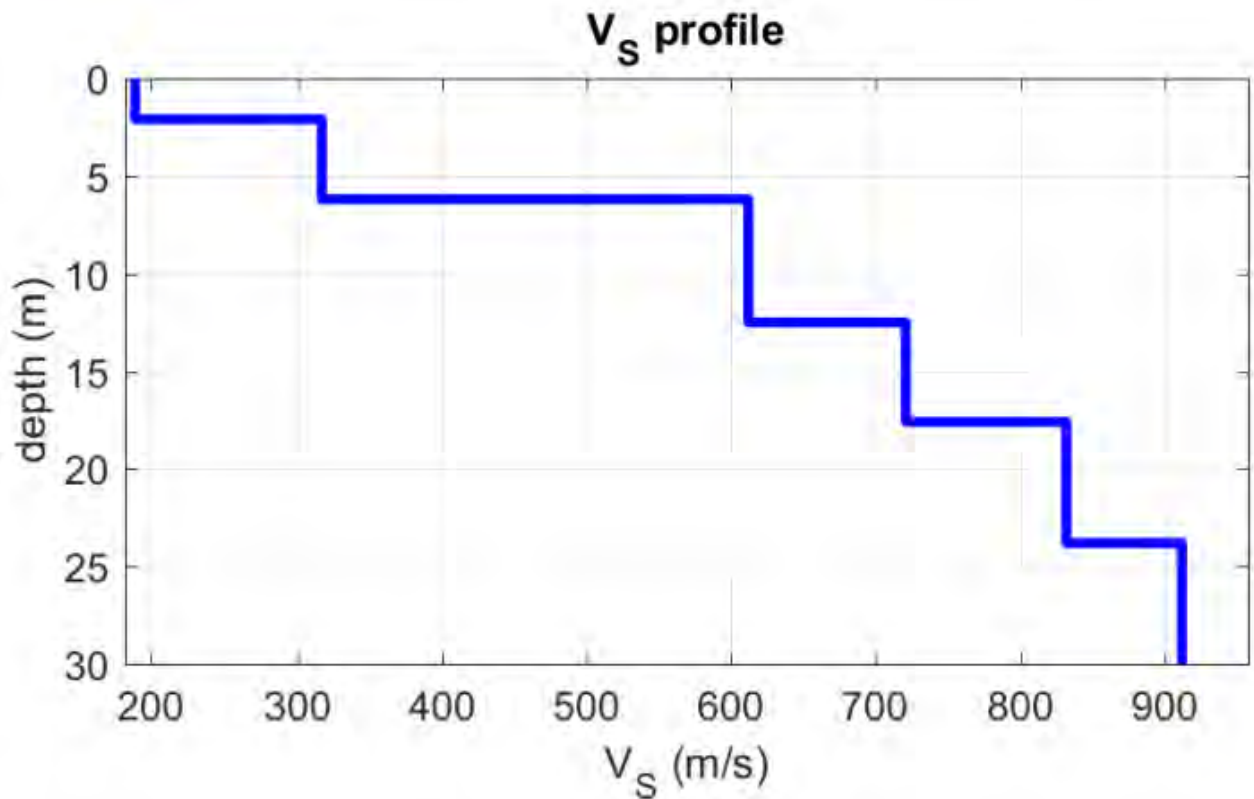


Figura 9: Profilo verticale Vs identificato

16. SISMOSTRATIGRAFIA MASW 3

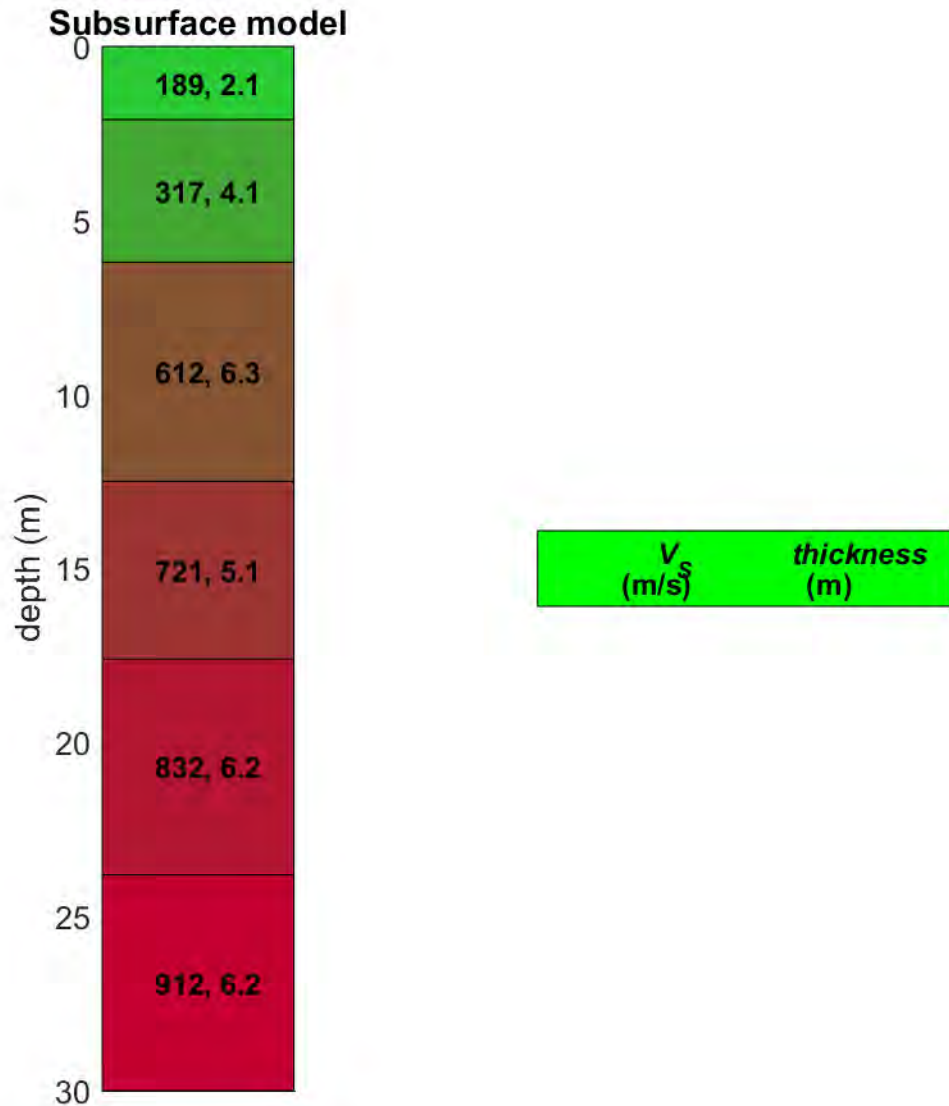


Figura 10: Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

17. MODELLO MEDIO MASW 3

Facendo riferimento al modello medio (V_s e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della V_p , della densità e di alcuni Moduli elastici.

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 2.1 | 189 | 1.87 | 67 | 463 | 0.40 |
| 2 | 4.1 | 317 | 1.97 | 198 | 721 | 0.38 |
| 3 | 6.3 | 612 | 2.11 | 791 | 1274 | 0.35 |
| 4 | 5.1 | 721 | 2.15 | 1116 | 1464 | 0.34 |
| 5 | 6.2 | 832 | 2.17 | 1499 | 1586 | 0.31 |
| 6 | Semi-Spazio | 912 | 2.18 | 1816 | 1706 | 0.30 |

18. MASW 4

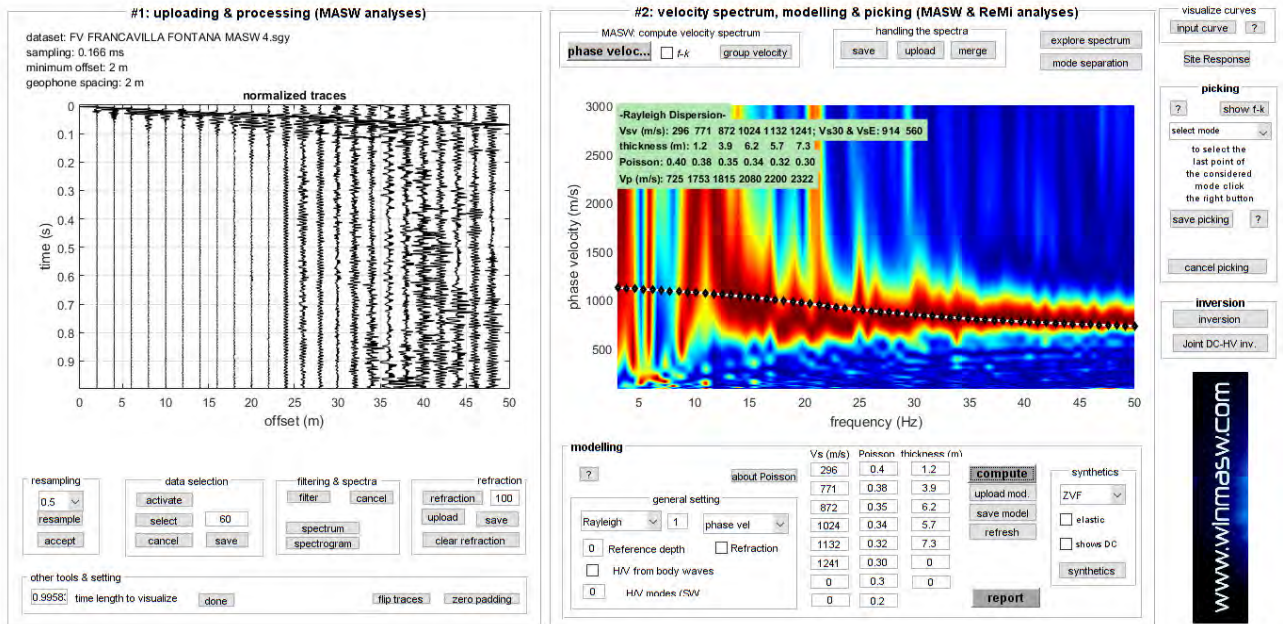


Figura 11: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

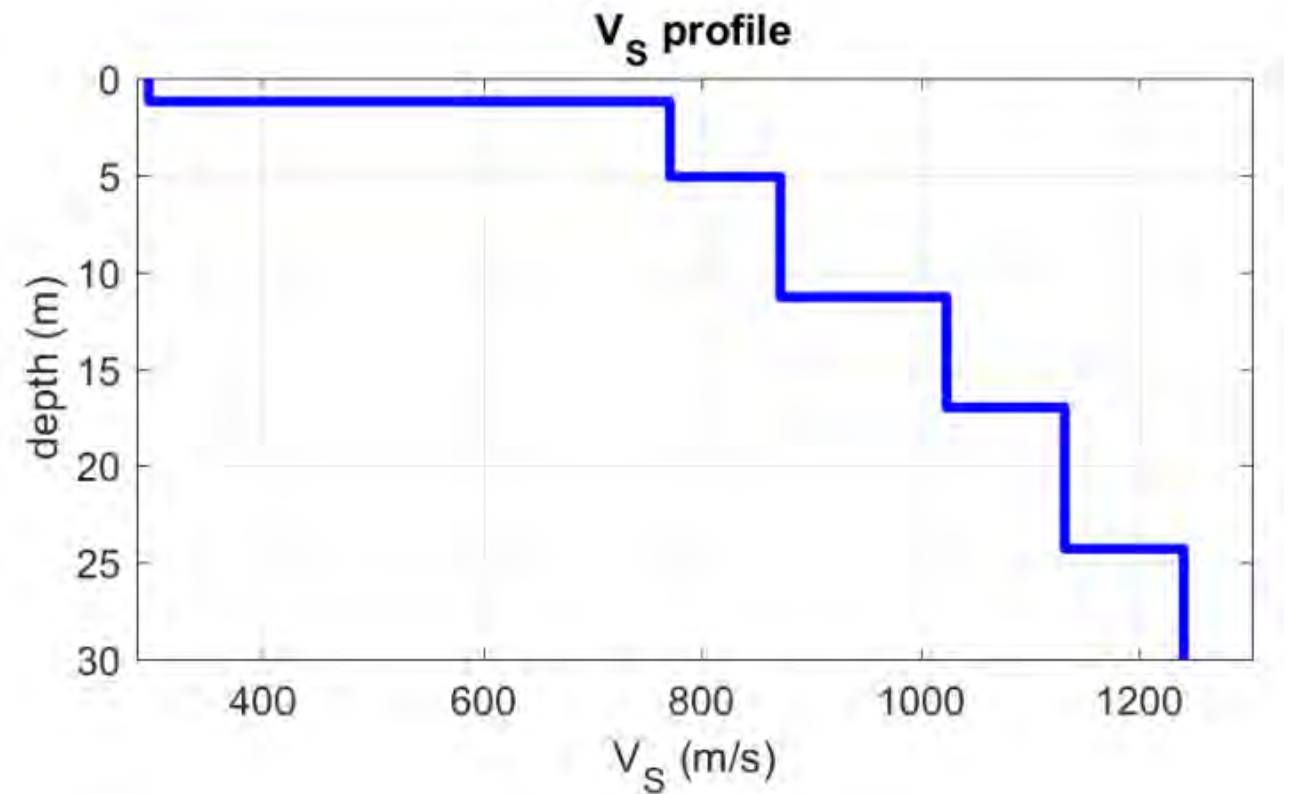


Figura 12: Profilo verticale Vs identificato

19. SISMOSTRATIGRAFIA MASW 4

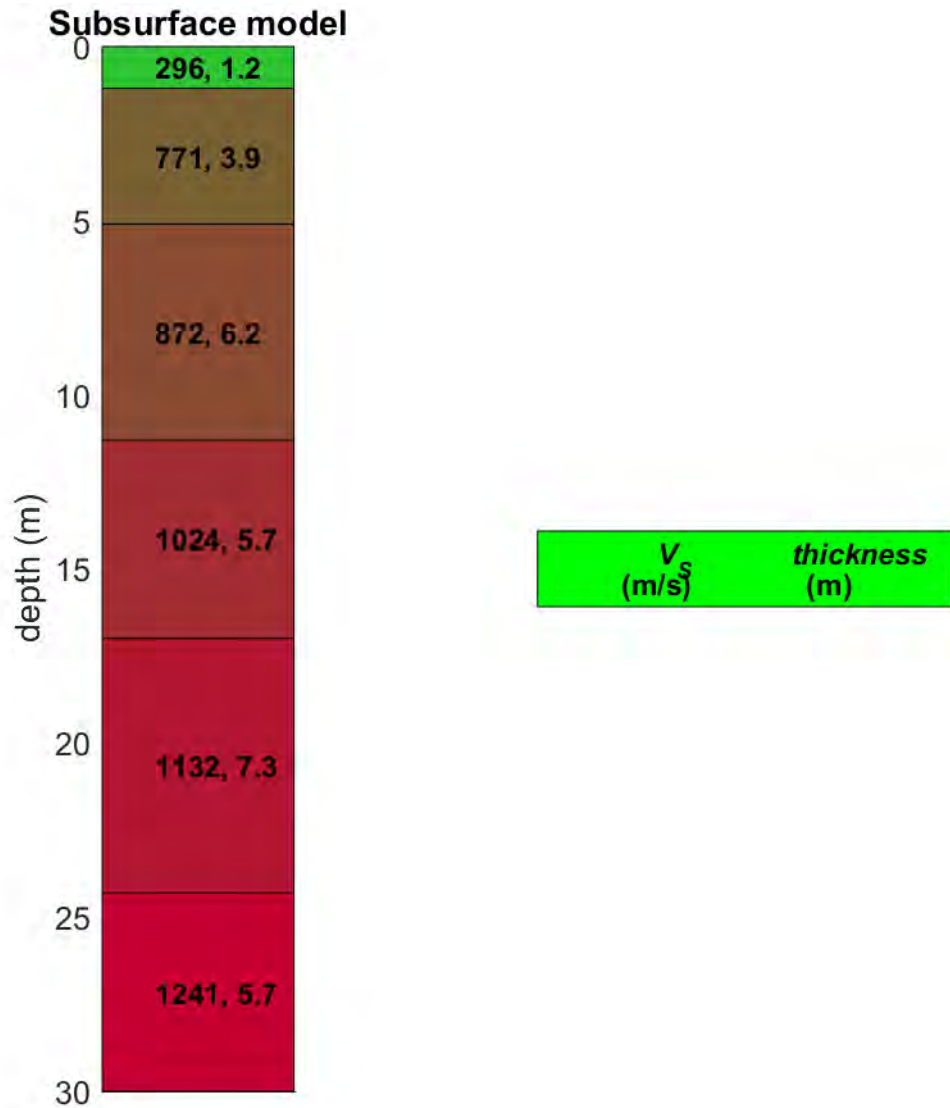


Figura 13: Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

20. MODELLO MEDIO MASW 4

Facendo riferimento al modello medio (V_s e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della V_p , della densità e di alcuni Moduli elastici.

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 1.2 | 296 | 1.98 | 173 | 725 | 0.40 |
| 2 | 3.9 | 771 | 2.19 | 1302 | 1753 | 0.38 |
| 3 | 6.2 | 872 | 2.20 | 1672 | 1815 | 0.35 |
| 4 | 5.7 | 1024 | 2.23 | 2340 | 2080 | 0.34 |
| 5 | 7.3 | 1132 | 2.25 | 2878 | 2200 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1241 | 2.26 | 3479 | 2322 | 0.30 |

21. MASW 5

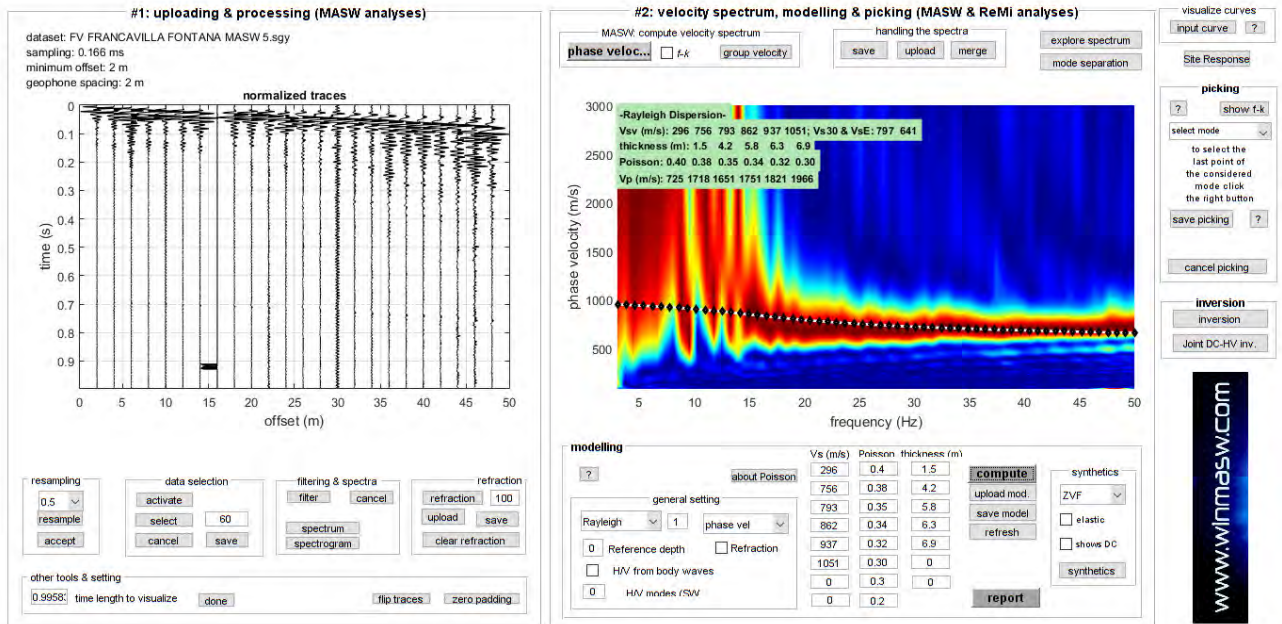


Figura 14: Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità calcolato

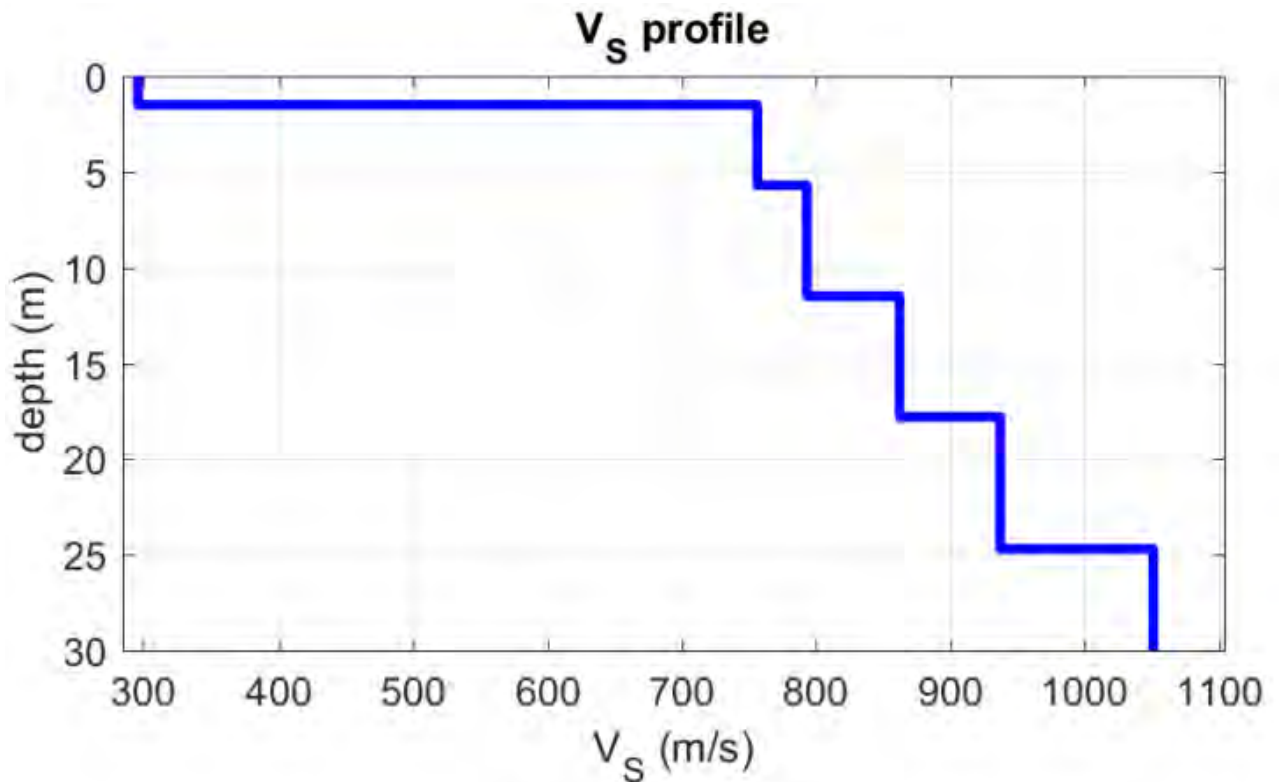


Figura 15: Profilo verticale Vs identificato

22. SISMOSTRATIGRAFIA MASW 5

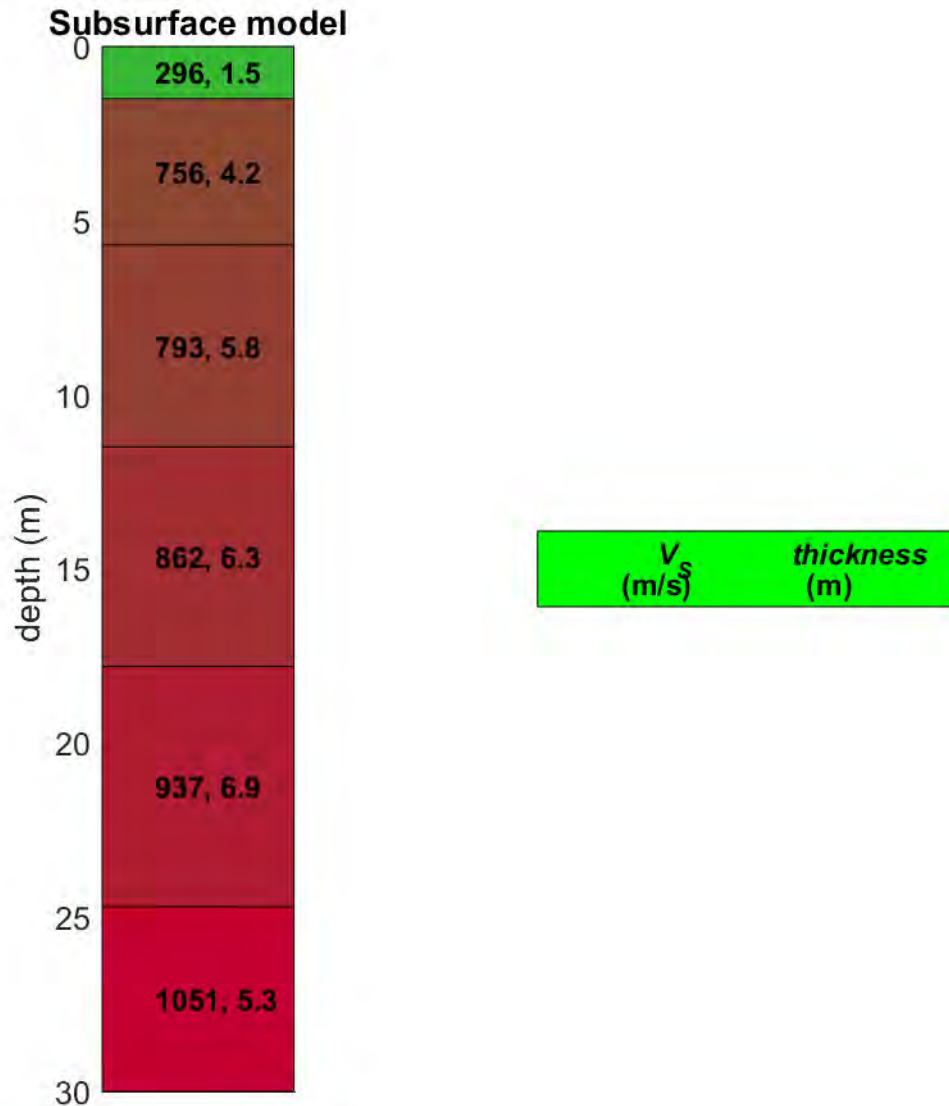


Figura 16: Sismostratigrafia a partire dal piano campagna.

23. MODELLO MEDIO MASW 5

Facendo riferimento al modello medio (V_s e spessore degli strati), ottenuto dal processo di inversione, di seguito si riporta un quadro con la stima della V_p , della densità e di alcuni Moduli elastici.

| N. STRATO | SPESSORE (Thickness) (m) | V_s (m/s) | DENSITA' (gr/cm ³) | MODULO di TAGLIO (MPa) | V_p (m/s) | POISSON |
|-----------|--------------------------|-------------|--------------------------------|------------------------|-------------|---------|
| 1 | 1.5 | 296 | 1.98 | 173 | 725 | 0.40 |
| 2 | 4.2 | 756 | 2.19 | 1249 | 1718 | 0.38 |
| 3 | 5.8 | 793 | 2.18 | 1368 | 1651 | 0.35 |
| 4 | 6.3 | 862 | 2.19 | 1627 | 1751 | 0.34 |
| 5 | 6.9 | 937 | 2.20 | 1931 | 1821 | 0.32 |
| 6 | Semi-Spazio | 1051 | 2.22 | 2450 | 1966 | 0.30 |

24. CALCOLO $V_{s,eq}$ (D.M. 17/01/2018 NTC 2018)

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (m/s), viene calcolata con la seguente espressione (§ 3.2.2 NTC 2018):

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

dove: h_i = spessore dello strato i -esimo;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/sec;

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

Il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$), ottenuto dal Modello Medio dell'elaborazione dei dati acquisiti attraverso la base sismica, è risultato essere in riferimento al piano campagna:

- per la base sismica MASW 1 **$V_{s,eq} = 679$ m/s**
- per la base sismica MASW 2 **$V_{s,eq} = 614$ m/s**
- per la base sismica MASW 3 **$V_{s,eq} = 425$ m/s**
- per la base sismica MASW 4 **$V_{s,eq} = 560$ m/s**
- per la base sismica MASW 5 **$V_{s,eq} = 641$ m/s**

Marina di Palizzi (RC), Febbraio 2022

Il Tecnico Prospettore - dott. Stefano Sgrò

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Anella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)
P.IVA: 02214540803 - REA RC N. 176219



COMUNE DI FRANCAVILLA FONTANA

Provincia di Brindisi

RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE IN ONDE P



Committente: SCM INGEGNERIA SRL

Località: Francavilla Fontana (BR)

Data: Febbraio 2022

Il Tecnico Prospettore: dott. Stefano SGRO'

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Ariella, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)
P.IVA: 02214640803 - REA RC N. 176219

GeoSGRO'
SERVIZI PER LA GEOLOGIA

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via Ariella, 70;
89038 Marina di Palizzi (RC)
C.F.: SGRSFN73C21H224Q
Partita IVA: 02214640803

cell. 347 9623327
pec: geosgro@pec.it
www.geosgro.it - geosgro@gmail.com
Iscrizione REA N. 176219
Albo Imprese Artigiane N. 46984

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico conferito dalla SCM INGEGNERIA SRL, è stata condotta una campagna d'indagine geognostica attraverso l'esecuzione di N. 5 Tomografie sismiche a Rifrazione in Onde P. Tale campagna d'indagine è stata eseguita nell'ambito della costruzione di un impianto fotovoltaico in località Francavilla Fontana (BR).

L'ubicazione delle basi sismiche è stata disposta dal tecnico cui è stata affidata la progettazione e la Direzione Lavori delle indagini geognostiche.

La campagna d'indagine geofisica, condotta nel rispetto dello stato dell'arte e delle linee guida dettate dalla letteratura scientifica, è conforme alla vigente normativa sismica e in particolare ai contenuti dell'O.P.C.M. n. 3274/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* e s.m.i. e al D.M. 17 gennaio 2018 *"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni"* (NTC 2018) pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20.2.2018.

2. UBICAZIONE INDAGINE



Vista aerea con ubicazione indagini

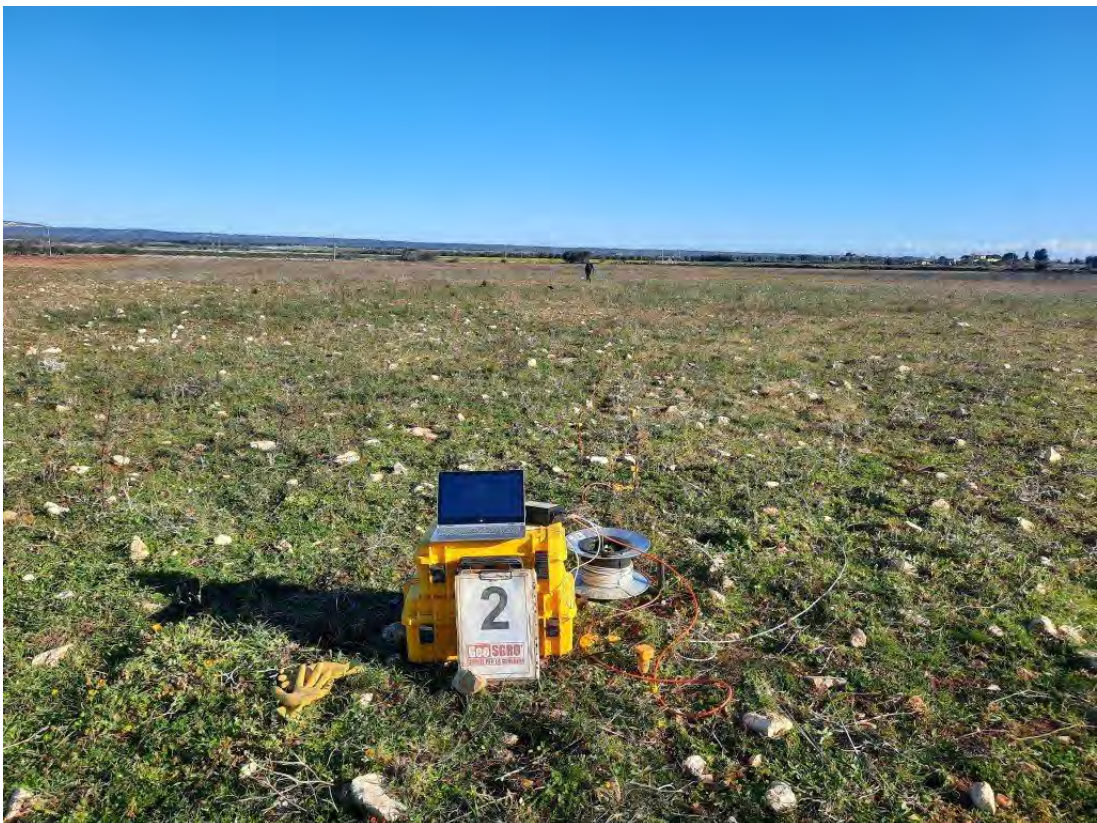


Vista aerea con ubicazione indagini

3. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Vista ubicazione base sismica RIFRAZIONE 1



Vista ubicazione base sismica RIFRAZIONE 2



Vista ubicazione base sismica RIFRAZIONE 3



Vista ubicazione base sismica RIFRAZIONE 4



Vista ubicazione base sismica RIFRAZIONE 5

4. IL METODO SISMICO A RIFRAZIONE

La sismica a rifrazione utilizza le onde acustiche nei corpi solidi. La generazione delle onde acustiche avviene utilizzando come energizzazione un martello percussore, una massa battente oppure una piccola carica esplosiva. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a differente velocità a seconda dei litotipi attraversati e subiscono lungo le superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione.

Le superfici di confine degli strati geologici, caratterizzati da una differenza di velocità tra lo strato superiore (V_1) e lo strato ad esso sottostante (V_2), producono dei raggi rifratti che viaggeranno parallelamente alla superficie di discontinuità (con la stessa velocità dello strato "più veloce") rifrangendo continuamente verso l'alto (quindi verso lo strato "più lento") energia elastica.

Una delle condizioni principali per l'applicazione del metodo della sismica a rifrazione è che la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenti con la profondità ($V_1 < V_2$). Un altro requisito indispensabile per il buon funzionamento di questa metodologia è che gli strati posseggano uno spessore sufficiente per essere rilevati; in caso contrario occorre aumentare il numero di geofoni e diminuirne la spaziatura.

L'energia rifratta che ritorna alla superficie viene misurata utilizzando dei geofoni.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica ed alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nella zona di indagine.

È buona norma commisurare l'intensità dell'energizzazione alla lunghezza dello stendimento e, quando possibile utilizzare le opzioni di controllo automatico del guadagno. Diversamente i primi arrivi potrebbero essere difficili da riconoscere sia per l'eccessiva debolezza del segnale (geofoni lontani dal punto di scoppio) sia per la possibile saturazione dei geofoni più vicini.

5. IL COMPORTAMENTO SISMICO DELLE ONDE P

Le onde P sono anche chiamate Onde Primarie in quanto si propagano nel mezzo attraversato con maggiore velocità rispetto alle altre onde. Nelle onde P, le particelle che costituiscono il mezzo attraversato vengono spostate nello stesso senso di propagazione dell'onda, in questo caso, in senso radiale. Quindi, il materiale si estende e si comprime con il propagarsi dell'onda. Le onde P viaggiano attraverso il terreno in modo analogo a quello delle onde sonore attraverso l'aria.

La velocità con la quale le onde P si propagano in un mezzo dipende dalle proprietà fisiche (cioè rigidità, densità, saturazione) e dal grado di omogeneità del terreno. Dalla sorgente di energizzazione viene emanato un "treno d'onde" i cui segnali saranno rilevati dalle stazioni riceventi ad intervalli di tempo dipendenti dalle caratteristiche elastiche del terreno. La registrazione grafica del treno d'onda in arrivo è chiamata "sismogramma". I fronti d'onda possono essere superfici sferiche o di forma qualsiasi. La propagazione di onde può quindi essere interpretata come una continua generazione di onde circolari che interferendo fra loro danno luogo a un'onda risultante osservabile macroscopicamente.

Le semirette normali ai fronti d'onda sono chiamate "raggi sismici" ed indicano la direzione di propagazione dell'onda elastica.

Per l'analisi dei dati ottenuti tramite la sismica a rifrazione, è usuale considerare sia le immagini delle onde sismiche sia i percorsi dei raggi sismici. Questi ultimi possono sostituire i fronti d'onda con buona approssimazione, permettendo di trattare soltanto i tempi di percorso delle onde elastiche e non tutte le altre grandezze tipiche di un fenomeno ondulatorio quali ampiezza, frequenza e fase.

Quando un raggio incontra un'eterogeneità sul percorso, per esempio un contatto litologico con un altro materiale, il raggio incidente si trasforma in diversi nuovi raggi. Gli angoli che il raggio incidente, i raggi riflessi ed i raggi rifratti formano con la normale alla superficie di contatto tra i due materiali sono legati fra loro ed alle velocità di propagazione da alcune relazioni note come "leggi di SNELL".

6. DESCRIZIONE DELLA STRUMENTAZIONE

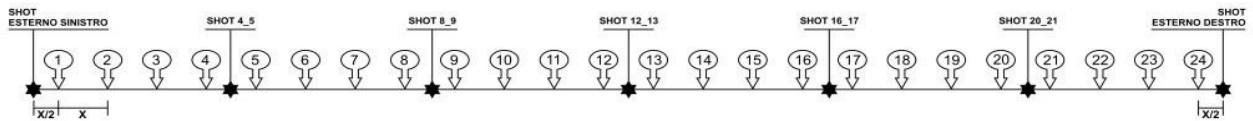
Il sismografo DoReMi a 24 canali della SARA electronic instruments s.r.l., ha le seguenti caratteristiche strumentali:

| | |
|---|---|
| Campionamento | |
| Memoria: | 64 kByte (>30000 campioni) |
| Frequenze in Hz: | 200,300,400,500,800,1000,2000,3000,4000,8000,10000,20000 |
| pari ad intervalli in ms di: | 5, 3.33, 2.5, 2, 1,25, 1, 0.5, 0.33, 0.25, 0.125, 0.1, 0.05 |
| Dinamica del sistema | |
| Risoluzione con guadagno 10x: | 7.600 µV |
| Risoluzione con guadagno 1000x: | 0.076 µV |
| Dinamica di base: | 96dB (16 bit) |
| Dinamica massima del preamplificatore: | 80dB |
| Signal to Noise Ratio RMS fra 0.5 e 30Hz: | >90dB |
| Full range a 10x: | 0.5V p-p |
| Risoluzione RMS a 1000x e 4000SPS: | 0.0000002V p-p |
| Dinamica totale teorica: | 155dB |
| Dinamica totale senza postprocessing: | > 127dB (a qualsiasi frequenza di campionamento) |
| Dinamica totale in postprocessing: | >140dB |
| Convertitore A/D | |
| Tipologia: | SAR |
| Risoluzione: | 16 bit |
| Dinamica: | 96 dB |
| Preamplificatore | |
| Tipologia: | ultra-low noise con ingresso differenziale |
| Filtri: | 3Hz passa alto 1 polo, 200Hz passa basso 4 poli |
| Guadagni: | da 10x a 8000x |
| Reiezione di modo comune: | >80dB |
| Impedenza d'ingresso: | >100kΩ |

7. MODALITA' ESECUTIVE DELLA PROVA E ACQUISIZIONE DATI

Le prospezioni sismiche a rifrazione sono state condotte con uno stendimento geofonico di 48m. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con offset di 2.00m. Come sorgente sismica è stata utilizzata una mazza da 8kg che impatta verticalmente su una piastra circolare in alluminio.

Per la disposizione dei geofoni, è stato definito un allineamento mantenendo una equidistanza ripetitiva lungo tutta la tratta della base sismica, come evidenziato nello schema sottostante.



Per quanto riguarda l'inizio della registrazione è stato utilizzato un geofono "starter" posizionato in aderenza alla piastra di battuta e collegato allo strumento in modo da garantire uno scarto di errore sul "Tempo Zero" non superiore a 1msec.

Per la base sismica sono stati effettuati N. 7 punti di energizzazione (tiri o shot) lungo lo stendimento sismico:

- energizzazione posta a $X/2$ verso l'esterno rispetto al geofono N. 1 (shot estremo sinistro)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 4 e N. 5 (shot 4_5)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 8 e N. 9 (shot 8_9)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 12 e N. 13 (shot 12_13)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 16 e N. 17 (shot 16_17)
- energizzazione posta tra i geofoni N. 20 e N. 21 (shot 20_21)
- energizzazione posta a $X/2$ verso l'esterno rispetto al geofono N. 24 (shot estremo destro)

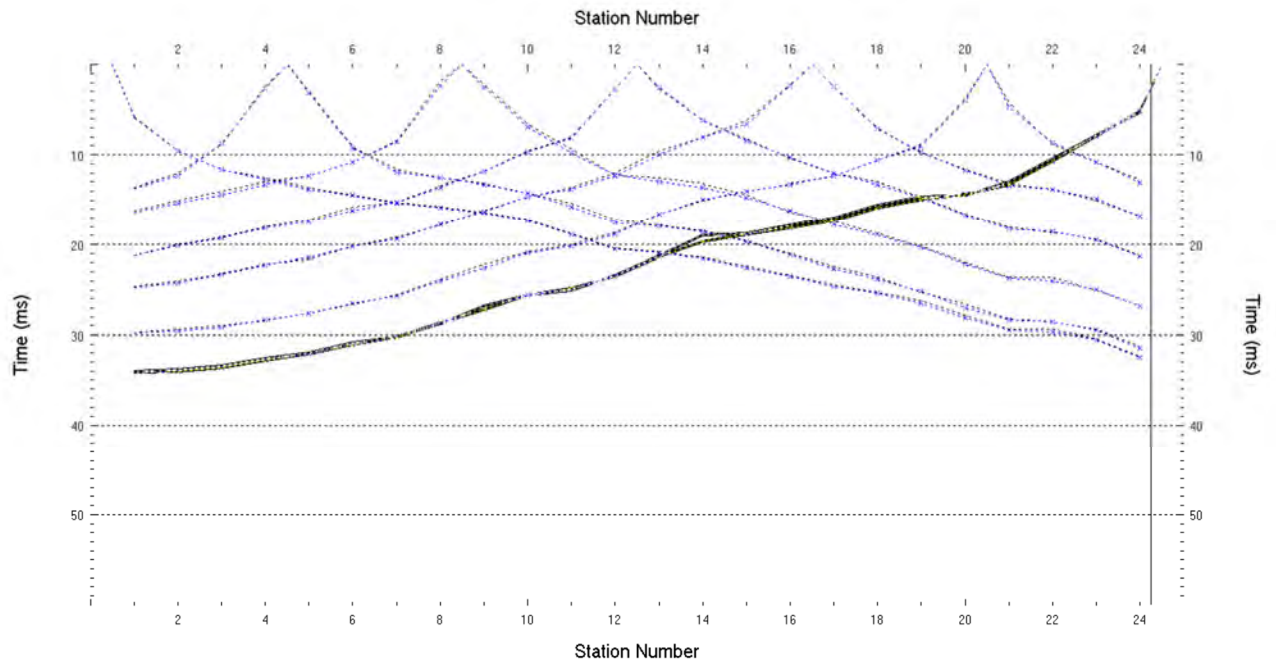
I segnali sismici sono stati acquisiti in formato digitale e successivamente trasferimenti verso il software di elaborazione.

8. ELABORAZIONE DATI

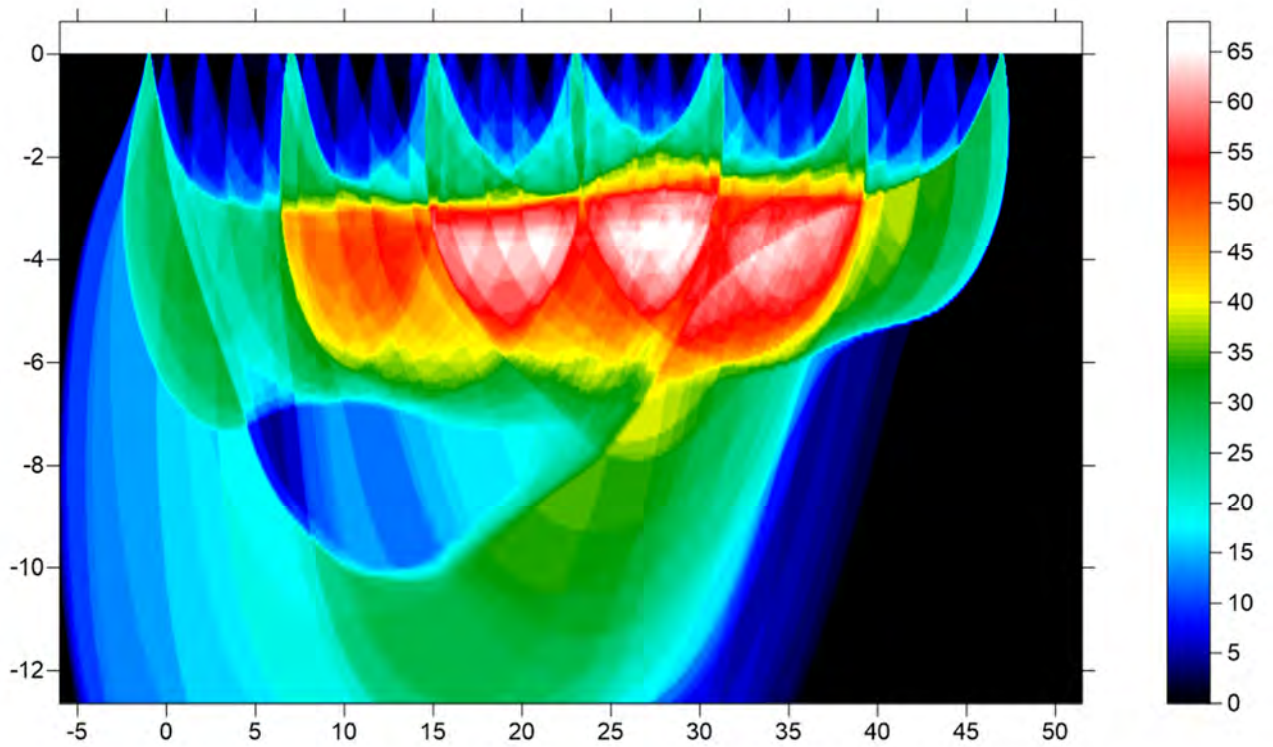
L'intero processo di elaborazione dei dati è stato effettuato con il programma *RAYFRACT* della *Intelligent Resources Inc.* (licenza d'uso Geosgrò di Stefano Sgrò). La successiva fase di imaging è stata eseguita con il programma *SURFER 11* della *Golden Software Inc.* (licenza d'uso Geosgrò di Stefano Sgrò). Gli elaborati relativi alla prova eseguita sono riportati di seguito:

9. RIFRAZIONE 1

DROMOCRONE

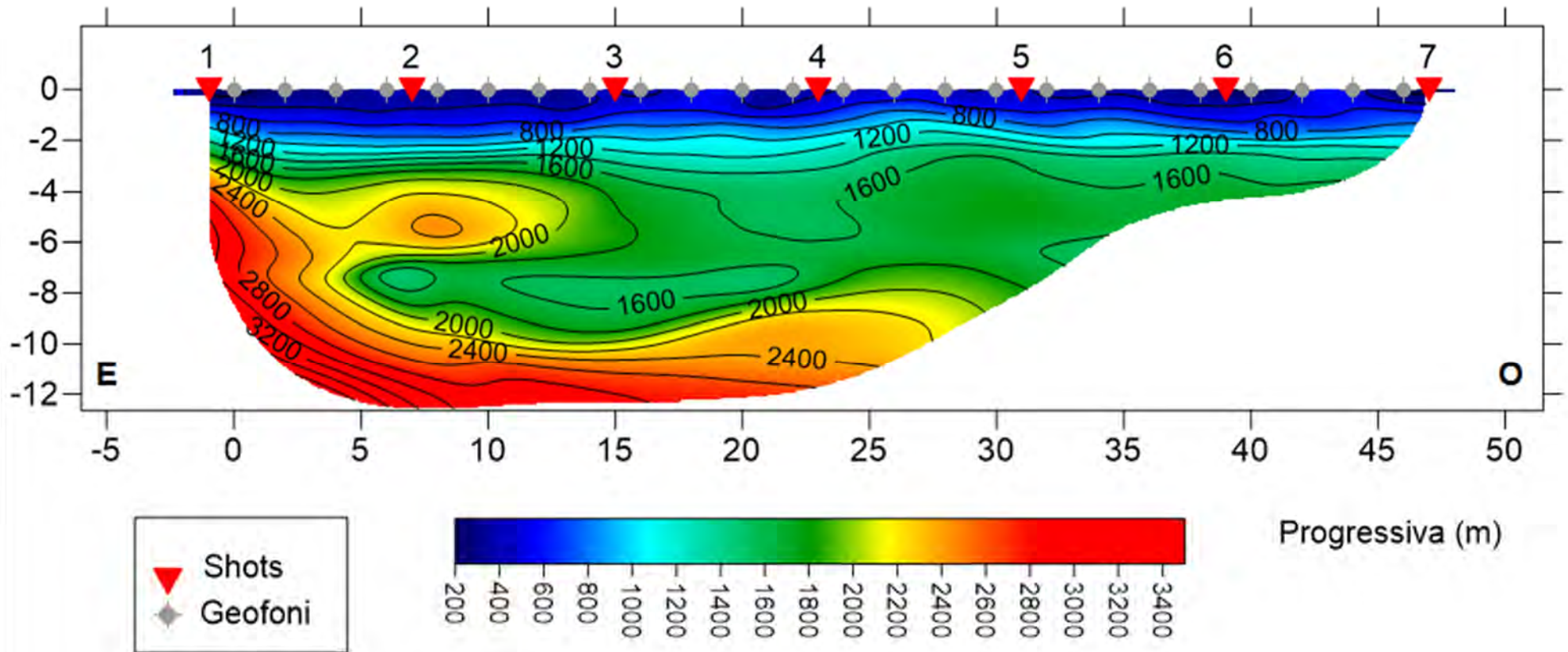


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



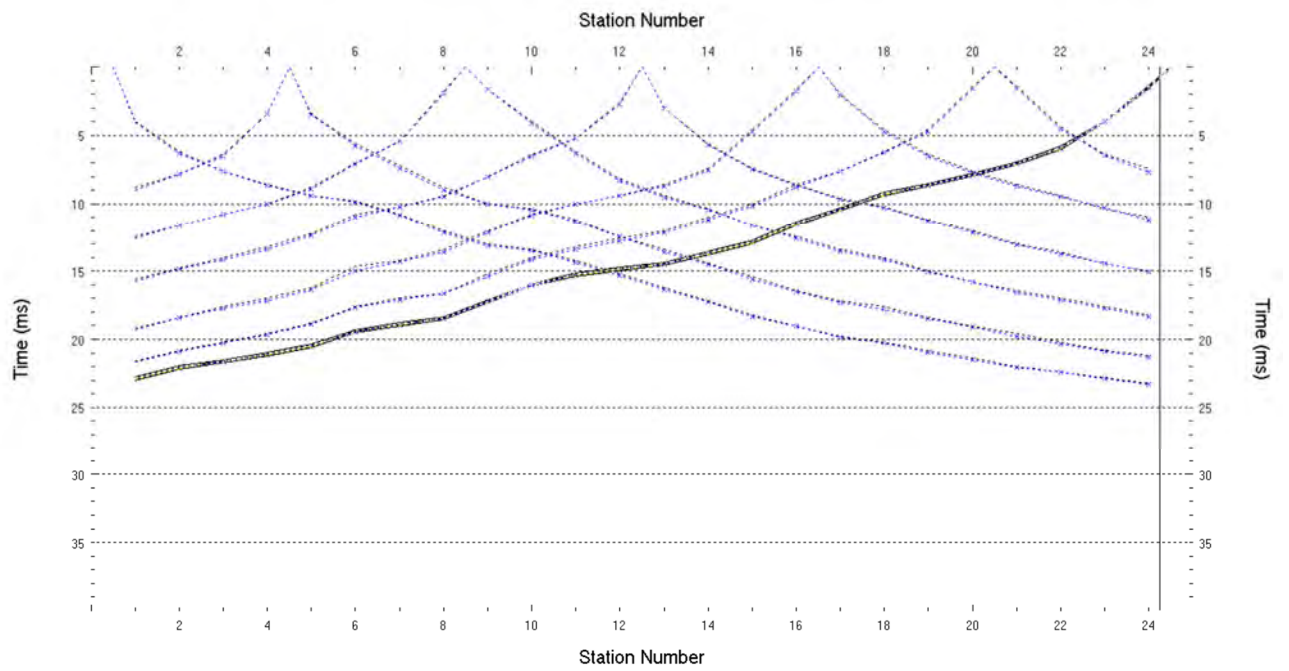
Località: Francavilla Fontana
Data: Febbraio 2022

Sezione 1

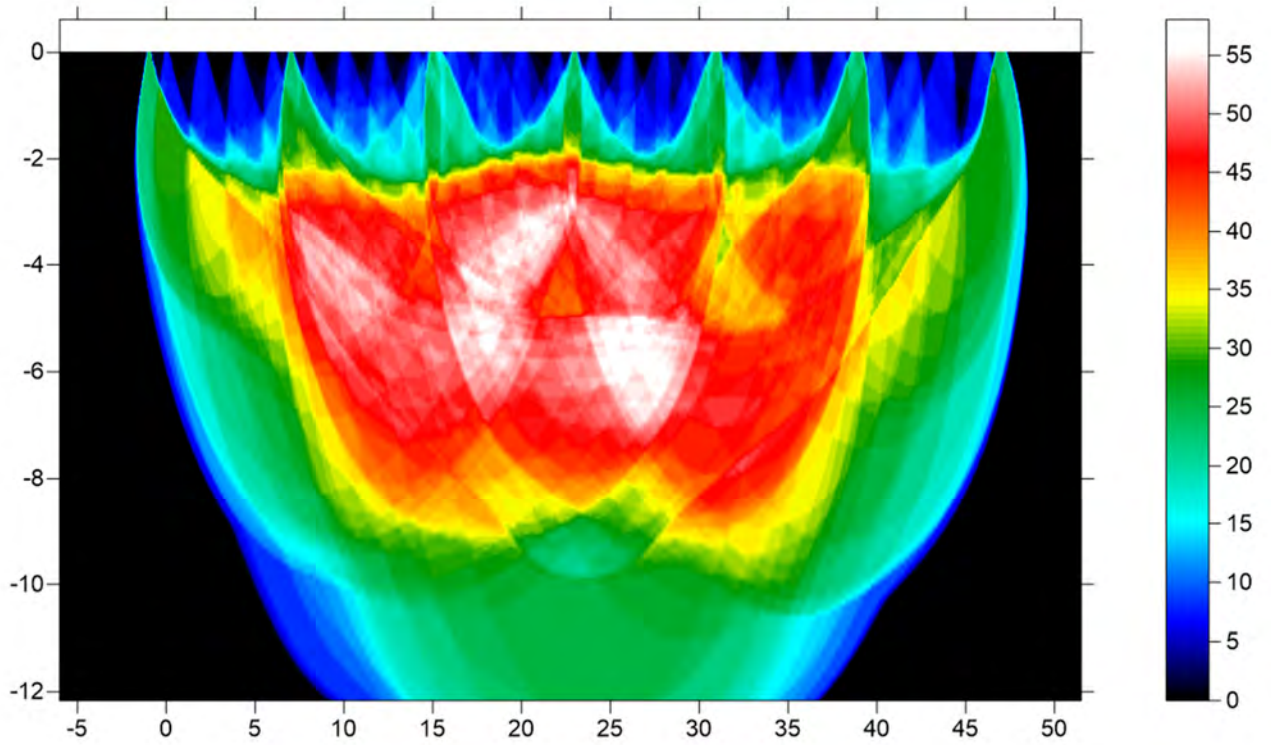


10. RIFRAZIONE 2

DROMOCRONE

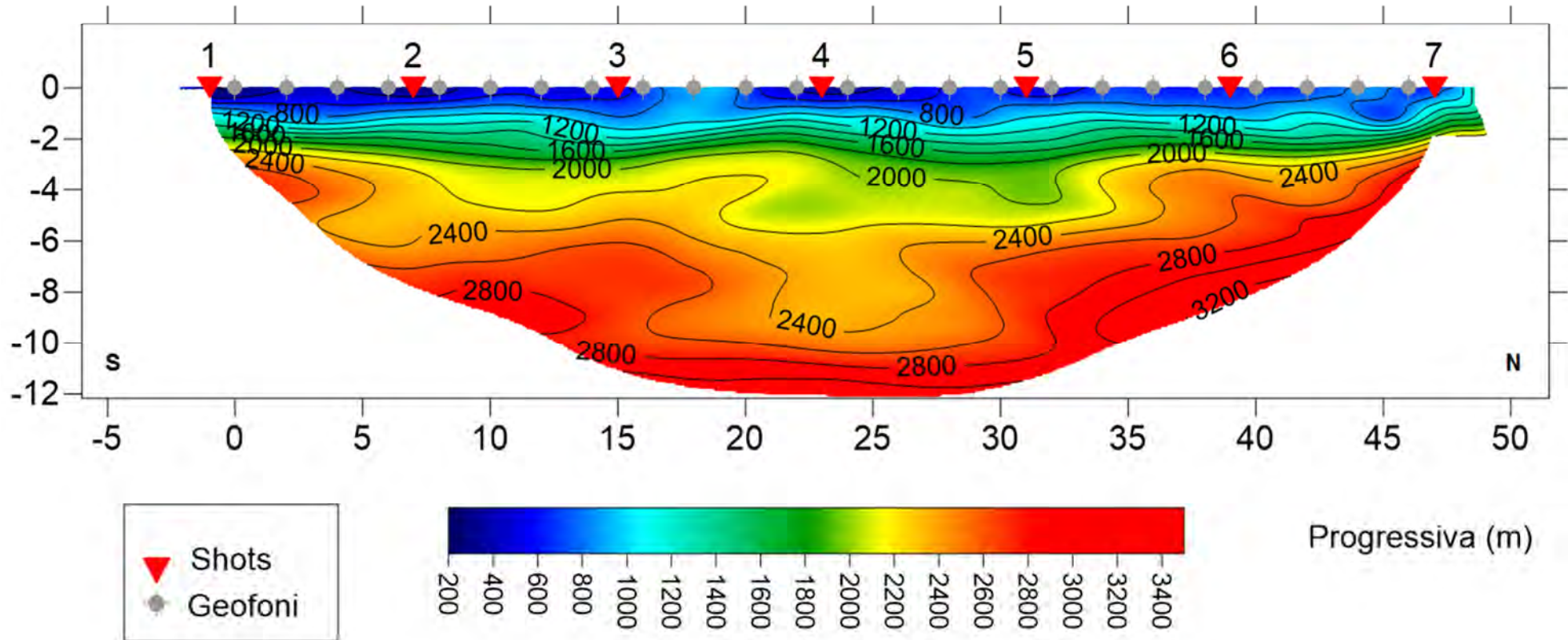


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



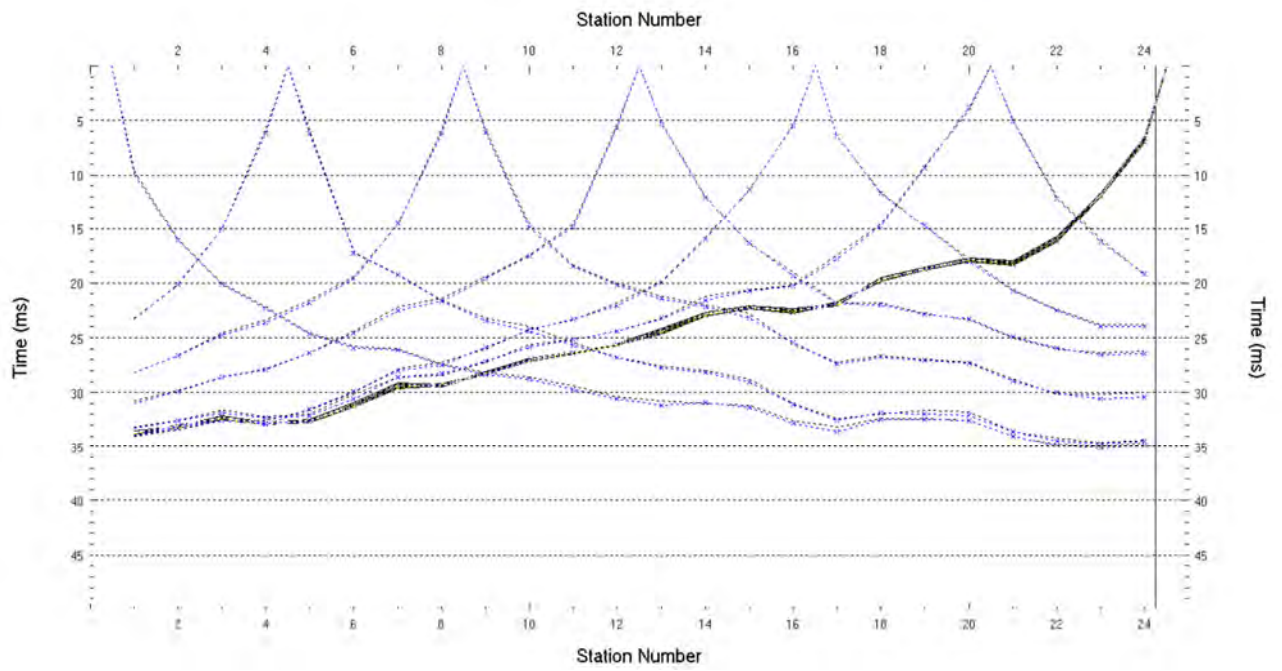
Località: Francavilla Fontana
 Data: Febbraio 2022

Sezione 2

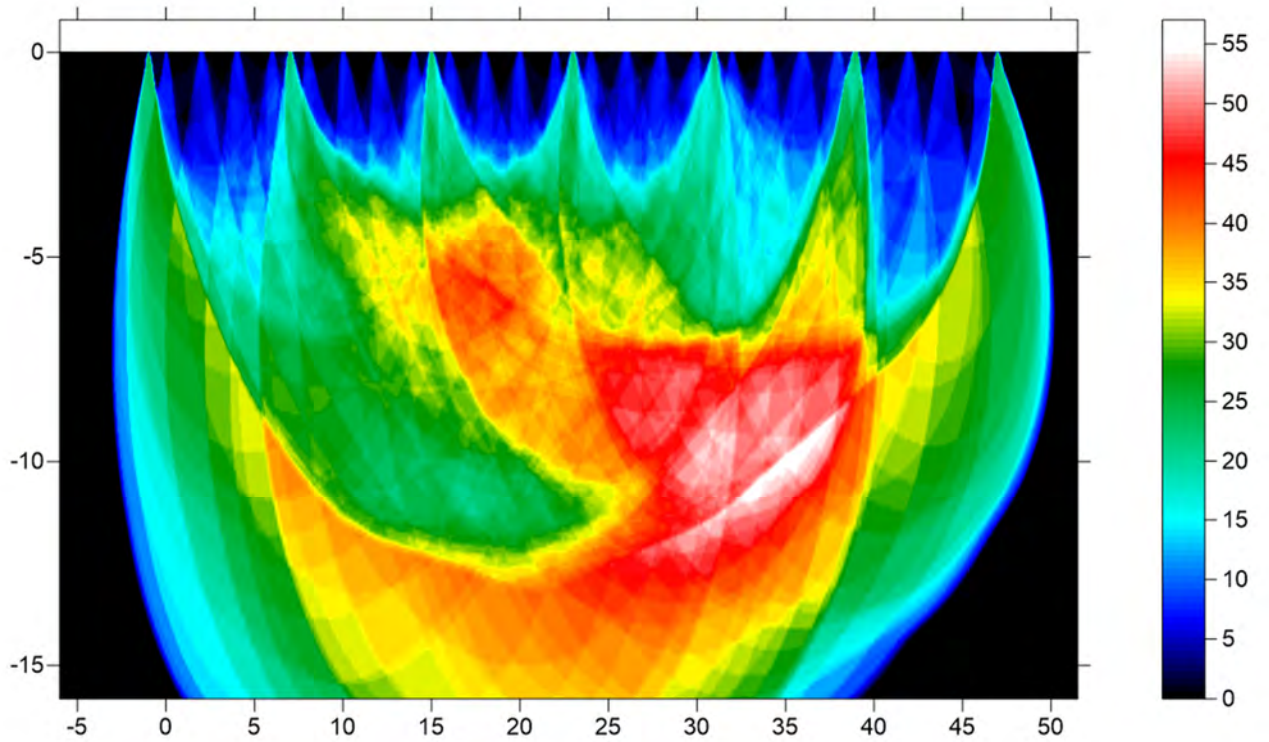


11. RIFRAZIONE 3

DROMOCRONE

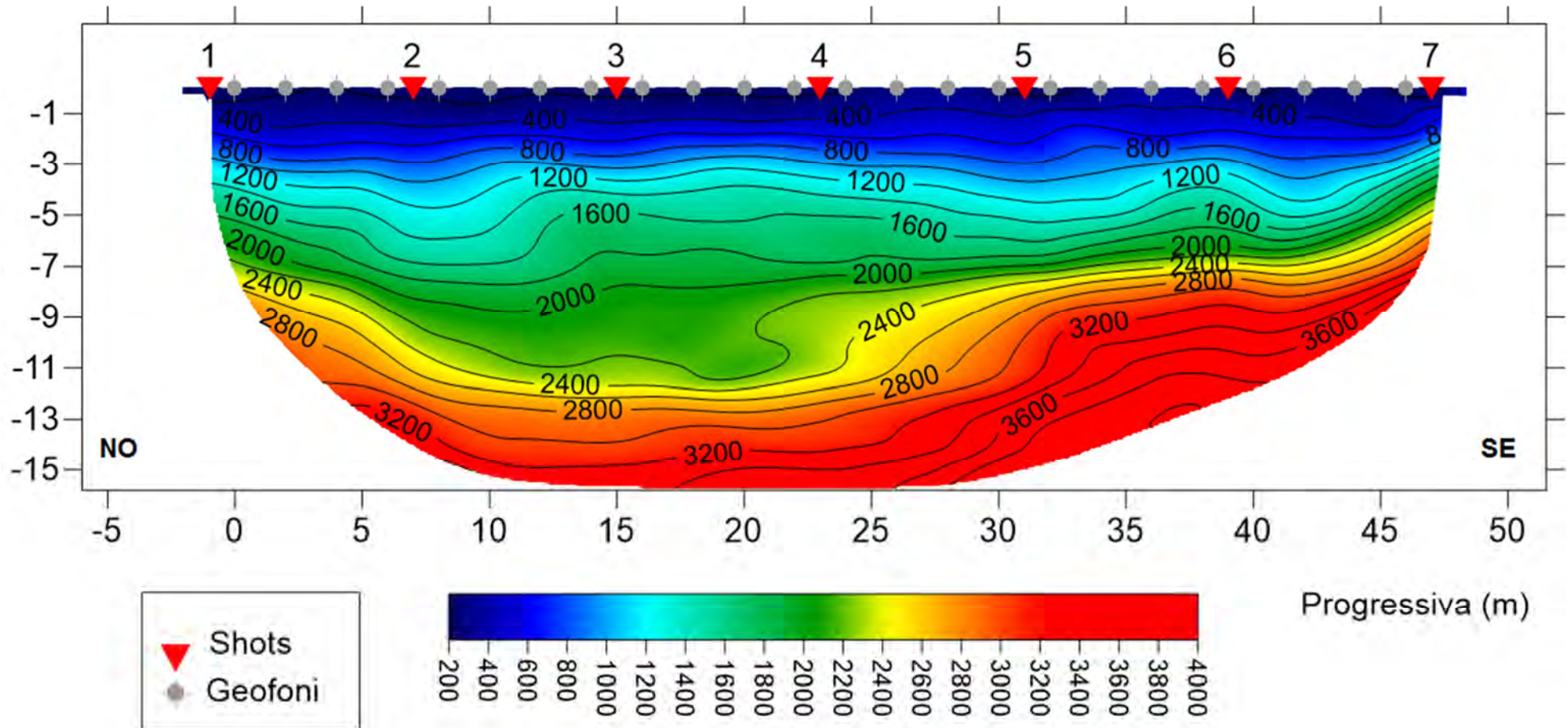


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



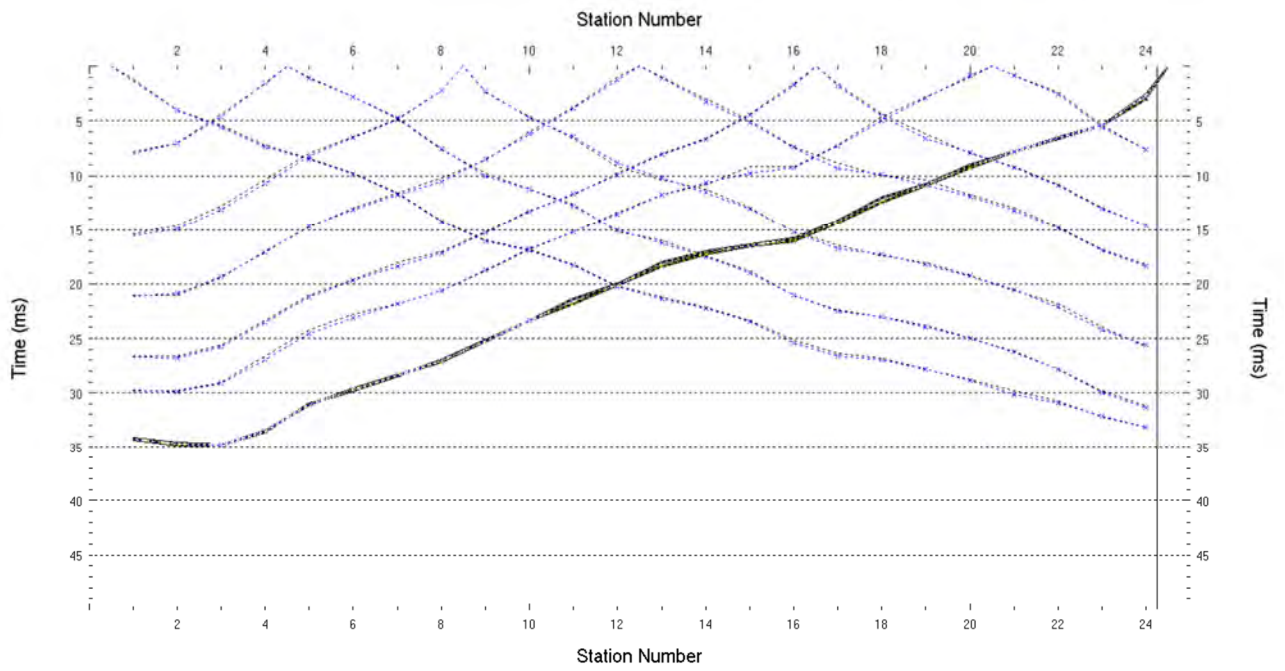
Località: Francavilla Fontana
 Data: Febbraio 2022

Sezione 3

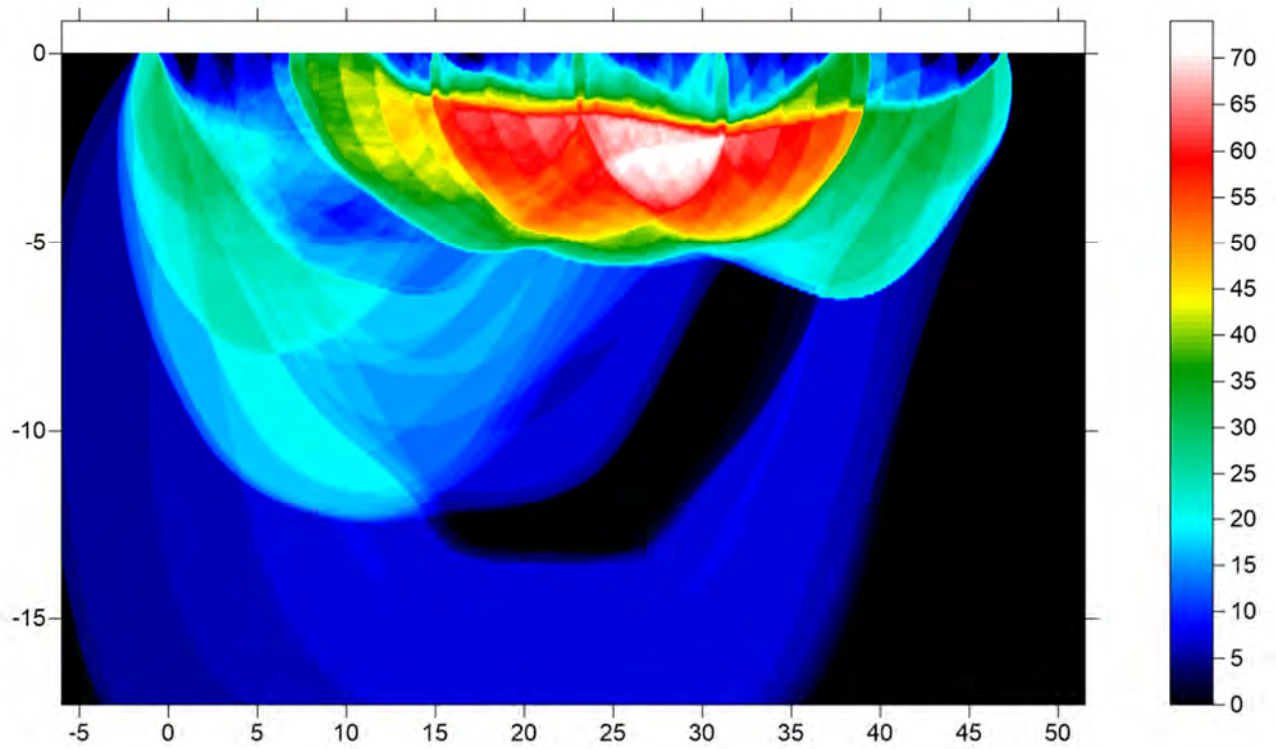


12. RIFRAZIONE 4

DROMOCRONE

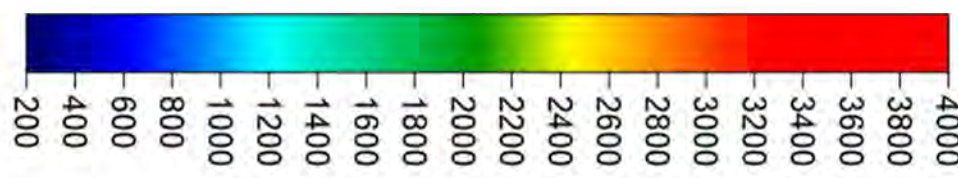
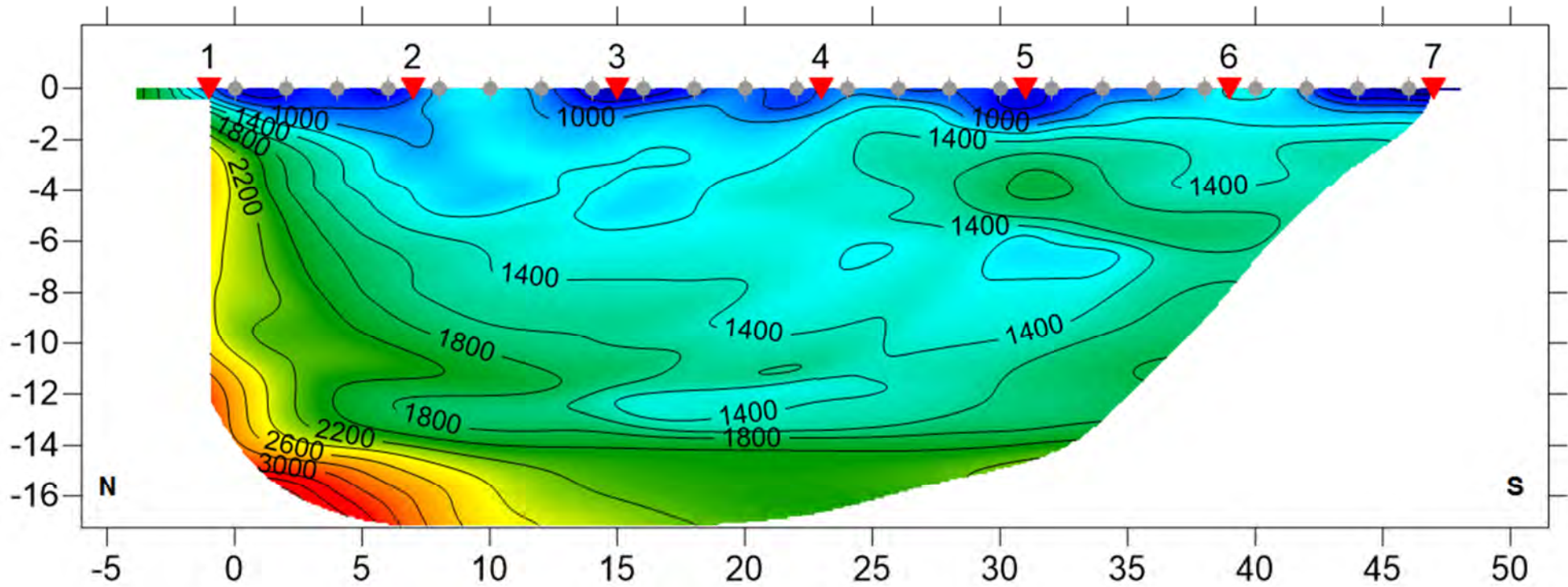


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI



Località: Francavilla Fontana
 Data: Febbraio 2022

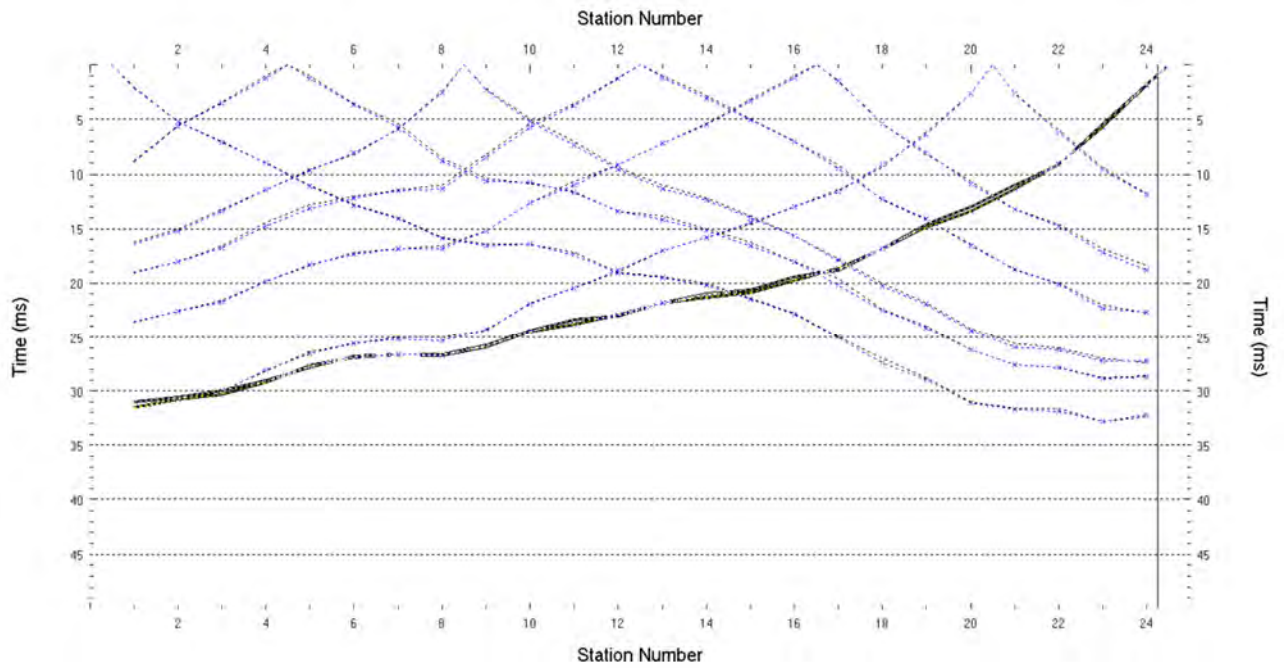
Sezione 4



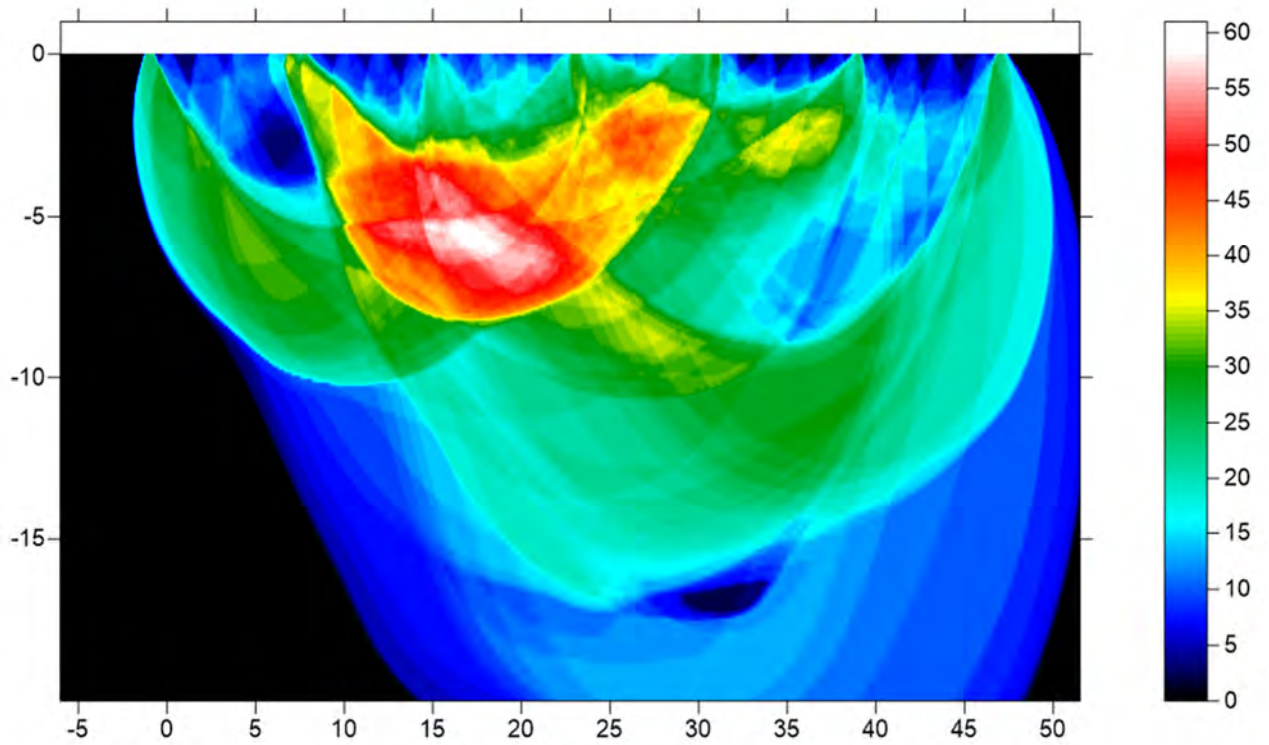
Progressiva (m)

13. RIFRAZIONE 5

DROMOCRONE

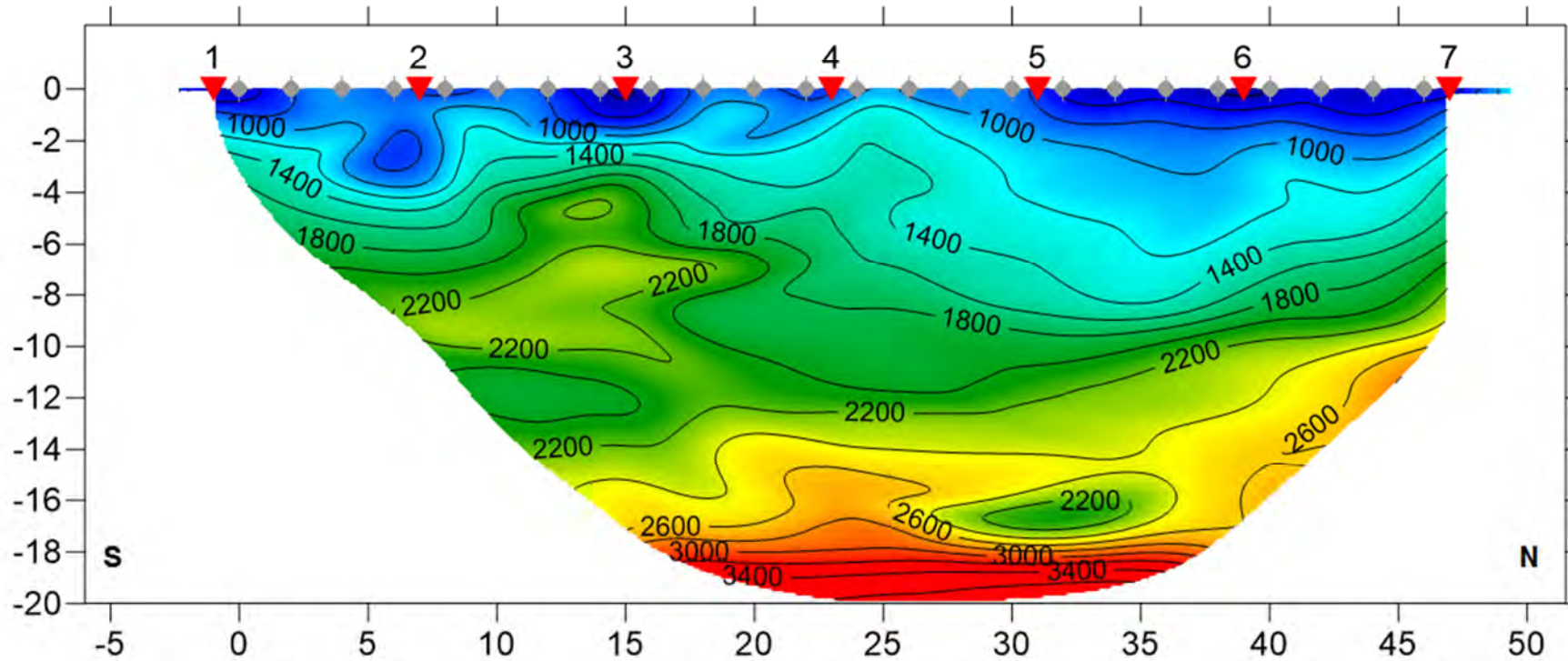


PERCORSO DEI RAGGI SISMICI

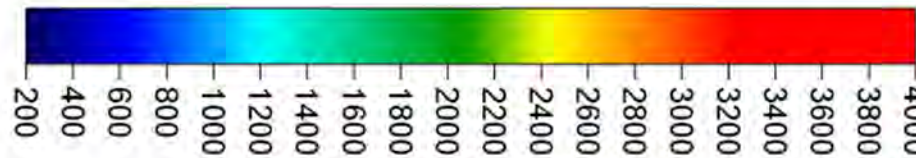


Località: Francavilla Fontana
Data: Febbraio 2022

Sezione 5



Shots
Geofoni



Progressiva (m)

GeoSGRO' di Stefano Sgrò
Via A. della, 70; 89038 Marina di Palizzi (RC)
P.IVA. 02214640803 - REA RC N. 176219

Marina di palizzi, Febbraio 2022

Il tecnico prospektore: dott. Stefano SGRO'