

Regione Siciliana



Comune di Nicosia

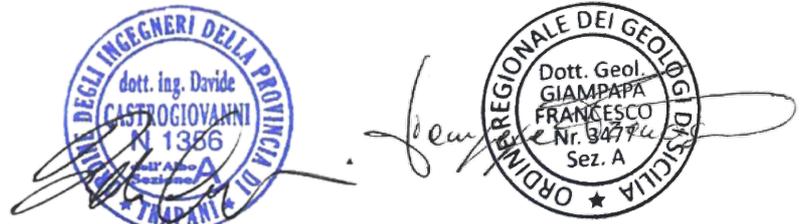
Libero Consorzio Comunale di Enna

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RETE ELETTRICA DI DISTRIBUZIONE MT CON COD. PRATICA 284329167 E 284329981, AVENTE UNA POTENZA COMPLESSIVA DC 12.992,40 kWp E UNA POTENZA COMPLESSIVA AC 11.700 kW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN) - C/DA PARRIZZO



|  |                     |   |                 |
|--|---------------------|---|-----------------|
| Elaborato:                               | RELAZIONE GEOLOGICA |   |                 |
| Relazione:                               | Redatto:            | Approvato:  | Rilasciato:     |
| REL_03                                   | F. Giampapa         | AP ENGINEERING  | AP ENGINEERING  |
|  |                     | Foglio A4   | Prima Emissione |
| Progetto:<br>IMPIANTO SALOMONE 1         | Data:<br>26/04/2022 | Committente:<br>SALOMONE 1 S.R.L.<br>Piazza Roma, 30 - Modena |                 |
| Cantiere:<br>SALOMONE 1<br>C/DA PARRIZZO |                     | Progettista:<br>  |                 |



## INDICE

|            |   |    |
|------------|---|----|
| <b>1.</b>  | <b>PREMESSA</b> .....   | 2  |
| <b>2.</b>  | <b>DESCRIZIONE DEL PROGETTO</b> .....                             | 3  |
| <b>3.</b>  | <b>INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, CARTOGRAFICO E CATASTALE</b> .....   | 6  |
| 3.1.       | Ubicazione ed accessibilità .....                                 | 6  |
| 3.3        | Inquadramento catastale.....                                      | 9  |
| <b>4.</b>  | <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE</b> .....                     | 10 |
| 4.1        | Geologia dell'area impianto.....                                  | 14 |
| <b>5.</b>  | <b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO</b> .....                         | 16 |
| 5.1        | Geomorfologia e studio plano-altimetrico dell'area impianto ..... | 17 |
| 5.2        | Pericolosità geomorfologica del sito e P.A.I.....                 | 23 |
| <b>6.</b>  | <b>CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA</b> .....            | 25 |
| 6.1        | Litostratigrafia e modello geotecnico dell'area impianto.....     | 29 |
| <b>7.</b>  | <b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO</b> .....                          | 32 |
| <b>8.</b>  | <b>INQUADRAMENTO IDROGRAFICO</b> .....                            | 34 |
| <b>9.</b>  | <b>INQUADRAMENTO SISMICO</b> .....                                | 35 |
| 9.1        | Caratteristiche sismiche.....                                     | 36 |
| 9.1.1      | <i>Vita nominale e classi d'uso delle opere</i> .....             | 36 |
| 9.1.2      | <i>Stati limiti e relative probabilità di superamento</i> .....   | 38 |
| 9.1.3      | <i>Pericolosità sismica di base</i> .....                         | 39 |
| 9.2        | Pericolosità sismica dell'area in studio .....                    | 40 |
| 9.2.1      | <i>Categoria Sottosuolo</i> .....                                 | 40 |
| 9.2.2      | <i>Categoria Topografica</i> .....                                | 41 |
| 9.2.3      | <i>Azioni sismiche di progetto</i> .....                          | 42 |
| <b>10.</b> | <b>CONCLUSIONI</b> .....  | 44 |

## 1. PREMESSA

Nella presente relazione geologica, redatta a supporto del progetto per la costruzione di un Impianto Agro-fotovoltaico della potenza DC complessiva installata di 12.992,40 kWp sito in Contrada Parrizzo nel Comune di Nicosia (EN), saranno descritte le caratteristiche geografiche, geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche generali e del sito in oggetto specifiche del settore di territorio in cui si trova il lotto d'interesse utili alla valutazione della stabilità d'insieme finalizzata a fornire i dati necessari per la progettazione delle opere relative alla realizzazione dell'impianto agro-fotovoltaico. Le suddette caratteristiche ed i dati tematici riportati sono stati ricavati da fonti bibliografiche, rilevati direttamente da portali cartografici, nonché ricavati dall'esecuzione di una campagna di indagini effettuate in situ. La caratterizzazione litostratigrafica e litotecnica dei terreni di fondazione è stata ottenuta mediante l'esecuzione di indagini geofisiche e penetrometriche eseguite dalla ditta UNIGEOS all'interno delle aree di progetto le cui relazioni, a firma del Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza e del Dott. Geol. Matteo Costantino, sono allegate al presente documento e ne costituiscono parte integrante.

Per la redazione del presente lavoro si fa riferimento al seguente quadro normativo:

- D.M. 11.03.1988 e successive modifiche ed integrazioni.
- D.M. LL.PP. del 23/09/1981 sostituito dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr 3274 del 20/03/2003 "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni di zone sismiche"; modificata e integrata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr 3316 del 02/10/2003, modificata e integrata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr 3431 del 03/05/2005.
- D.M. LL.PP. del 14/01/2008 (G.U. nr 29 del 4/02/2008) "Norme tecniche per le costruzioni" e la circolare del 02/02/2009 nr 617 istruzioni per l'applicazione delle "nuove norme tecniche per le costruzioni"
- D.M. del 17/01/2018 "Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni" e Circolare n. 7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17/01/2018".
- Sono stati consultati i documenti del P.A.I. (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) della Regione Sicilia per lo studio dell'area di progetto in relazione a quanto censito e previsto da tale strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo.

Per i riferimenti topografici ci si è avvalsi della cartografia esistente:

- Cartografia I.G.M. in scala 1:50.000, tavoletta n° 610 – Castelbuono
- Cartografia I.G.M. in scala 1:25.000, tavoletta n° 610 – II° quadrante – Castel di Lucio
- Carta Tecnica Regionale CTR, scala 1:10.000, foglio n°610160

Allegati alla presente relazione:

- Relazioni indagini geofisiche
- Relazioni indagini penetrometriche

## 2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La Società Salomone 1 S.r.l. (o “la Società”) intende realizzare nel Comune di Nicosia (EN), in Contrada Parrizzo, un impianto per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica, combinato con l’attività di coltivazione agricola e zootecnica. L’area di impianto è stata opzionata tramite la stipula di un contratto preliminare unilaterale di compravendita e patto d’opzione con il proprietario dei terreni in cui è prevista la realizzazione campo agro-fotovoltaico, in data 11/10/2021.

L’impianto avrà una potenza DC complessiva installata di 12.992,40 kWp sdoppiato in due sottoimpianti identificati tramite due codici POD diversi (*IT001E938544255 e IT001E938544191*). La Società, in data 29 novembre 2021, ha ottenuto da e-distribuzione S.p.A. la Soluzione Tecnica Minima Generale per la connessione (STMG), la STMG prevede che l’energia prodotta dall’impianto sarà immessa nella rete e-distribuzione tramite la realizzazione di due nuove cabine di consegna collegate in antenna da cabina primaria AT/MT NICOSIA. La connessione è vincolata al potenziamento della suddetta cabina primaria e alle seguenti opere RTN: rimozione della derivazione rigida SE 150 KV Castel di Lucio, inoltre, sarà necessario procedere con la progettazione del potenziamento / rifacimento della stessa linea. Tale soluzione prevede la realizzazione di un nuovo impianto di rete per la connessione, di seguito si riportano i dettagli dei lavori:

- *MONTAGGIO ELETTROMECCANICO ULTERIORE SCOMPARTO,1*
- *CAVO INTERRATO AL 185 MM2 (TERRENO), m 40*
- *MONTAGGIO ELETTROMECCANICI CON SCOMPARTO DI ARRIVO+CONSEGNA,2*
- *UP E MODULO GSM,2*

### OPERE COMUNI:

- *CAVO INTERRATO AL 185 MM2 (ASFALTO), m 14*
- *CAVO INTERRATO AL 185MM2 (TERRENO), m 49*
- *LINEA CAVO AEREO AL 150 MM2, m 2110*
- *FIBBRA OTTICA –POSA AEREA, m 2110*
- *FIBBRA OTTICA-POSA SOTTERRANEA, m 63*

A seguito del ricevimento della STMG è stato possibile definire puntualmente le opere progettuali da realizzare, che si possono così sintetizzare:

1. *Impianto agro-fotovoltaico con sistema fisso*, della potenza complessiva installata di 12.992,40 kWp, ubicato in Contrada Parrizzo, Comune di Nicosia (EN), l’impianto come prima descritto sarà diviso in due sottoimpianti aventi una potenza DC per singolo blocco di 6.496,20 kWp.
2. *n.2 Cabine Utente DG 2092* ubicate in un’area esterna al campo ma sempre nella disponibilità della Società;
3. *n.2 Cabine di consegna DG 2092 (punto di connessione)* ubicate nella stessa area dove saranno posizionate le due Cabine Utente;

4. *Dorsale di collegamento aerea*, in media tensione (20 kV), per il vettoriamento dell'energia elettrica prodotta dall'impianto alla CP di Nicosia Il percorso dell'elettrodotto si svilupperà per una lunghezza di circa 2 km.

Le opere di cui ai precedenti punti 1) e 2) costituiscono il Progetto Definitivo del Campo agro-fotovoltaico. Le opere di cui ai precedenti punti 3) e 4) costituiscono il Progetto Definitivo dell'Impianto di Rete per la connessione.

Il campo agro-fotovoltaico si svilupperà su una superficie complessiva di circa **25 Ha**; i terreni attualmente sono utilizzati come seminativi. La Società, nell'ottica di riqualificare le aree da un punto di vista agronomico e di produttività dei suoli, ha scelto di adottare la soluzione impiantistica con sistema fisso.

Con la soluzione impiantistica proposta, si tenga presente che:

- su 25 Ha di superficie totale, quella effettivamente occupata dai moduli è pari a 5,56 Ha (pari del 20%);
- la superficie occupata da altre opere di progetto (strade interne all'impianto, cabine di conversione e trasformazione, locale servizi) è di circa 1,6 Ha;
- impianto di olive da olio;
- impianto di alberi di noce per la produzione di frutta a guscio;
- Copertura permanente con leguminose da granella per la realizzazione di superfici destinate al pascolo apistico.

In fase di progettazione si è pertanto tenuto conto delle seguenti necessità:

- Realizzare una viabilità interna lungo tutto il confine del campo, avente una larghezza minima di 4 mt, in modo da rispettare una distanza minima di 15 m tra il confine stesso e le strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici;
- Installare delle strutture portamoduli che si adattano perfettamente all'orografia del terreno, in modo da evitare lavori di movimento terra;
- Realizzare delle piazzuole interne al campo di superficie adeguata per eventuale installazione di sistemi di accumulo (*storage*);
- Realizzare un oliveto specializzato per la produzione di olio extra vergine di oliva;
- Favorire il pascolo apistico;
- Installare delle arnie per la produzione di miele;
- Ridurre la superficie occupata dai moduli fotovoltaici a favore dell'area agricola, utilizzando moduli ad alta resa;
- Installare 2 colonnine di ricarica 22 kW per la ricarica di automobili e dei mezzi d'opera utilizzati per i lavori agricoli, sempre nell'ottica di massimizzare l'integrazione dell'impianto nel contesto di tutela ambientale.

Il Campo, nel dettaglio è diviso nel seguente modo:

**DATI SOTTOCAMPI**

|                          |  | Descrizione             | n. tracker | n. moduli     | Pdc ( kWp)      | Pac (kWp)       | SMA SHP – 150 kW     |
|--------------------------|--|-------------------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Sottoimpianto Salomone.1 |  | Sotto campo 1.A         | 133        | 3.591         | 2.154,60        | 1.950,00        | n.13inverter         |
|                          |  | Sotto campo 2.A         | 134        | 3.618         | 2.170,80        | 1.950,00        | n.13 inverter        |
|                          |  | Sotto campo 3.A         | 134        | 3.618         | 2.170,80        | 1.950,00        | n.13 inverter        |
|                          |  | <b>Totale sezione 1</b> | <b>401</b> | <b>10.827</b> | <b>6.496,20</b> | <b>5.850,00</b> | <b>n.39 inverter</b> |

|                          |  |                         |            |               |                 |                 |                      |
|--------------------------|--|-------------------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Sottoimpianto Salomone.2 |  | Sotto campo 1.B         | 133        | 3.591         | 2.154,60        | 1.950,00        | n.13 inverter        |
|                          |  | Sotto campo 2.B         | 134        | 3.618         | 2.170,80        | 1.950,00        | n.13inverter         |
|                          |  | Sotto campo 3.B         | 134        | 3.618         | 2.170,80        | 1.950,00        | n.13inverter         |
|                          |  | <b>Totale sezione 2</b> | <b>401</b> | <b>10.827</b> | <b>6.496,20</b> | <b>5.850,00</b> | <b>n.39 inverter</b> |

|  |               |            |               |                  |                  |                      |
|--|---------------|------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|
|  | <b>Totale</b> | <b>802</b> | <b>21.654</b> | <b>12.992,40</b> | <b>11.700,00</b> | <b>n.78 inverter</b> |
|--|---------------|------------|---------------|------------------|------------------|----------------------|

Ogni stringa è composta da 27 moduli, per un totale di 21.654 moduli. I moduli previsti di tipo monocristallino, hanno una potenza nominale di 600 Wp, con un'efficienza di conversione del 21,20%. Le strutture di sostegno dei moduli saranno disposte in file parallele con asse in direzione Est-Ovest, con un angolo di tilt di 30° ed una distanza di interasse pari a 7.3 m.

Le informazioni contenute in questo capitolo fanno riferimento a quanto contenuto nella Relazione Tecnica Generale di progetto (Rel. 01) alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.



Figura 1 – Layout impianto agro-fotovoltaico

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 5 | 46

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, CARTOGRAFICO E CATASTALE

#### 3.1. Ubicazione ed accessibilità

L'area in cui è prevista la realizzazione del campo agro-fotovoltaico è ubicata interamente nel Comune di Nicosia (Provincia di Enna), in Contrada Parrizzo, in un'area tendenzialmente collinare avente una quota media di circa 745 mt s.l.m.

L'accessibilità all'area è consentita attraverso una strada comunale che si innesta sulla SS 120 la quale si sviluppa a sud dell'area di progetto. I punti di accesso all'impianto, invece, sono distribuiti lungo il perimetro mediante nr. 4 passi carrai posizionati lungo stradine private che costeggiano e tagliano le aree di progetto.

Il baricentro dell'impianto è individuato dalle seguenti coordinate:

|                                | Latitudine       | Longitudine      | H media (s.l.m.) |
|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| <b>Parco Agro-Fotovoltaico</b> | 37° 48' 19.05" N | 14° 18' 13.97" E | 745 mt           |

Tabella 1 – Coordinate assolute



Figura 2 – Ubicazione area di impianto dal satellite

### 3.2 Inquadramento cartografico

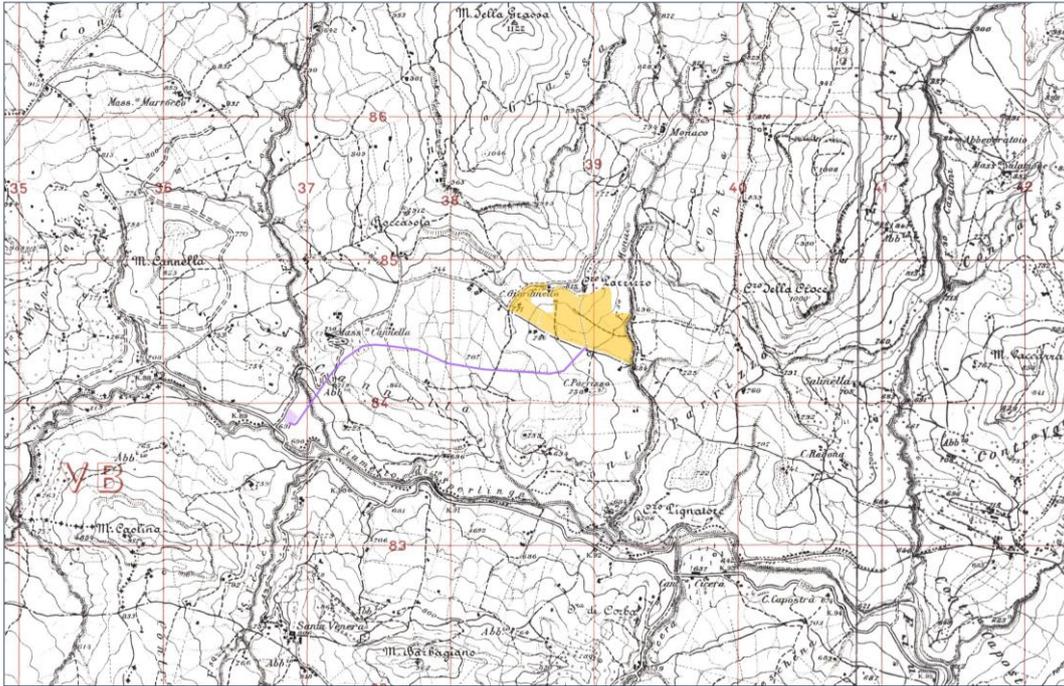


Figura 3 – Inquadramento del sito. IGM Tavoleta 610 II quadrante – Castel di Lucio. Scala 1:25.000 (fuori scala)

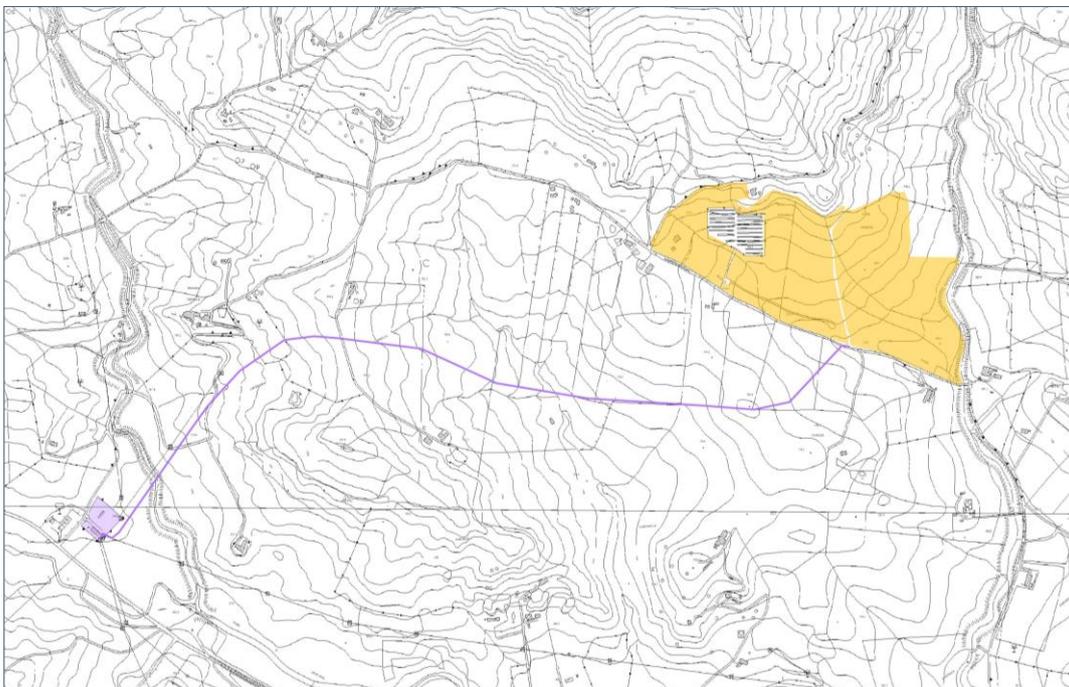


Figura 4 – Inquadramento del sito. Carta Tecnica Regionale 1:10.000 n.610160 (fuori scala)



Figura 5 – Inquadramento dell'area su ortofoto

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 8 | 46

### 3.3 Inquadramento catastale

Così come riportato nella Relazione Tecnica Generale, gli estremi catastali dei terreni dove sarà realizzato quanto in progetto sono riassunti nella tabella seguente e ricadono tutti nel Comune di Nicosia.

| FOGLIO 15 |         |                    |  |
|-----------|---------|--------------------|--|
| Foglio    | Mappale | Qualità            | Superficie Ha  |
| 15        | 20      | Seminativo pascolo | 17.00.00<br>01.19.90<br>(superficie opzionata 12.47.07.) |
| 15        | 202     | Seminativo pascolo | 08.41.77<br>02.90.49                                     |
| 15        | 207     | Seminativo pascolo | 00.93.43<br>00.31.14                                     |
| 15        | 194     | Ente urbano        | 00.00.79   |
| 15        | 195     | Ente urbano        | 00.02.42   |

Pertanto, la superficie totale del terreno in cui è prevista la realizzazione del campo agrofotovoltaico è pari a 25 Ha, 07 are, 11 centiare.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Nel Mediterraneo centro-occidentale, la Sicilia costituisce un segmento di catena che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, collega le Maghrebidi africane con la Calabria e gli Appennini e si estende dalla Sardegna fino alla piattaforma pelagiana.

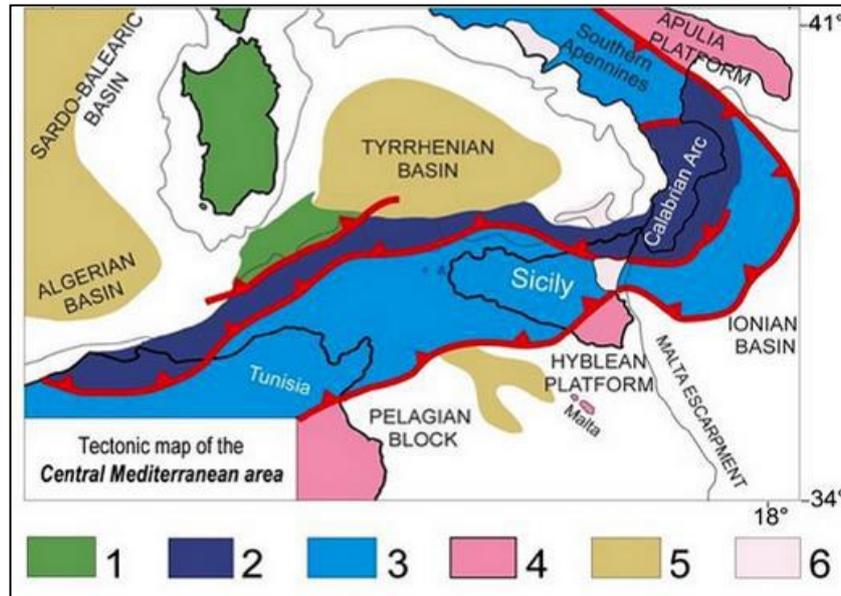


Figura 6 - Schema tettonico del Mediterraneo centrale 1) Corsica-Sardegna; 2) Arco Kabilo-Peloritano-Calabro; 3) Unità Appenninico-Maghrebidi e dell'avampaese deformato; 4) avampaese ed avampaese poco deformato; 5) aree in estensione; 6) vulcaniti plio-quadernarie

Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono dovuti alla subduzione della crosta adriatico-ionica. In questo quadro la collisione del blocco sardo-corso con il margine continentale africano (Bellon et alii, 1977; Channell et alii, 1979; Dercourt et alii, 1986) è considerata comunemente come la causa primaria per la gran parte della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana (Catalano et alii, 1996). Dal Miocene superiore, con la fine della rotazione del blocco sardo-corso, parte dell'orogene alpinoappenninico venne interessato da processi distensivi, associati con il progressivo arretramento del piano di subduzione, immergente verso NO, della placca adriatico-ionica al di sotto della Calabria, responsabili della formazione ed evoluzione del bacino tirrenico meridionale (Rehault et alii, 1987; Malinverno & Ryan, 1986; Faccenna et alii, 1996; Gueguen et alii, 1998). Il complesso collisionale della Sicilia e del suo prolungamento offshore è caratterizzato da tre elementi tettonici principali:

a) un'area di avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale e nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca. La successione sedimentaria autoctona ricopre un basamento cristallino africano ed è costituita da circa 7 km di carbonati di piattaforma e di scarpata-bacino del Triassico, di carbonati pelagici del Giurassico-Eocene e di depositi clastici di piattaforma aperta del Terziario (Patacca et alii, 1979; Catalano & D'Argenio, 1982; Bianchi et alii, 1989; Antonelli et alii, 1991);

b) un'avanfossa recente, localizzata nell'offshore meridionale della Sicilia (Bacino di Gela) e nella regione iblea lungo il margine settentrionale dell'avampaese dove è in parte sepolta dal fronte della catena;

c) una catena complessa, vergente verso SSE, spessa a luoghi più di 15 km, costituita (dall'interno verso l'esterno) da un elemento "europeo" (Unità Peloritane), un elemento "tetideo" (Unità Sicilidi) ed un elemento "africano" (Unità Appenninico-Maghrebidi). Le unità più interne disposte nell'offshore settentrionale dell'Isola sono generalmente collassate verso nord in relazione all'apertura del Tirreno centro-meridionale (Rehault et alii, 1987).

Recenti lavori, supportati da numerosi profili sismici a riflessione (Catalano et alii, 1998 c, 2000 a; Bello et alii, 2000), descrivono la catena siciliana come il risultato della sovrapposizione, da occidente ad oriente, di unità tettoniche pellicolari (risultanti dalla deformazione degli originari domini meso-cenozoici sicilide, imerese e sicano) su un cuneo, spesso 6-7 km, di thrusts derivanti dalla deformazione di un originario dominio di piattaforma carbonatica (trapanese, saccense, panormide). L'insieme così strutturato poggia, a sua volta, sull'avampaese non deformato che affiora nel Plateau ibleo e si continua nel Canale di Sicilia (ibleo-pelagiano).

Essi sono caratterizzati da spessori crostali oscillanti tra 25-30 km e sono separati dalla vasta area a crosta oceanica del Bacino Ionio (Finetti, 1982). Le due aree a crosta continentale si flettono al di sotto delle unità alloctone della catena e si collegano in profondità ad un sistema a thrust, in gran parte sepolto (Sistema a Thrust Esterno. Lentini et alii, 1990), denominato "Sistema a Thrust Apulo" in Appennino meridionale e "Sistema a Thrust Siculo-Pelagiano" in Sicilia (Finetti et alii, 2005).

L'Avampaese Pelagiano (Buroillet et alii, 1978) costituisce il settore indeformato del Blocco Pelagiano: esso si estende dal Sahel tunisino e prosegue sommerso nelle aree del Canale di Sicilia con emergenza in corrispondenza delle isole di Lampedusa e di Malta, e in Sicilia sud-orientale nei Monti Iblei. Lungo la fascia settentrionale il sottoscorrimento dell'Altopiano Ibleo sotto il margine della catena avviene mediante sistemi di faglie ad andamento NE-SO (sistema Scordia-Lentini); il margine occidentale è interessato da un complesso sistema in cui si intersecano direttrici NS o NNE-SSO (linea di Scicli-Fiume Irminio) con direttrici NE-SO (sistema di Comiso-Chiaramonte); verso Est l'Altopiano Ibleo, è interessato dalla Scarpata Ibleo-Maltese, generata da un importante sistema di faglie distensive a gradinata NNO-SSE, che delimitano la piana abissale ionica.

Per il Bacino idrografico del Fiume Simeto (094) sono state riconosciute otto differenti zone geologico- strutturali, ognuna delle quali con geometrie complesse. La porzione di nostro interesse rientra nella zona "Fronte meridionale della catena settentrionale Appenninico- maghrebide", caratterizzato dagli affioramenti dei Flysch di età meso-cenozoici depositatisi in corrispondenza dei bacini sinorogenici. Si riconoscono sequenze a prevalenza argillosa, arenacea, calcarea e/o siltitica con rapporti giacitureali molto complessi tra le numerose "scaglie tettoniche"; i fronti di accavallamento hanno vergenza generalmente meridionale e assi strutturali ONO-ESE, come evidenziato dagli assi idrografici principali del Fiume di Troina, Fiume di sotto Troina, Torrente

Cutò e Fiume di Sperlinga. Quest'ultimo individua il limite meridionale della zona che ad oriente è delimitata dal complesso vulcanico del Monte Etna.

Di seguito verrà descritta la sequenza litostratigrafica delle formazioni riscontrate dai termini più recenti a quelli più antichi affioranti nell'intorno all'area oggetto di studio.

Per descrivere le litologie presenti nell'area verrà adoperata la stessa nomenclatura riportata nella Carta Geologica d'Italia Foglio 610 "Castelbuono".

### **DEPOSITI QUATERNARI – Pleistocene med. - Olocene**

#### ➤ **DEPOSITO DI FRANA**

Caratterizzato da accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici, in matrice da argillosa a sabbiosa, localmente a grossi blocchi, a luoghi stabilizzati o senza indizi di evoluzione in atto.

*OLOCENE*

#### ➤ **CONGLOMERATI DI COZZO PRANGI (ZPG)**

Conglomerati a breccie in matrice sabbioso limona brunastra, con elementi in prevalenza carbonatici subarrotondati e quarzarenitici spigolosi. Limite inferiore discordante ed erosivo su TRV3, GS e TRB. Spessore 150-200 mt ambiente transizionale- marino prossimale.

*PLEISTOCENE*

### **UNITA' DELLA CATENA APPENNINICO MAGHREBIDE – Messiniano sup- Miocene inf.**

#### **GRUPPO GESSOSO SOLFIFERA (GS)**

#### ➤ **FORMAZIONE DI PASQUASIA (GPQ)**

MEMBRO fanglomerati (GPQ4). Conglomerati poligenici a supporto di matrice sabbiosa bruna o giallastra, a clasti quarzarenitici spigolosi e carbonatici mesozoici subsferici. Limite inferiore discordante ed erosivo su SV, FYN4, GTL1, GPQ1. Spessore tra 50 e 150 m. ambiente deltizio.

MEMBRO Gessarenitico (GPQ1). Gessi microcristallini laminati e gessi massivi in grossi cristalli geminati e marne, in strati e banchi fino a 3 m, separati da sottili giunti pelitici, alternati a gessoclastiti. Limite inferiore discordante su AV, FYN4, TRV3 e GTL1. Spessore fino a 100 m. ambiente evaporitico con risedimenti clastici.

*MESSINIANO SUP.*

#### ➤ **FORMAZIONE DI CATTOLICA (GTL)**

MEMBRO CALCARE DI BASE(GTL1). Calcari cristallini grigio- giallastri, calcari dolomitici e dolomie vacuolari o brecciati, stratificati in banchi fino a 2 m, separati da giunti pelitici medio- sottili con livelli di calcilutiti grigie laminate. Limite inferiore discordante su AV, TRV3 e BAU. Spessore 20- 50 m, ambiente evaporitico.

*MESSINIANO SUP.*

### **DEPOSITI DEL MIOCENE MEDIO – MESSINIANO INFERIORE**

➤ **FORMAZIONE TERRAVECCHIA** costituita da tre membri eteropici:

MEMBRO PELITICO ARGILLOSO (TRV3). Peliti ed argille sabbiose grigiastre e azzurre, argille siltose e siltiti laminate, marne grigio- verdastre, e lenti di sabbie giallastre (TRV3). Ricco contenuto faunistico costituito da: lamellibranchi, ostracodi, foraminiferi bentonici. Tra i foraminiferi planctonici: Globigerina spp., Orbulina universa, Neogloboquadrina acostensis, ecc, indicativi del Tortoniano sup. spessori fino a 150 m.

MEMBRO SABBIOSO (TRV2). Sabbie e arenarie quarzose o calciclastiche giallastre e grigie a grana media e grossa, talora micacee, gradate, a laminazione incrociata e obliqua, in strati e banchi di vario spessore. Locali sottili livelli arenitici con abbondanti frammenti di molluschi e di gasteropodi indeterminabili. Spessore tra 10 e 50 m.

MEMBRO CONGLOMERATICO (TRV1). Conglomerati polimictici rossi, grigi e giallastri, in matrice sabbiosa e/o argillosa, alternati a sabbie ciottolose, in strati e banchi superiori a 20 m per amalgamazione; lenti di sabbie a grana media e grossa, gradate, a laminazione parallela e obliqua, e rari strati argilloso-sabbiosi laminati. Spessore tra 25 e 70 m. limite inferiore della formazione discordante Su AV, POZ e FYN4. Spessore complessivo tra 180 e 270 m. Ambiente da fluvio- deltizio a piattaforma costiera/scarpatata. TORTONIANO SUP- MESSINIANO INF.

### **UNITA' TETTONICA DI NICOSIA - Cretacico sup. - Miocene inf.**

➤ **FLYSCH NUMIDICO (FYN)**

membro Nicosia (FYN<sub>4</sub>) argille brune silicifere, argilliti rosse a Tubotomaculum in intervalli da metrici a decametrici, con lenti di areniti silicoclastiche gialle o bianco-grigiastre in strati da spessi a megastrati (5-7 metri) per amalgamazione (FYN<sub>4-3</sub>). Spessore circa 200 m. Ambiente bacinale con depositi da flussi gravitativi.

*MIOCENE INFERIORE*

➤ **FORMAZIONE POLIZZI**

Alternanza di calcilutiti e calcisiltiti biancastre, in lamine a strati sottili, talora con liste e noduli di selce, marne bianche con intercalazioni e lenti di biocaliclastiti mal classate a macroforaminiferi (nummuliti, alveolinidi, discocicliidi) e foraminiferi planctonici dell'Eocene superiore quali Turborotalia cerroazulensis. Limite inferiore non affiorante. Spessore massimo 100m. Ambiente pelagico e di scarpata.

*EOCENE SUPERIORE- OLIGOCENE INFERIORE*

➤ **GRUPPO DELLE ARGILLE VARIEGATE**

Alternanza caotica di argille fossili o scagliettate e marne variocolori, sottili livelli di calcilutiti, intercalazioni di arenarie quarzose, diaspri, lenti di calcareniti, brecciole a macroforaminiferi risedimentati, sporadici lembi o blocchi di rocce diabasiche e "scisti bituminosi". Limite inferiore non affiorante o tettonico. Spessore fino a 150 metri. Ambiente di piana batiale sottoalimentata.

*CRETACICO SUP- OLIGOCENE INF.*

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 13 | 46

## 4.1 Geologia dell'area impianto

L'area oggetto di studio rientra nella Carta Geologica d'Italia al Foglio nr. 610 "Castelbuono" del progetto CARG dell'ISPRA in scala 1:50.000. Tale supporto cartografico è stato utilizzato come punto base per l'elaborazione di una carta geologica dell'area di progetto in scala 1:10.000 (vedi Tav. B.1.22 - Carta geologica).

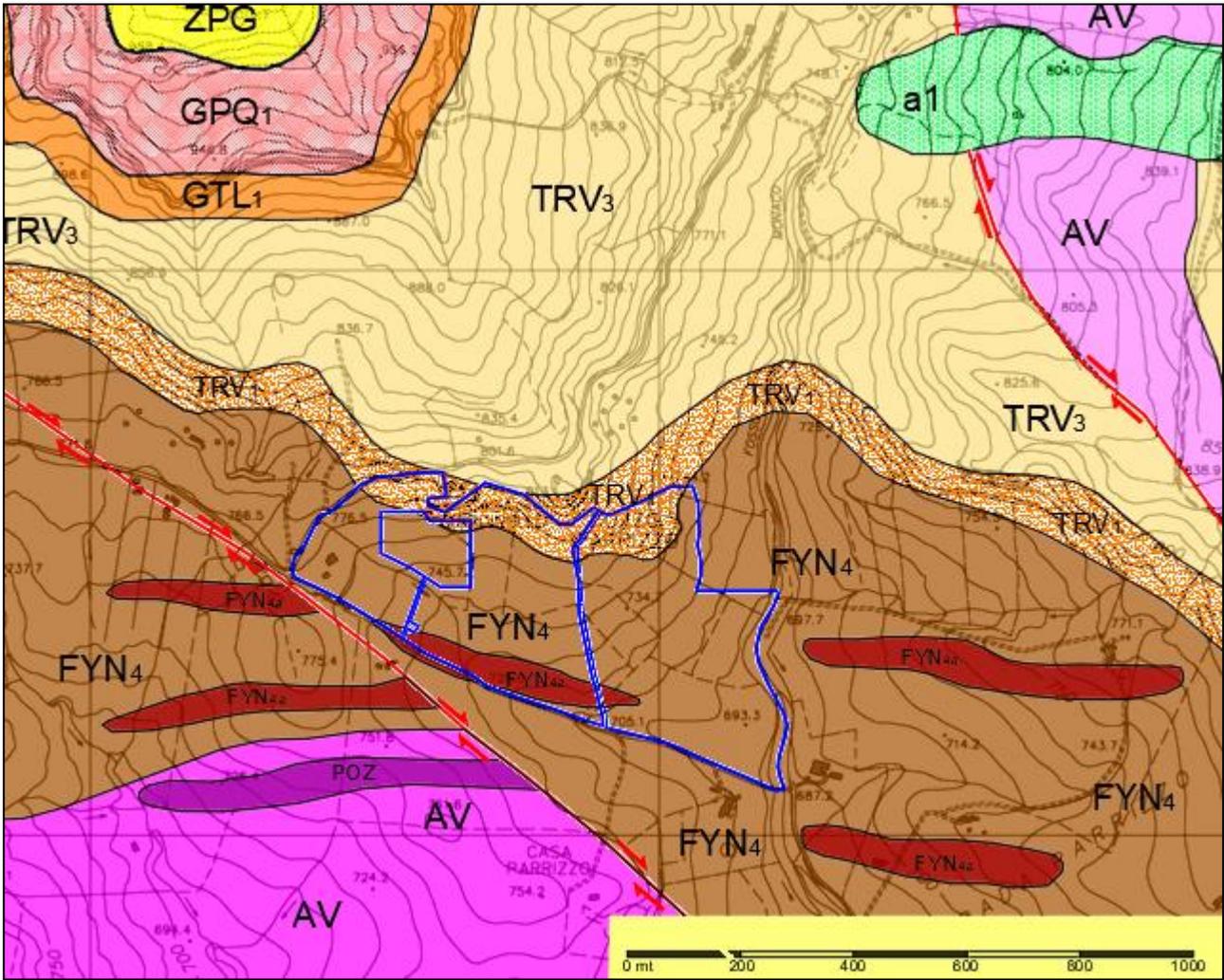
Nel quadro geologico di dettaglio risulta che i lotti interessati dal progetto ricadono quasi interamente sulle litologie afferenti al *Flysch Numidico (FYN 4 - membro di Nicosia)* costituito da argille brune silicifere, argilliti rosse in intervalli da metrici a decametrici. Si ritrovano anche, in prevalenza nella parte centro meridionale del sito, affioramenti di lenti di areniti silicoclastiche gialle. I terreni del *Flysch Numidico* possono raggiungere i 200 mt di spessore e l'età è Miocene inferiore. I terreni con carattere di tipo plastico, conferiscono all'area un aspetto morfologico dolce di tipo collinare con aree in contropendenza probabilmente rappresentative di paleofrane.

La natura litologica delle argille del *Flysch Numidico* che caratterizzano l'area in studio, laddove si riscontrano elevate pendenze ed in conseguenza a forti precipitazioni atmosferiche, possono essere soggetti a fenomeni erosivi dovuti al ruscellamento diffuso e potrebbero anche innescarsi fenomeni di instabilità e di dissesto limitati alla porzione superficiale di terreno.

La parte settentrionale dell'area di progetto, che risulta essere caratterizzata dalle quote topografiche più alte e morfologicamente presenta rilievi collinari più aspri con bordi di scarpata ripidi, è invece interessata dai terreni del membro conglomeratico della *Formazione Terravecchia (TRV1)* costituito da conglomerati polimictici in matrice sabbiosa-argillosa. Lo spessore complessivo di tale formazione è stimato tra i 180 e 270 mt. L'età è Tortoniano superiore – Messiniano inferiore.

Nella zona meridionale dell'area di progetto, ma ubicata esternamente ad essa, è presente una faglia con componente trascorrente destra avente direzione circa NNW-SSE che interessa i depositi del *Flysch Numidico* e li mette a contatto con i terreni del *gruppo delle argille variegata (AV)* del Cretacico sup – Oligocene Inf. Un'altra faglia trascorrente destra è presente nella zona NE esterna all'area dell'impianto e mette a contatto i terreni del gruppo delle *argille variegata (AV)* con il *membro pelitico-argilloso della Formazione Terravecchia (TRV3)*. Un tratto di quest'ultima faglia viene ricoperta successivamente dai *depositi di frana dell'Olocene*.

Nella zona NW della carta geologica, al di sopra del *membro pelitico-argilloso della Formazione Terravecchia (TRV3)* vi si ritrovano in ordine di deposizione i calcari della *Formazione di Cattolica (GTL1)*, sovrastati dai gessi della *Formazione di Pasquasia (GPQ1)* ed in ultimo affiorano i *Conglomerati di Cozzo Prangi (ZPG)*.



| LEGENDA  |  |
|--|--|
| DEPOSITI QUATERNARI<br>DEPOSITI CONTINENTALI E TRANSIZIONALI           |  |
|  | <b>DEPOSITO DI FRANA</b><br>accumulati generati da eventi di natura idrogeologica. In matrici di argilla e sabbia, localmente a grossi blocchi, a luoghi stabilizzati o senza tendenza ad evoluzioni in atto.  |
| <b>OLOCENE</b>   |  |
|  | <b>CONGLOMERATI DI COZZO PRANGI (ZPG)</b><br>Conglomerati a breccie in matrici sabbiose finemente bruciate, con elementi in prevalenza carbonatici calcareo-arenacei e quarzacei argillosi. Limite inferiore discordante ed erosivo su TRV3, G1 e TR6. Spessore 150-200 m, ambiente transizionale-marino prossimale.   |
| <b>PLEISTOCENE</b>   |  |
| UNITA' DELLA CATENA APPENNINICO-MAGHREBIDE<br>GRUPPO GESSOSO-SOLFIFERA |  |
|  | <b>FORMAZIONE DI PASQUASIA (Membro Gessarensis)</b><br>Gessi micostriatificati lamellari e gessi massivi in grossi cristalli gessosi e marini, in strati e banchi fino a 3 m, separati da sottili argille, alternati a grossi noduli. Limite inferiore discordante su AV, FYN4, TRV3 e G1. Spessore fino a 100 m, ambiente evaporitico con risorgenti idriche.       |
| <b>MESSINIANO SUP.</b>   |  |
|  | <b>FORMAZIONE DI CATTOLICA (Membro Caltone all'isola)</b><br>Cattari calcareo-grigi-giallastri, calcari dolomitici e dolomie vascolari o lenticolari, stratificati in banchi fino a 2 m, separati da gessi argillosi medio sottili con livelli di calcilugli grigi lamellari. Limite inferiore discordante su AV, TRV3 e G1. Spessore 20-50 m, ambiente evaporitico. |
| <b>MESSINIANO SUP.</b>   |  |

| DEPOSITI DEL MIOCENE MEDIO-MESSINIANO INFERIORE |  |
|---|--|
|   | <b>FORMAZIONE TERRAVECCHIA</b><br>Formazione detritica costituita da membri eromati:<br>• <b>Membro pelitico-argilloso (TRV3)</b><br>Peliti ed argille sabbiose grigie e azzurre, argille siltose e silti laminate, matrici grigio-verdastre, e lenti di sabbie giallastre. Ricco contenuto faunistico costituito da: lamelli brachiopodi, ostracodi, foraminiferi bentonici. Tra i foraminiferi planicostici: Globigerina spp., Orbitulina univerrva, Neogloboquadrina acostrensis, ecc., indicativi del Tortoniano sup., spessore fino a 100 m.<br>• <b>Membro conglomeratico (TRV3)</b><br>Conglomerati polimitici rosei, grigi e giallastri, in matrici sabbiose e/o argillose, alternati a sabbie calcaree, in strati e banchi superiori a 20 m per amalgamazione; lenti di sabbie a grana media e grossa, gradata, a laminazione parallela e obliqua, e rari strati argillo-sabbiosi lamellari. Spessore tra 25 e 70 m. Limite inferiore della formazione discordante su AV, POZ e TR6. Spessore complessivo tra 180 e 220 m. Ambiente di fluvio o deltico a piattaforma costiera/terrapata. |
| <b>TORTONIANO SUP. - MESSINIANO INF.</b>        |  |
| UNITA' TETTONICA DI NICOSIA                     |  |
|   | <b>FLYSCH NUMIDICO (Membro Nicosia)</b><br>• <b>FYN4</b><br>argille bruno-silicee, argille rosse a Tubostomaculum in intervalli da metri a decimetri<br>• <b>FYN4a</b><br>con lenti di areniti siliceo-arenose gialle e bianco-grigie in strati da spessi a magri (5-7 m) per amalgamazione<br>Spessore entro 200 m. Ambiente lacustre con depositi di flussi gravitativi.   |
| <b>MIOCENE INFERIORE</b>                        |  |

|  |  |
|--|--|
|  | <b>FORMAZIONE POLIZZI</b><br>Alternanza di calcilugli e calcilugli biancastri, in amine a strati sottili, talora con litte e noduli di selce, marne bianche con intercalazioni e lenti di biocalcarei di mol classe e macroforaminiferi (Furberella, Alveolites, Discosites) e foraminiferi planicostici dell'Eocene superiore quali Turborotalia carrauensis. Limite inferiore non affiorante. Spessore massimo 100m. Ambiente paludoso ed evaporitico.       |
| <b>Eocene INF. - OLIGOCENE INF.</b>    |  |
|  | <b>GRUPPO DELE ARGILLE VARIEGATE</b><br>Alternanza caotica di argille fossilifere e scagliettate e marne varicolori, sottili livelli di calcilugli, intercalazioni di arenarie quarose, diaconi, lenti di calcareniti, breccie e macroforaminiferi riciclati, sponditici, sponditici lenti o banchi di rocce diabasiche e "sodi bruni rossi". Limite inferiore non affiorante o tettonico. Spessore fino a 150 metri. Ambiente di piana batiale sottomarinata. |
| <b>CRETACICO SUP. - OLIGOCENE INF.</b> |  |
|  | Faglia trascorrente  |
|  | Limite stratigrafico   |
|  | Area impianto  |

Figura 7 – Carta Geologica area impianto

## 5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dall'analisi della cartografia tematica del Piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico della Regione Sicilia (P.A.I.) si evince che il sito oggetto di studio rientra nell'area territoriale del Bacino idrografico del Fiume Simeto (Bacino n.094) il quale, anche per la sua vasta estensione, presenta una morfologia del territorio abbastanza varia, modificata durante la complessa storia geostutturale della Sicilia, generando così le vaste variazioni litologiche e la mancanza di uniformità morfologica.

L'area in esame si trova nella fascia di media collina, di raccordo tra i rilievi montuosi dei Monti Nebrodi a nord e dei Monti Erei a sud dove la morfogenesi selettiva ha portato, infatti, allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei settori di affioramento di termini litologici prevalentemente pelitici, caratterizzati quindi da solchi e pendii poco acclivi, con medi bruschi stacchi morfologici in corrispondenza del cambio litologico coi termini lapidei.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal Fiume Salso, affluente in sinistra idrografica del più importante Fiume Simeto. I tributari minori sono invece rappresentati da torrenti a breve corso, caratterizzati da evidenti fenomeni erosivi e modeste coperture alluvionali. In generale, si tratta di corsi a regime torrentizio, con discreto potere erosivo e di trasporto solido soprattutto nei periodi di piena ed in particolare l'area in esame è interessata, nelle immediate vicinanze, dal fiume Sperlinga e dai suoi affluenti. Nello specifico è possibile osservare la presenza del fosso Monaco presente al confine orientale dell'area di progetto e rappresenta un affluente del fiume Sperlinga.

I fenomeni gravitativi di versante, nell'attuale contesto morfo-climatico, rappresentano un fattore morfoevolutivo di particolare importanza, in quanto fortemente influenti sul modellamento dei rilievi e sull'evoluzione geomorfologica del territorio in esame. Nello specifico, essi risultano particolarmente diffusi, in corrispondenza dei rilievi meridionali dei Monti Nebrodi dove affiorano i litotipi flyschoidi e pelitici delle successioni marine del substrato.

Prevalentemente i dissesti presenti nell'areale di progetto sono riconducibili sia a movimenti franosi s.s. che a fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso). Si tratta, in buona sostanza, di fenomeni poco estesi e di limitato spessore, che coinvolgono principalmente le coltri di copertura eluvio colluviali o le porzioni più superficiali ed alterate del substrato locale.

Dal punto di vista geomorfologico, la zona presenta una sensibilità a scala media e piccola per l'estrema variabilità litologica. Si determinano, infatti, alternanze di paesaggi collinari e di morfologie aspre con dislivelli e pendenze anche molto elevati. Da ciò ne deriva un'alta propensione al dissesto e un'elevata sensibilità all'erosione diffusa e concentrata, ove vi è minor vegetazione ed in quelle aree in cui l'uso del suolo è estensivo.

## 5.1 Geomorfologia e studio plano-altimetrico dell'area impianto

L'analisi geomorfologica di dettaglio dell'area dell'impianto è stata sviluppata tramite la realizzazione di uno studio plano-altimetrico utilizzando software che analizzano gli aspetti topografici del territorio basandosi su rilievi satellitari. Per ulteriori dettagli si rimanda alla tavola di progetto B.2.1 e B.2.2.

In particolare sono state ricavate le seguenti carte relative all'area dell'impianto:

- ✓ Carta stato di fatto
- ✓ Carta delle curve di livello (equidistanza 2,00 mt)
- ✓ Carta delle analisi quote altimetriche
- ✓ Carta delle analisi pendenze

### Carta stato di fatto

L'area di progetto allo stato di fatto si presenta priva di dissesti gravitativi in atto.

La morfologia dell'area mostra aree in contropendenza da attribuire probabilmente a paleofrane superficiali ad oggi inattive le quali allo stato di fatto non mostrano evidenze di attività recenti.

Il ruscellamento diffuso delle acque meteoriche innesca fenomeni erosivi ed inoltre potrebbe anche innescare, nelle zone con pendenze elevate, dissesti gravitativi superficiali quindi è necessario in fase di progettazione esecutiva prevedere opere di regimazione delle acque meteoriche.

All'interno dell'area di progetto si sviluppa una linea d'impluvio che parte dalla zona nord occidentale e si sviluppa lungo la fascia meridionale dell'area in studio fino a sfociare nel Torrente Fosso Monaco che interessa la parte orientale dell'area. Tale impluvio funge da collettore principale di raccolta delle acque superficiali ed è interessato dallo scorrimento delle stesse solamente in caso di fenomeni meteorici importanti restando quasi sempre in condizioni di asciutto. La natura di tale impluvio è da attribuire quindi all'erosione da parte delle acque meteoriche che hanno inciso il terreno superficiale (rill erosion). In alcuni tratti tale impluvio è stato oggetto di interventi di protezione degli argini con gabbionate.

La zona meridionale dell'impianto invece è caratterizzata da pendenze meno acclivi con superfici sub-orizzontali nelle quali, a causa delle litologie impermeabili ed in concomitanza ad eventi di pioggia intensi, si creano fenomeni di ristagno idrico superficiale.

Si rimanda al progettista incaricato la verifica della stabilità ante e post-operam tenendo conto dei carichi indotti sui terreni e la progettazione delle opere idrauliche all'interno dell'area in esame.

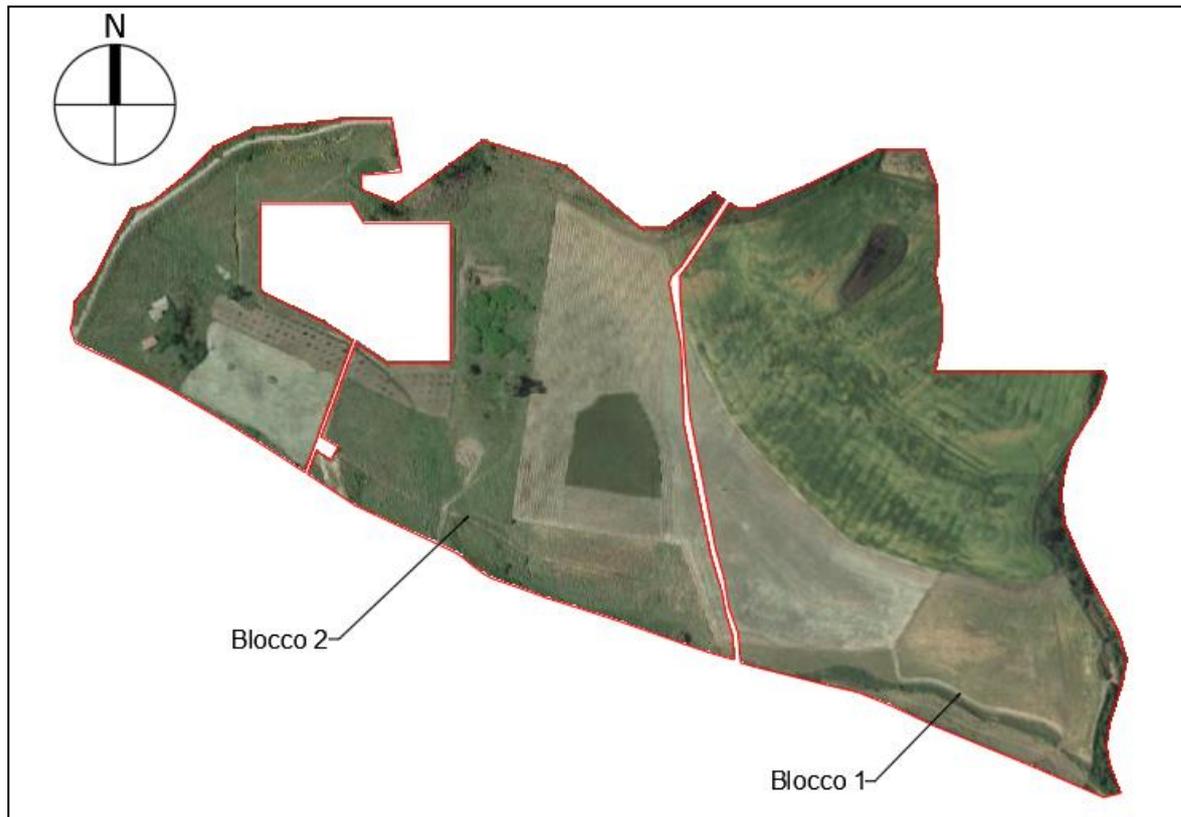


Figura 8 – Carta stato di fatto



Figura 9 – Particolare aree sub-pianeggianti con fenomeni di ristagno idrico

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 18 | 46



*Figura 10 – Particolare impluvio esistente con gabbionate negli argini*



*Figura 11 – Aree in contropendenza*

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 19 | 46

### Carta delle curve di livello

La carta delle curve di livello ci restituisce l'andamento delle isoipse (equidistanza 2,00 mt) rappresentanti la superficie topografica dell'area in esame la quale presenta una morfologia nel complesso di tipo collinare.

Il blocco 1 (parte orientale dell'area di progetto) mostra prevalentemente un'immersione topografica verso SSE tranne che nella parte NE del blocco il quale immerge verso i quadranti orientali. Si riscontrano quote massime di 778 mt nella parte settentrionale e quote minime di 688 mt nella parte meridionale del blocco; Tale valore rappresenta il valore minimo di quota altimetrica dell'area di progetto.

Per quanto concerne il blocco 2 (parte occidentale dell'area di progetto) invece mostra una superficie topografica immergente mediamente verso Sud mentre la parte più ad ovest immerge verso i quadranti sud-orientali. In tale blocco morfologicamente si delineano piccoli impluvi che fungono da linee preferenziali di scorrimento delle acque durante le precipitazioni più intense; Tale blocco mostra i massimi valori di quota altimetrica di progetto nella zona Nord con 794 mt e valori minimi a Sud con 712 mt.

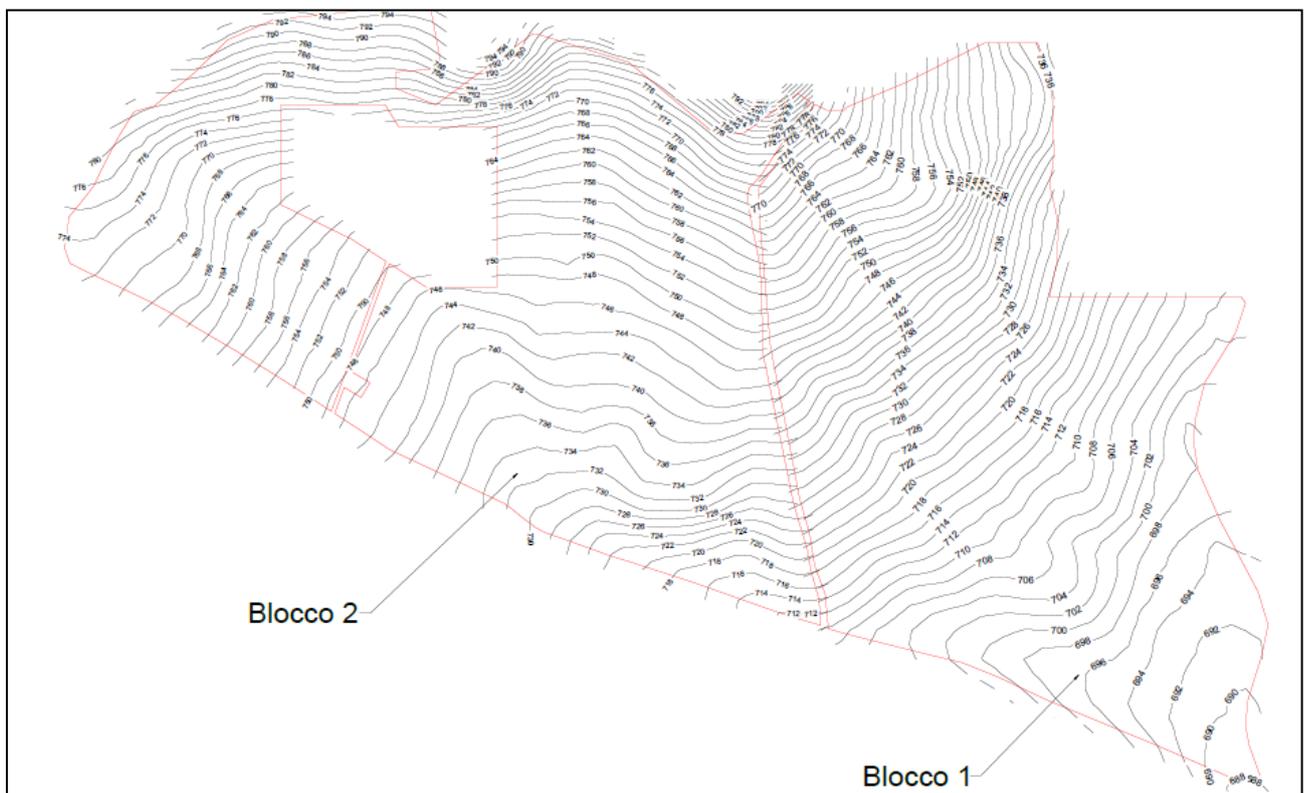


Figura 12 – Carta curve di livello

Carta delle analisi quote altimetriche

La carta delle analisi quote altimetriche ci restituisce la superficie del lotto in esame settorializzata sulla base dei valori delle quote altimetriche riscontrate.

L’area viene suddivisa in settori caratterizzati da range di quota di 10 mt.

In particolare si evince che i valori di quota maggiori si ritrovano nella parte settentrionale dell’area del blocco Nr. 2 (794,00 mt slm) mentre i valori più bassi nell’area sud orientale del blocco Nr. 1 (688,00 mt slm).

Il range di quota altimetrica che rappresenta maggiormente l’area di progetto è quello tra i 740,00 ed i 750,00 mt con una percentuale di quasi il 16,00%, quindi si attribuisce come valore medio della quota altimetrica di progetto il valore di 745,00 mt s.l.m.

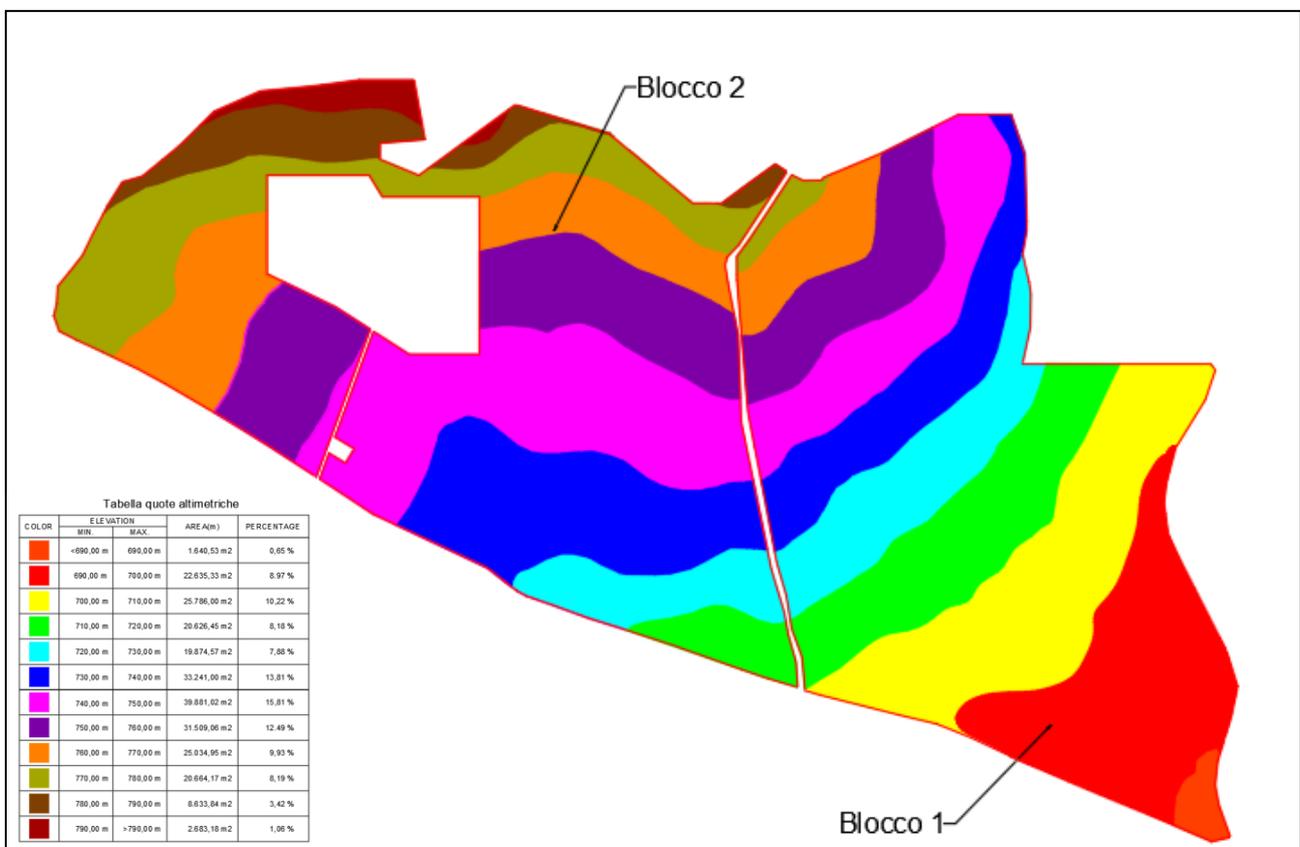


Figura 13 – Carta analisi quote altimetriche

Carta delle analisi pendenze

La carta delle analisi delle pendenze ci descrive invece la distribuzione in percentuale delle pendenze del terreno riscontrate nel lotto in esame.

Per quanto riguarda il blocco Nr. 1 dallo studio delle analisi delle pendenze si deduce che tale blocco è interessato da pendenze elevate con valori > del 20% per circa il 42% della superficie che caratterizza la zona centro-settentrionale dell’area. A seguire si ritrova il range di valori del 15%-20% che rappresentano prevalentemente le zone centrali del blocco, mentre valori di pendenza più bassi si hanno solamente nella parte SE del blocco.

Il blocco Nr. 2 invece è caratterizzato anch’esso da valori di pendenza > del 20% nella zona settentrionale mentre la zona meridionale è interessato da valori non più bassi del 5%-10%.

Quindi in generale i valori di pendenza dell’area di progetto sono rappresentativi di una superficie topografica acclive nella porzione settentrionale mentre in quella meridionale si ritrovano valori rappresentativi di superfici sub-orizzontali in particolare nella zona sud orientale del blocco 1.

Allo stato di fatto, considerando la natura impermeabile dei litotipi che costituiscono il sedime di fondazione e l’assenza di un sistema di regimazione delle acque meteoriche si verificano, a seguito di eventi piovosi intensi, fenomeni di ristagno idrico nelle porzioni caratterizzate da una morfologia sub-pianeggiante e fenomeni erosivi di dilavamento superficiale nelle zone a pendenza elevata.

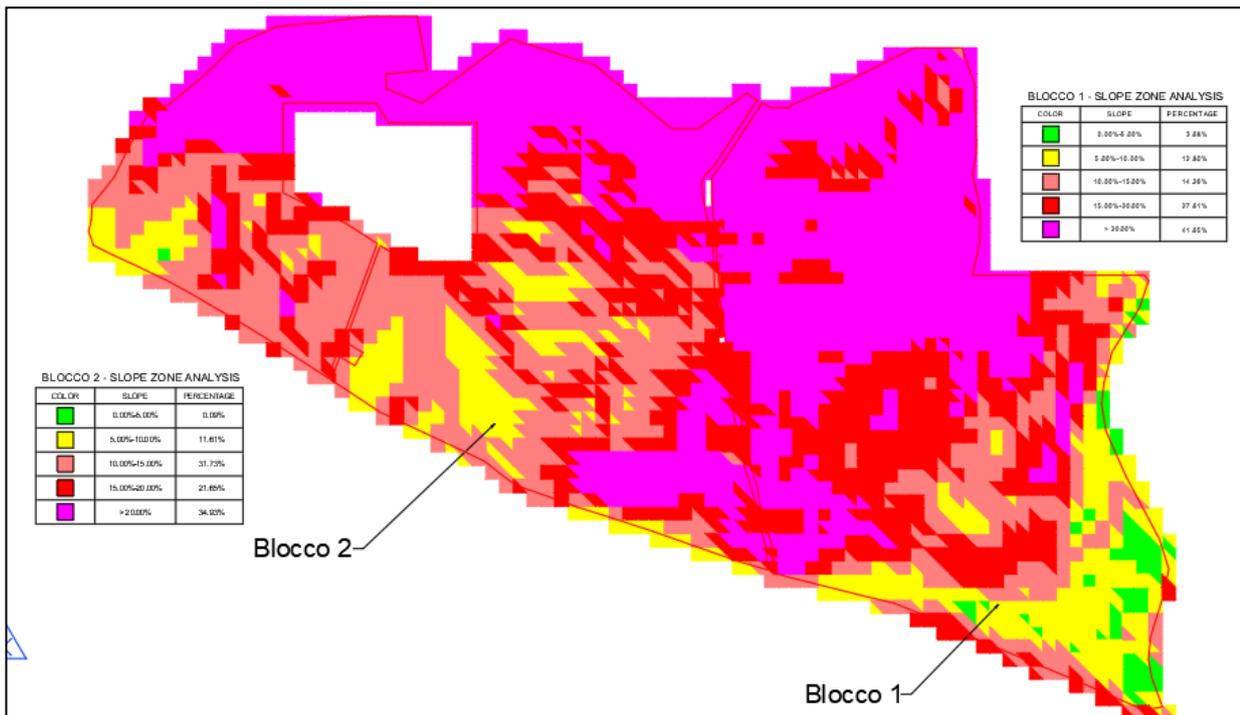


Figura 14 – Carta analisi pendenze

Per tutto quanto sopra descritto si rimanda al progettista incaricato la valutazione relativa allo sviluppo del layout di progetto per l’ubicazione dei pannelli fotovoltaici e delle relative opere accessorie.

## 5.2 Pericolosità geomorfologica del sito e P.A.I.

Il sito oggetto di studio rientra nell'area territoriale del Bacino idrografico del Fiume Simeto (Bacino n.094). Dall'analisi della cartografia tematica dedicata al dissesto idrogeologico dell'Autorità di Bacino Interregionale della Sicilia (P.A.I.) è stato possibile confermare l'assenza, all'interno e nelle adiacenze dell'area studio, di fenomeni di dissesti franosi e fenomeni idraulici.

Si riportano di seguito gli stralci della cartografia PAI che identificano lo stato di attività dei fenomeni di dissesto e le carte di pericolosità e rischio geomorfologico.

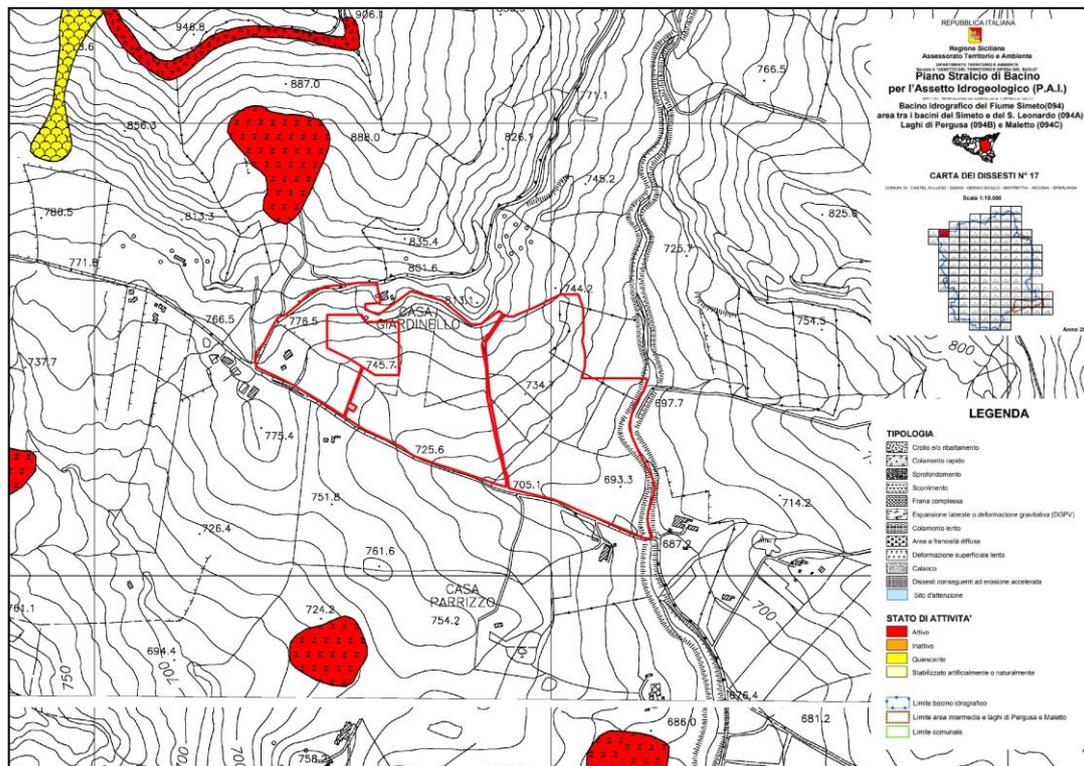


Figura 15 – Stralcio carta stato di attività dissesti P.A.I. area impianto

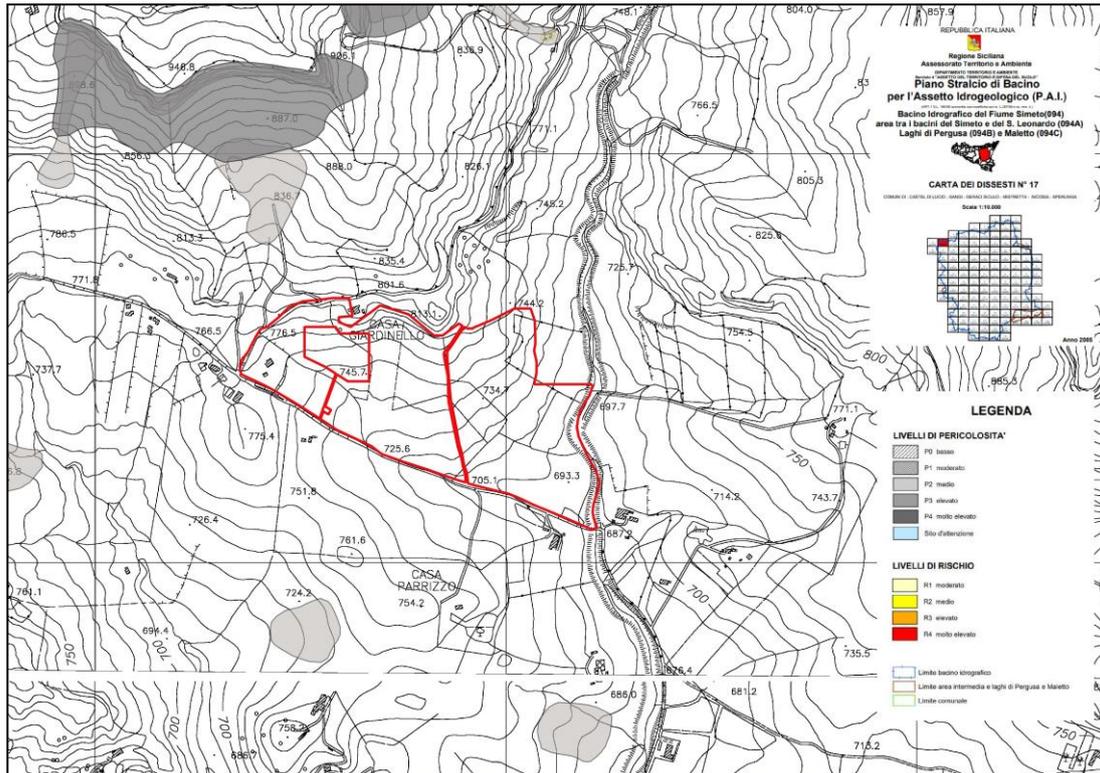


Figura 16 – Stralcio carta pericolosità e rischio geomorfologico P.A.I. area impianto

Per quanto riguarda i fenomeni di dissesto idraulico risulta che il sito in oggetto non è interessato da situazioni di pericolosità e/o rischio di questo tipo; le carte del rischio idraulico del P.A.I. ricadenti nell'area oggetto di studio non contemplano la sezione Nr. 610160 nella quale ricade l'area in esame in quanto non soggetta a fenomeni idraulici di nessun tipo.

Alla luce di quanto analizzato, per quanto concerne il rischio geomorfologico ed idraulico relativo all'area dove saranno realizzate le opere previste in progetto si può affermare che, ad oggi, allo stato di fatto, l'area si presta alla realizzazione di quanto previsto in quanto non sono presenti elementi di rischio geomorfologico e/o idraulico in atto.

L'area oggetto di studio, ricade in zona soggetta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n. 3267/1923 ed al relativo regolamento n. 1126/1926. Nell'ambito del procedimento autorizzativo dovranno essere rispettate eventuali prescrizioni da parte degli enti territorialmente competenti. Per ulteriori dettagli sull'analisi vincolistica si rimanda alle relative tavole e relazioni di progetto.

## 6. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA

In questo capitolo vengono analizzate e descritte le caratteristiche fisico-meccaniche delle litofacies che caratterizzano il sedime di fondazione dell'area oggetto di studio ricavate grazie ad una opportuna campagna di indagine programmata consistita in:

- Nr. 10 prove penetrometriche
- Nr. 6 Tomografie sismiche superficiali 2D
- Nr. 5 indagini sismiche di tipo MASW in accordo con il D.M. 17.01.2018

Le indagini sopra descritte sono state effettuate sulla base dello sviluppo planimetrico dei due blocchi di progetto ma verrà restituito un unico modello litotecnico valido per l'intera area di progetto. Per la successiva fase di progettazione esecutiva saranno approfondite le risultanze delle indagini già effettuate in situ integrandole possibilmente con indagini dirette e/o prove su campioni analizzati in laboratorio per identificare con esattezza i parametri geotecnici dei vari livelli litostratigrafici nonché i relativi spessori.

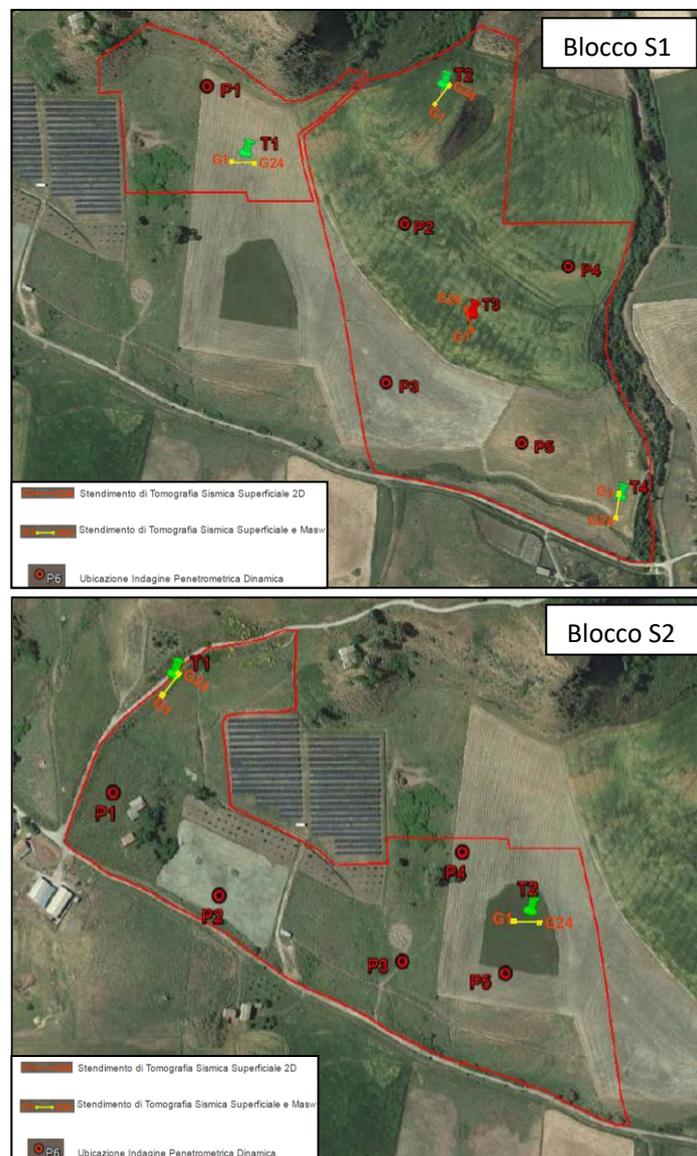


Figura 17 – Ubicazioni indagini effettuate blocco S1 ed S2

## Indagini geofisiche

Le indagini geofisiche sono delle indagini di tipo “indiretto” (a differenza dei sondaggi geognostici), poiché misurano la variazione di determinate proprietà fisiche dei terreni da cui poter elaborare dei modelli geologici del sottosuolo. Più nel dettaglio, la misura delle variazioni di tali parametri geofisici e la loro successiva elaborazione consente di definire la geometria e le caratteristiche dei corpi geologici sepolti. I principali utilizzi nel settore geo-ingegneristico corrispondono alla definizione del profilo litostratigrafico, la localizzazione della profondità del substrato o del basamento roccioso, l’individuazione di cavità sotterranee, individuazione di strutture o elementi artificiali sepolti e l’individuazione della superficie della falda freatica o di corpi idrici sotterranei.

### Metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Per quanto concerne i risultati delle MASW effettuate nelle aree dei blocchi S1 ed S2, sono stati ricavati grazie alle 5 prove effettuate, i modelli stratigrafici rappresentanti i relativi sismostrati le cui caratteristiche fisico-meccaniche risultano migliorare con la profondità d’indagine.

Da quanto sopra esposto, sono stati calcolati i seguenti valori di Vs30 (m/s) e quindi le relative categorie di sottosuolo ai sensi della NTC 2018:

| BLOCCO | MASW | Valore Vs 30 (m/s) | Categoria sottosuolo |
|--------|------|--------------------|----------------------|
| S1     | 01   | 313,00             | C                    |
| S1     | 02   | 309,00             | C                    |
| S1     | 04   | 390,00             | B                    |
| S2     | 01   | 313,00             | C                    |
| S2     | 02   | 309,00             | C                    |

Per i valori dei moduli elastici caratteristici dei sismostrati ed altri dettagli si rimanda alle relazioni geofisiche allegate.

### **Tomografia sismica superficiale**

Il metodo della sismica consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) o delle onde di taglio (Onde S), le unità litologiche presenti nell'area di indagine e determinarne così, la geometria, gli spessori e i contatti delle unità litotecniche riscontrate.

In particolare, il metodo della tomografia sismica superficiale, consente di individuare apprezzabili variazioni delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, permettendo di ottenere un modello di distribuzione delle velocità mediante la restituzione di una mappa di tipo "profondità-velocità", dove è possibile ricostruire con buona approssimazione, la geometria dei materiali di copertura e anche, tramite la variazione progressiva della velocità nel sottosuolo, individuare quelle aree in cui i materiali risultano avere maggior grado di costipazione e quindi migliori caratteristiche fisico-meccaniche.

Dai risultati e dalla successiva elaborazione dei dati, si evince che il settore in studio è caratterizzato da un substrato costituito da materiali di natura "Argillo-limosa" che risultano ricoperti in superficie da un areato superficiale (verosimilmente di origine eluvio-colluviale) che può raggiungere spessori variabili dai 2,00 m a 3,00 m. Dall'analisi dei tomogrammi, le linee di isovelocità, mostrano nel complesso un andamento regolare indicante una omogeneità litotecnica e litologica dei materiali.

Dall'analisi delle sezioni tomografiche sismiche risulta un'assetto lito-tecnico piuttosto simile ed omogeneo che si manifesta in una marcata omogeneità litologica che rappresenta tutt'ora l'assetto stratigrafico dell'area in studio.

In particolar modo, la sezione stratigrafica tipo dell'area in studio è così caratterizzata:

- **PRIMO SISMOSTRATO:** spessore variabile da circa 2,50-3,00 m costituito da materiali superficiali alterati. Le velocità di transito delle onde P al suo interno, risultano inferiori ai 700,00 m/s.
- **SECONDO SISMOSTRATO:** raggiunge profondità medie comprese tra circa 4,0-6,0 m. Si tratta di materiali argillo-limosi parzialmente alterati, da poco a mediamente consistenti verso il basso con velocità delle onde P al suo interno comprese tra 600,0 m/s ed i 1500,0 m/s.
- **TERZO SISMOSTRATO:** si intercetta a profondità variabile dai 6,0 m fino a 14,0 m dal p.c. E' costituito da materiali della stessa natura litologica, dove la velocità di propagazione delle onde P è compresa tra 1200,0 e 3000,0 m/s. Tali velocità si riscontrano in terreni che posseggono ottime caratteristiche fisico-meccaniche.
- **QUARTO SISMOSTRATO:** formato sempre da materiali a grana medio fine di natura argillosa, si presenta molto consistente e la velocità di propagazione delle onde di compressione risultano maggiori di 2400,0 m/s.

## Prove penetrometriche

La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 30 Kg da un'altezza standard di 20 cm su delle aste di acciaio con diametro di 22 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 10 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno.

Attraverso delle correlazioni empiriche è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

Nello specifico è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando ogni strato a comportamento coesivo e granulare.

## 6.1 Litostratigrafia e modello geotecnico dell'area impianto

Dall'analisi dei risultati delle indagini sopra descritte viene restituito un modello litostratigrafico e geotecnico rappresentativo dell'area oggetto di studio, utile ai fini progettuali per la valutazione ed il dimensionamento delle opere di fondazione previste per l'impianto in oggetto. Tale modello riguarda il volume di terreno significativo influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di quanto previsto a progetto.

Nel modello lito-tecnico proposto, si riportano i range dei parametri geotecnici riscontrati dalle indagini effettuate, i quali sono stati ricavati da correlazioni empiriche/statistiche e che quindi dovranno essere integrate e/o confermate con prove più dettagliate in fase esecutiva. Nel dettaglio si ricostruisce il seguente modello geotecnico costituito da 4 strati:

### ➤ **STRATO 1 (Profondità p.c. 0,00 ÷ 2,00 mt)**

Costituito da un livello di areato superficiale (suolo agrario) composto da terreni a grana medio fine, poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Tale coltre è formata da materiali superficiali alterati litologicamente di natura argillo-limosi. All'interno dello strato 1 a luoghi, a profondità variabile a partire da circa 0,80 mt, in particolare nella zona meridionale dell'area di progetto, si possono ritrovare litologie più competenti afferenti a lenti di areniti silicoclastiche.

- Spessore medio strato rilevato da indagine penetrometrica: 1,00 mt circa
- Spessore medio strato rilevato da indagine sismica MASW: 2,30 mt circa
- Spessore medio strato rilevato da tomografia sismica 2D: 2,00 mt circa

Spessore strato 1 per modello geotecnico: 2,00 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)  
Tra 1,2 e 4,5
- ✓ Valori di N<sub>spt</sub> (valori correlati) -> tra 1 e 3
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub> (Kg/cmq) -> tra 4,8 e 17,2

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace  $\phi'$  tra 18,9 e 21,70
- Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq) tra 0,06 e 0,19
- Peso di volume saturo  $\gamma_{sat}$  (t/mc) tra 1,68 e 1,78
- Peso di volume secco  $\gamma_d$  (t/mc) tra 1,34 e 1,38

Risultati velocità onde – valori riscontrati:

- VP tra 237,00 e 427 m/s
- Vs tra 100,00 e 180 m/s

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 29 | 46

➤ **STRATO 2 (Profondità p.c. 2,00 ÷ 5,50 mt)**

Costituito prevalentemente da litologie argillo-limose parzialmente alterate da poco a mediamente consistenti a grana medio fine aventi mediocri caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza di litologie più competenti di tipo arenitico.

- Spessore medio strato rilevato da indagine penetrometrica: 1,60 mt circa
- Spessore medio strato rilevato da indagine sismica MASW: 3,80 mt circa
- Spessore medio strato rilevato da tomografia sismica 2D: 3,20 mt circa

Spessore strato 2 per modello geotecnico: 3,50 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)  
Tra 1,8 e 8,4
- ✓ Valori di Nspt (valori correlati) -> tra 2 e 6
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta Rpd (Kg/cmq) -> tra 6,8 e 31,1

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace  $\phi'$  tra 20,5 e 24,50
- Coesione non drenata Cu (Kg/cmq) tra 0,13 e 0,38
- Peso di volume saturo Ysat (t/mc) tra 1,75 e 1,85
- Peso di volume secco Yd (t/mc) tra 1,36 e 1,43

Risultati velocità onde – valori riscontrati:

- VP tra 451,00 e 522 m/s
- Vs tra 190,00 e 220 m/s

Su tale livello litostratigrafico, dalle prove penetrometriche effettuate, in particolare solamente nella prova denominata DIN 1 del blocco S1 è stata riscontrata una probabile superficie freatica ad una profondità di 2,00 mt dalla quota campagna.

➤ **STRATO 3 (Profondità p.c. 5,50 ÷ 12,50 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato2 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. Posseggono discrete caratteristiche fisico-meccaniche.

- Spessore medio strato rilevato da indagine penetrometrica: 1,30 mt circa (poi stop prova)
- Spessore medio strato rilevato da indagine sismica MASW: 7,10 mt circa
- Spessore medio strato rilevato da tomografia sismica 2D: 7,00 mt circa

Spessore strato 3 per modello geotecnico: 7,00 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $d = 10$  cm)  
Tra 7,8 e 15,3
- ✓ Valori di  $N_{spt}$  (valori correlati) -> tra 6 e 11
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$  (Kg/cmq) -> tra 27,6 e 49,4

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace  $\phi'$  tra 24,5 e 27,8
- Coesione non drenata  $C_u$  (Kg/cmq) tra 0,38 e 0,69
- Peso di volume saturo  $\gamma_{sat}$  (t/mc) tra 1,85 e 1,91
- Peso di volume secco  $\gamma_d$  (t/mc) tra 1,43 e 1,51

Risultati velocità onde – valori riscontrati:

- VP tra 522 e 736 m/s
- Vs tra 220 e 310 m/s

➤ **STRATO 4 (Profondità p.c. > 12,50 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 3 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. I terreni di questo livello sono molto consistenti e risultano avere ottime caratteristiche fisico-meccaniche.

Spessore livello stimato per modello geotecnico: indefinito.

Si consiglia, per un approccio cautelativo alla progettazione, di considerare la **categoria di sottosuolo C** per l'intera area oggetto di studio.

Nella successiva fase di progettazione esecutiva il modello lito-tecnico proposto dovrà essere confermato e/o adattato ai risultati di ulteriori indagini di approfondimento che saranno effettuate per identificare con esattezza i parametri geotecnici dei vari livelli litostratigrafici nonché i relativi spessori.

Si rimanda comunque ai progettisti incaricati la valutazione delle tipologie e delle lunghezze di infissione delle fondazioni per le opere relative al progetto dell'impianto.

Per altri dettagli vedi le Relazioni Geofisiche e penetrometriche allegate.

## 7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In questo capitolo si rappresentano le principali caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti nell'area dove ricade l'impianto oggetto di studio i quali sono caratterizzati da un diverso grado di permeabilità.

L'assetto stratigrafico-strutturale e le caratteristiche di permeabilità dei litotipi presenti nel bacino condizionano l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e l'andamento della circolazione idrica nel sottosuolo. Sulla base delle considerazioni di carattere geologico-strutturale si individuano due litotipi idrogeologici principali dove, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto.

In particolare si individuano due classi di litotipi:

### Litotipi A (mediamente permeabili)

Appartengono a questa categoria i conglomerati polimictici in matrice sabbioso e/o argillosa, alternati a sabbie ciottolose del Membro Conglomeratico (TRV1) della Formazione Terravecchia ( $10^{-3} < K < 10^{-5}$  m/sec). Tali depositi essendo costituiti anche da sedimenti più grossolani come le sabbie, sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità e presentano discrete caratteristiche di trasmissività.

### Litotipi B (permeabilità bassa o impermeabili)

Appartengono a questa categoria i terreni argilloso-limosi del Flysch Numidico (FYN4) ed il Membro pelitico-argilloso (TRV3) della Formazione Terravecchia  $10^{-7} < K < 10^{-9}$  m/sec. Su tali depositi la circolazione idrica è nulla o trascurabile con coefficienti di deflusso superficiale molto elevato. La ridotta dimensione dei pori rende tali terreni impermeabili ed accade che l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione.

Dalle prove penetrometriche effettuate, in particolare solamente nella prova denominata DIN 1 del blocco S1 è stata riscontrata una probabile superficie freatica ad una profondità di 2,00 mt dalla quota campagna.

Di seguito si riporta una tabella, tratta da studi bibliografici, con i valori indicativi del coefficiente di permeabilità per differenti terreni.

| k (cm/s)                      | $10^2$  | 10        | 1   | $10^{-1}$ | $10^{-2}$   | $10^{-3}$                 | $10^{-4}$               | $10^{-5}$   | $10^{-6}$ | $10^{-7}$                   | $10^{-8}$  | $10^{-9}$  |
|-------------------------------|---|-----------|---|-----------|-------------|---------------------------|-------------------------|---|-----------|-----------------------------|------------|------------|
| k (m/s)                       | 1   | $10^{-1}$ | $10^{-2}$   | $10^{-3}$ | $10^{-4}$   | $10^{-5}$                 | $10^{-6}$               | $10^{-7}$   | $10^{-8}$ | $10^{-9}$                   | $10^{-10}$ | $10^{-11}$ |
| Classi di permeabilità        | EE  | Elevata   | Buona   | Discreta  | Bassa       | BB                        | Impermeabile            |   |           |                             |            |            |
| Tipi di terreno               | Ghiaie pulite   |           | Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie |           | Sabbie fini | Mischele di sabbie e limi |                         | Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi |           | Argille omogenee e compatte |            |            |
| Determinazione diretta di K   | Prove dirette in situ mediante pompaggio                      |           |   |           |             |                           |                         |   |           |                             |            |            |
|                               | Infiltrimetri – Permeometri a carico costante                 |           |   |           |             |                           |                         |   |           |                             |            |            |
| Determinazione indiretta di K | Permeometri a carico variabile                                |           |   |           |             |                           |                         |   |           |                             |            |            |
|                               | Analisi granulometrica (applicabile a sabbie e ghiaie pulite) |           |   |           |             |                           | Prove di consolidamento |   |           |                             |            |            |

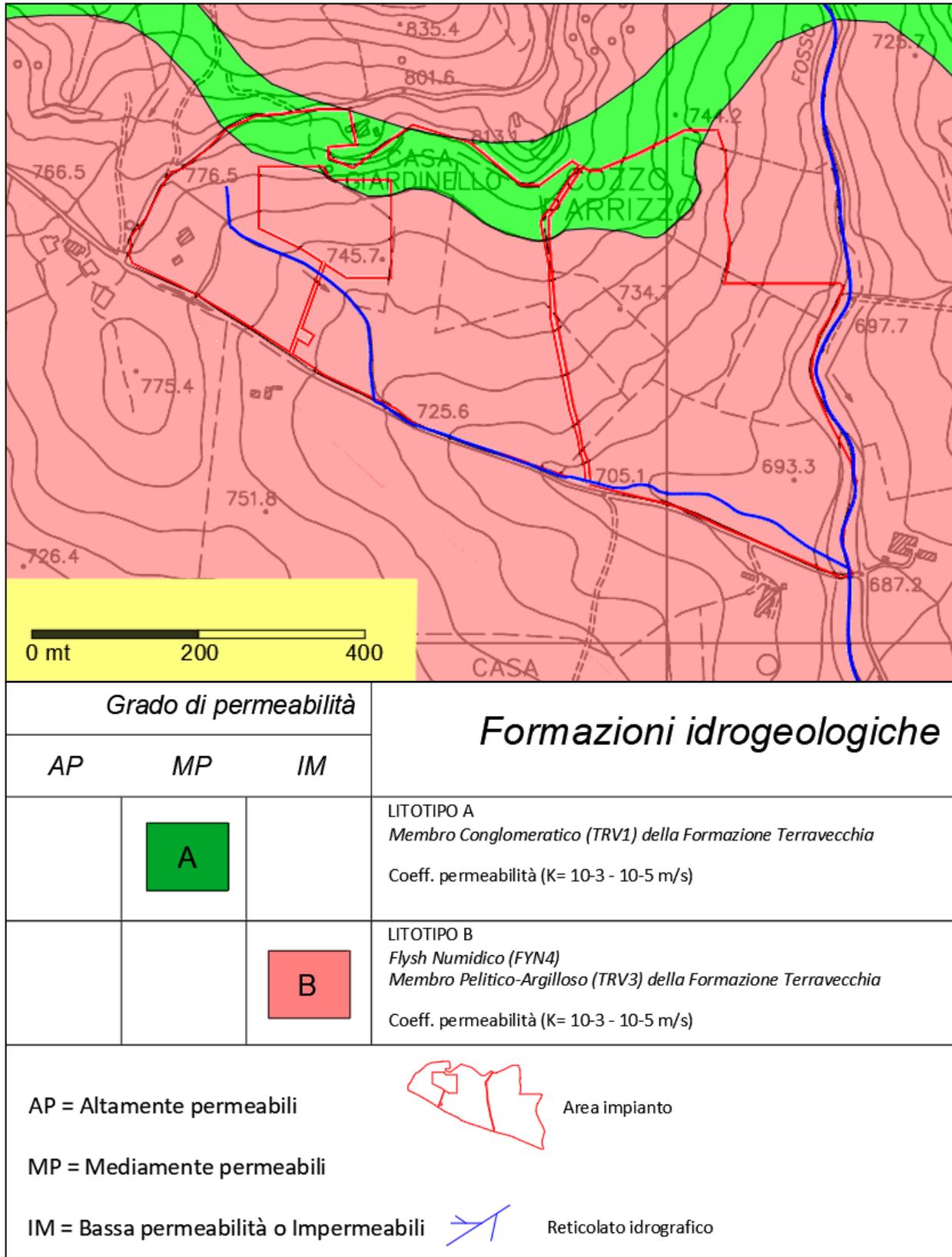


Figura 18 - Carta idrogeologica area impianto

## 8. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

In questo capitolo si vuole analizzare e descrivere il contesto dell'ambiente idrografico nel quale è inserito il lotto oggetto dell'impianto agro-fotovoltaico in studio.

Durante la stagione invernale e primaverile le intense precipitazioni permettono lo sviluppo di deflussi superficiali, ragion per cui l'area in studio è caratterizzata da una serie di corsi d'acqua a regime torrentizio. Tuttavia, durante la stagione estiva, a causa della scarsa piovosità e delle alte temperature che favoriscono i processi di evaporazione, i torrenti rimangono completamente asciutti. I corsi d'acqua presentano un regime chiaramente condizionato dell'andamento pluviometrico e dalle caratteristiche geologiche e morfologiche dei terreni affioranti.

In particolare l'area dell'impianto è delimitata nella sua parte orientale dal Torrente Fosso Monaco che mostra una direzione circa N-S mentre nella parte occidentale esterna all'area dell'impianto si ritrova il Torrente Fosso Marocco sempre con direzione circa N-S.

Verso Est ma esterni all'area di trovano il Torrente Fosso Casalini ed il Vallone Vaccara con direzione sempre circa N-S.

Tutti gli elementi idrografici sopra descritti sfociano nel Fiume di Sperlinga che mostra una direzione principale circa W-E e si trova nella parte meridionale rispetto all'area dell'impianto.

Sul versante opposto invece è presente il Fosso Cicera con direzione di scorrimento circa S-N.



Figura 19 – Elementi idrografici in prossimità dell' area impianto

Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 34 | 46

## 9. INQUADRAMENTO SISMICO

La classificazione sismica è stata eseguita in conformità alla vigente normativa con specifico riferimento alle seguenti norme:

- D.M. 14 Gennaio 2008 - Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- D.M.17 Gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge 2 Febbraio 1974 n.64 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 20/03/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 - Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003;
- DGR 408/03, Regione Siciliana – “Individuazione, formazione ed aggiornamento dell’elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, n.3274”.

La Nuova Classificazione sismica della Regione Siciliana DGR 408/03 - classifica il Comune di Nicosia (EN) come segue:

- CODICE ISTAT: 19086012
- Zona Sismica: **2 (zona con pericolosità sismica media)**

Per l’area dove ricade il sito in esame, così come riportato dalla mappa interattiva della pericolosità sismica dell’INGV, l’ag risulta compresa tra 0.150-0.175 g

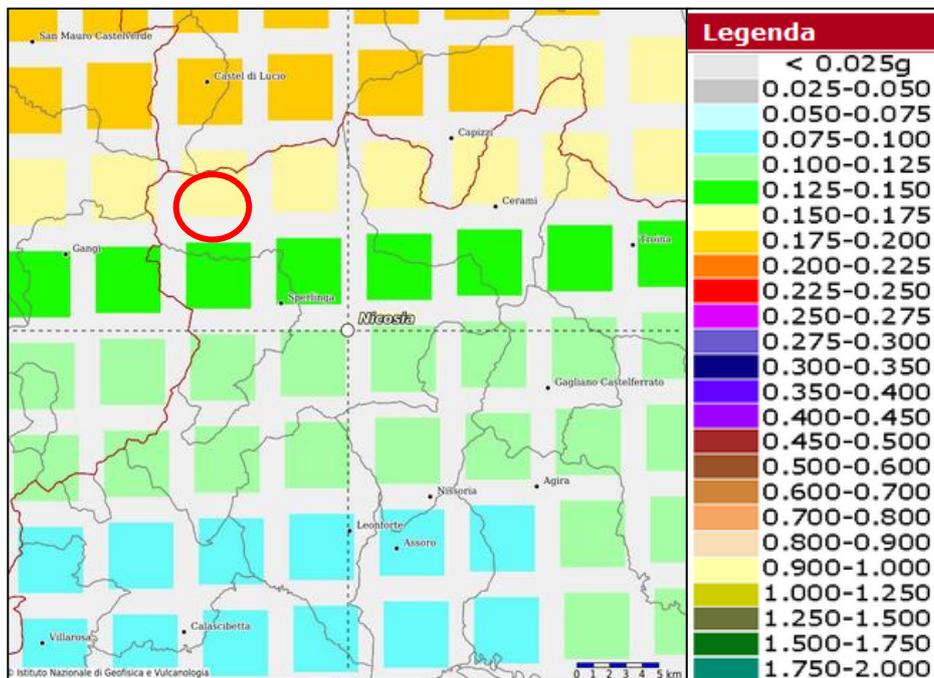


Figura 20 - Mappa interattiva della pericolosità sismica

## 9.1 Caratteristiche sismiche

Le caratteristiche sismiche di un sito, in relazione ad un qualunque manufatto, si riferiscono a degli stati limite che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nella progettazione di una struttura, bisognerà stabilire:

- la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare quel periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento, i diversi stati limite da considerare e le relative probabilità di superamento, è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

### 9.1.1 Vita nominale e classi d'uso delle opere

Per ciò che concerne le azioni sismiche di progetto, esse vengono definite a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento VR espresso in anni) in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ed un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR. Il periodo di riferimento VR si calcola, per ciascun tipo di costruzione, in base alla seguente relazione:

$$VR = VN \cdot CU$$

dove:

VN = vita nominale dell'opera;

CU = coefficiente d'uso.

La vita nominale dei diversi tipi di opere deve essere precisata nei documenti di progetto.

| TIPI DI COSTRUZIONE |  | Vita Nominale |
|---------------------|--|---------------|
| 1                   | Opere provvisorie Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva                                  | ≤ 10 anni     |
| 2                   | Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale | ≥ 50 anni     |
| 3                   | Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica    | ≥ 100 anni    |

Tab. 3 - Vita nominale per diversi tipi di opere

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella:

| Valori del coefficiente d'uso CU |     |    |     |    |
|----------------------------------|-----|----|-----|----|
| Classe d'uso                     | I   | II | III | IV |
| Coefficiente cu                  | 0,7 | 1  | 1,5 | 2  |

TAB. 4 - VALORI COEFFICIENTI D'USO

### 9.1.2 Stati limiti e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio (SLE) sono:

- Lo Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- lo Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi (SLU) sono:

- Lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

### 9.1.3 Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore delle NTC 2008 e successivamente delle NTC 2018 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare l'azione sismica di riferimento agli stati limite di progetto considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, come già accennato nel paragrafo precedente.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC 2018 tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" Pvr.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti) su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad esso corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di superamento Pvr nel periodo di riferimento Vr. Con riferimento sempre alle NTC 2018, al fine di valutare l'azione sismica di riferimento allo stato limite di danno (SLD) e stato limite di salvaguardia (SLV), viene considerata una vita nominale della costruzione VN pari a 50 anni, un coefficiente d'uso pari a 0.7 ed un periodo di riferimento Vr pari a 35 anni.

Sono identificati per i singoli stati limite i seguenti periodi di ritorno:

- ✓ Stato Limite di Danno: periodo di ritorno pari a 35 anni;
- ✓ Stato Limite di Salvaguardia della Vita: periodo di ritorno pari a 332 anni.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ ;
- ✓ fattore di amplificazione F0 dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ periodo T\*C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di  $a_g$  è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall'INGV, mentre F0 e T\*C sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

L'accelerazione di riferimento viene individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base è dunque definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

## 9.2 Pericolosità sismica dell'area in studio

### 9.2.1 Categoria Sottosuolo

Per valutare l'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale si è fatto riferimento ai risultati delle indagini sismiche MASW che hanno permesso di classificare il sito in oggetto secondo quanto richiesto dalle vigenti NTC 2018 attraverso la determinazione del parametro sismico Vs30 per la definizione delle categorie di suolo di fondazione come riportato in tabella 5.

Per quanto concerne i risultati delle MASW effettuate nelle aree dei blocchi S1 ed S2, sono stati ricavati grazie alle 5 prove effettuate, i modelli stratigrafici rappresentanti i relativi sismostrati le cui caratteristiche fisico-meccaniche risultano migliorare con la profondità d'indagine.

Da quanto sopra esposto, sono stati calcolati i seguenti valori di Vs30 (m/s) e quindi le relative categorie di sottosuolo ai sensi della NTC 2018:

| BLOCCO | MASW | Valore Vs 30 (m/s) | Categoria sottosuolo |
|--------|------|--------------------|----------------------|
| S1     | 01   | 313,00             | C                    |
| S1     | 02   | 309,00             | C                    |
| S1     | 04   | 390,00             | B                    |
| S2     | 01   | 313,00             | C                    |
| S2     | 02   | 309,00             | C                    |

Per i dettagli si rimanda alle relazioni geofisiche allegate.

Considerando che le risultanze delle prove MASW indicano due tipologie di categorie di sottosuolo, si consiglia, per un approccio cautelativo alla progettazione, di considerare la categoria di sottosuolo C per l'intera area oggetto di realizzazione dell'impianto.

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

TAB. 5 - SUDDIVISIONE CATEGORIE SOTTOSUOLO - NTC 2018

### 9.2.2 Categoria Topografica

Facendo riferimento alle categorie topografiche della tabella 3.2.III delle NCT 2018, il sito può essere inserito in **CATEGORIA T2**.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica  |
|-----------|---|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$  |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  |

TAB. 6 - SUDDIVISIONE CATEGORIA TOPOGRAFICA

### 9.2.3 Azioni sismiche di progetto

Considerando l'ubicazione dell'area oggetto di studio, la classe d'uso delle opere in progetto (Classe II), la categoria di sottosuolo C (attuando un approccio cautelativo alla progettazione) ricavata dalle indagini MASW e la categoria topografica del sito T2, sono state calcolate le relative azioni sismiche di progetto (Tab. 7) ricavate dal sito: (<https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>).

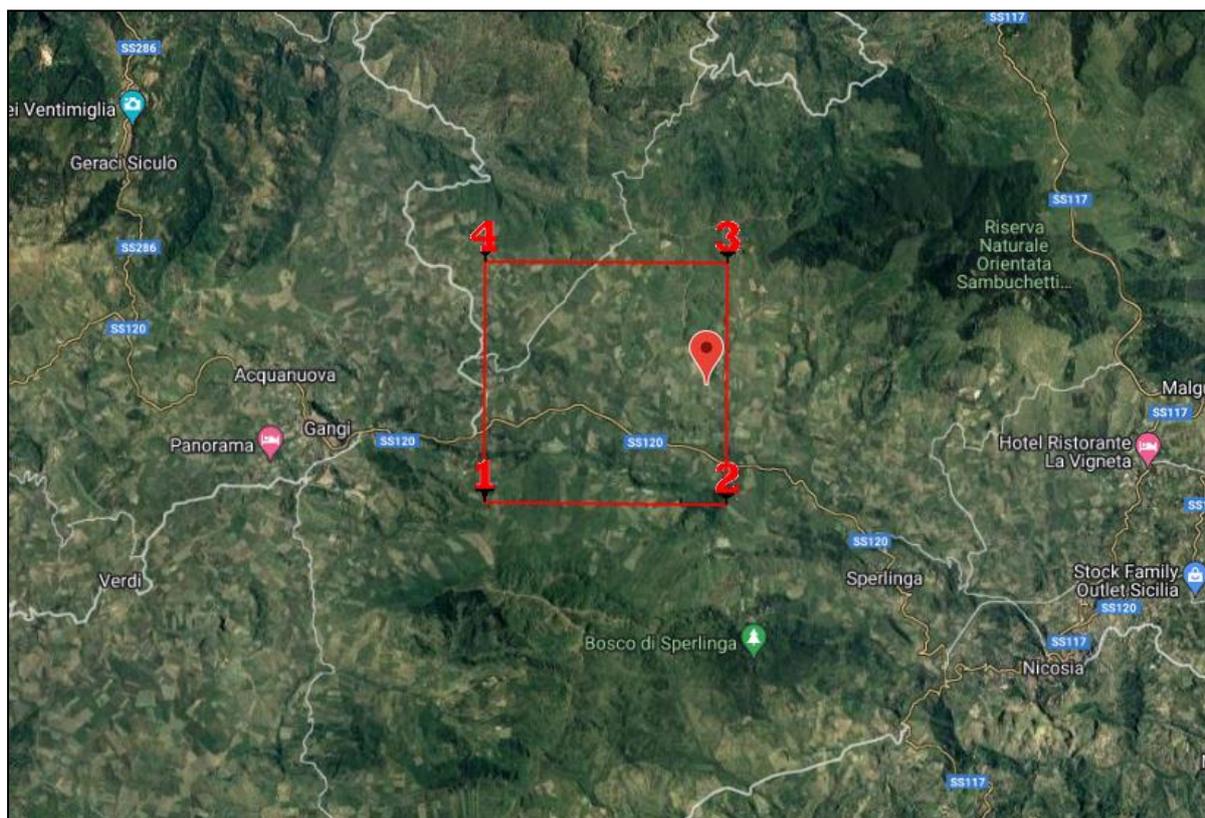


Figura 21 – Area calcolo coefficienti sismici

| Stati limite  |                 |                    |                |         |
|---|-----------------|--------------------|----------------|---------|
|   | Classe Edificio |                    |                |         |
| Il. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e... |                 |                    |                |         |
|   | Vita Nominale   | 50                 |                |         |
|   | Interpolazione  | Media ponderata    |                |         |
| <b>CU = 1</b>   |                 |                    |                |         |
| Stato Limite  | Tr [anni]       | a <sub>g</sub> [g] | F <sub>o</sub> | Tc* [s] |
| Operatività (SLO)   | 30              | 0.045              | 2.393          | 0.259   |
| Danno (SLD)   | 50              | 0.059              | 2.391          | 0.275   |
| Salvaguardia vita (SLV)                                   | 475             | 0.155              | 2.421          | 0.320   |
| Prevenzione collasso (SLC)                                | 975             | 0.199              | 2.483          | 0.326   |
| Periodo di riferimento per l'azione sismica:              | 50              |                    |                |         |

| Coefficienti sismici   |                  |                           |      |        |
|--|------------------|---------------------------|------|--------|
|  | Tipo             | Muri di sostegno NTC 2018 |      |        |
| <input type="checkbox"/> Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti. |                  |                           |      |        |
|  | H (m)            | 1                         |      | us (m) |
|  | Cat. Sottosuolo  | C                         |      |        |
|  | Cat. Topografica | T2                        |      |        |
|  |                  | SLO                       | SLD  | SLV    |
| SS Amplificazione stratigrafica  |                  | 1,50                      | 1,50 | 1,48   |
| CC Coeff. funz categoria   |                  | 1,64                      | 1,61 | 1,53   |
| ST Amplificazione topografica  |                  | 1,20                      | 1,20 | 1,20   |

| <input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s <sup>2</sup> ] |       | 0.6   |       |       |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Coefficienti   | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
| kh   | 0.000 | 0.050 | 0.104 | 0.000 |
| kv   | --    | 0.025 | 0.052 | --    |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ]   | 0.798 | 1.035 | 2.691 | 3.284 |
| Beta   | --    | 0.470 | 0.380 | --    |

TAB. 7 - AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

## 10. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto del progetto per la costruzione di un Impianto Agro-fotovoltaico della potenza DC complessiva installata di 12.992,40 kWp sito in Contrada Parrizzo nel Comune di Nicosia (EN).

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche dell'area oggetto di studio:

- **GEOMORFOLOGIA**

Il sito oggetto di studio rientra nell'area territoriale del Bacino idrografico del Fiume Simeto (Bacino n.094) ed è caratterizzato da litotipi a carattere deformativo prevalentemente di tipo plastico.

Allo stato di fatto l'area di progetto si presenta priva di dissesti gravitativi in atto. La morfologia dell'area mostra aree in contropendenza da attribuire probabilmente a paleofrane superficiali ad oggi inattive le quali allo stato di fatto non mostrano evidenze di attività recenti.

All'interno dell'area di progetto si sviluppa una linea d'impluvio che parte dalla zona nord occidentale e si sviluppa lungo la fascia meridionale dell'area in studio fino a sfociare nel Torrente Fosso Monaco che interessa la parte orientale dell'area. Tale impluvio funge da collettore principale di raccolta delle acque superficiali ed è interessato dallo scorrimento delle stesse solamente in caso di fenomeni meteorici importanti restando quasi sempre in condizioni di asciutto. La natura di tale impluvio è da attribuire quindi all'erosione da parte delle acque meteoriche che hanno inciso il terreno superficiale (rill erosion). In alcuni tratti tale impluvio è stato oggetto di interventi di protezione degli argini con gabbionate.

La zona meridionale dell'impianto invece è caratterizzata da pendenze meno acclivi con superfici sub-orizzontali nelle quali, a causa delle litologie impermeabili ed in concomitanza ad eventi di pioggia intensi, si creano fenomeni di ristagno idrico superficiale.

In fase esecutiva dovranno esser realizzate opere di drenaggio volte alla regimazione delle acque superficiali in maniera da mitigare l'effetto di erosione accelerata sui litotipi prevalentemente a comportamento plastico oltre che a ridurre le cause di innesco di eventuali dissesti franosi in prossimità di superfici a maggior pendenza.

- **IDROGEOLOGIA**

Nell'area di progetto si individuano i seguenti complessi idrogeologici caratterizzati da differente grado di permeabilità:

Litotipi A (mediamente permeabili)

Appartengono a questa categoria i conglomerati polimictici in matrice sabbioso e/o argillosa, alternati a sabbie ciottolose del Membro Conglomeratico (TRV1) della Formazione Terravecchia (10-3<K<10-5 m/sec). Tali depositi essendo costituiti anche da sedimenti più grossolani come le sabbie, sono caratterizzati da una permeabilità primaria per porosità e presentano discrete caratteristiche di trasmissività.

### Litotipi B (permeabilità bassa o impermeabili)

Appartengono a questa categoria i terreni argilloso-limosi del Flysch Numidico (FYN4) ed il Membro pelitico-argilloso (TRV3) della Formazione Terravecchia  $10^{-7} < K < 10^{-9}$  m/sec. Su tali depositi la circolazione idrica è nulla o trascurabile con coefficienti di deflusso superficiale molto elevato. La ridotta dimensione dei pori rende tali terreni impermeabili ed accade che l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione.

Dalle prove penetrometriche effettuate, in particolare solamente nella prova denominata DIN 1 del blocco S1 è stata riscontrata una probabile superficie freatica ad una profondità di 2,00 mt dalla quota campagna.

### • GEOLOGIA E MODELLO LITOSTRAFIGRAFICO

Nel quadro geologico di dettaglio risulta che i lotti interessati dal progetto ricadono quasi interamente sulle litologie afferenti al *Flysch Numidico (FYN 4 - membro di Nicosia)* costituito da argille brune silicifere, argilliti rosse in intervalli da metrici a decametrici. Si ritrovano anche, in prevalenza nella parte centro meridionale del sito, affioramenti di lenti di areniti silicoclastiche gialle. I terreni del Flysch Numidico possono raggiungere i 200 mt di spessore e l'età è Miocene inferiore. I terreni con carattere di tipo plastico, conferiscono all'area un aspetto morfologico dolce di tipo collinare con aree in contropendenza probabilmente rappresentative di paleofrane. La parte settentrionale dell'area di progetto che risulta essere caratterizzata dalle quote topografiche più alte e morfologicamente presenta rilievi collinari più aspri con bordi di scarpata ripidi, è invece interessata dai terreni del membro conglomeratico della *Formazione Terravecchia (TRV1)* costituito da conglomerati polimictici in matrice sabbiosa- argillosa. Lo spessore complessivo di tale formazione è stimato tra i 180 e 270 mt. L'età è Tortoniano superiore – Messiniano inferiore.

Dall'interpretazione dei dati ricavati dalle indagini geofisiche e penetrometriche effettuate in situ è stato possibile ricavare il modello litostratigrafico e geotecnico rappresentativo dell'area di progetto:

#### ➤ STRATO 1 (Profondità p.c. 0,00 ÷ 2,00 mt)

Costituito da un livello di areato superficiale (suolo agrario) composto da terreni a grana medio fine, poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Tale coltre è formata da materiali superficiali alterati litologicamente di natura argillo-limosi. All'interno dello strato 1 a luoghi, a profondità variabile a partire da circa 0,80 mt, in particolare nella zona meridionale dell'area di progetto, si possono ritrovare litologie più competenti afferenti a lenti di areniti silicoclastiche.

➤ **STRATO 2 (Profondità p.c. 2,00 ÷ 5,50 mt)**

Costituito prevalentemente da litologie argillo-limose parzialmente alterate da poco a mediamente consistenti a grana medio fine aventi mediocri caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza di litologie più competenti di tipo arenitico.

➤ **STRATO 3 (Profondità p.c. 5,50 ÷ 12,00 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 2 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. Posseggono discrete caratteristiche fisico-meccaniche.

➤ **STRATO 4 (Profondità p.c. > 12,00 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 3 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. I terreni di questo livello sono molto consistenti e risultano avere ottime caratteristiche fisico-meccaniche.

Sulla base della normativa vigente relativamente al D.M. 17/01/2018, per il modello geotecnico proposto si attribuisce una categoria di sottosuolo di tipo "C".

Per una valutazione completa di quanto sopra descritto si rimanda alle Relazioni Geofisiche e Penetrometriche allegate al presente documento.

Nella successiva fase di progettazione esecutiva il modello lito-tecnico proposto dovrà essere confermato e/o adattato ai risultati di ulteriori indagini di approfondimento che saranno effettuate per identificare con esattezza i parametri geotecnici dei vari livelli litostratigrafici nonché i relativi spessori.

Si rimanda comunque ai progettisti incaricati la valutazione delle tipologie e delle lunghezze di infissione delle fondazioni per le strutture dei pannelli fotovoltaici e per tutte le altre opere previste a progetto.

In conclusione, a seguito l'elaborazione del presente studio geologico ad oggi si può affermare che, tenendo conto delle indicazioni progettuali descritte, l'area oggetto di studio si presta alla realizzazione del progetto dell'impianto agro-fotovoltaico proposto.

Trapani, 26 Aprile 2022

Geologo Francesco Giampapa



Committente:

SALOMONE 1 S.R.L.

Progettista:



Pag. 46 | 46

# COMUNE DI NICOSIA

## (Provincia di Enna)

### OGGETTO:

*RELAZIONE GEOFISICA CON INDAGINI MASW E DI TOMOGRAFIA SISMICA SUPERFICIALE 2D A SUPPORTO DEL PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 1*

## **RELAZIONE GEOFISICA**

### COMMITTENTE:

*Spett. le: AP ENGINEERING srls*

*I tecnici*

*Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza*



*Dott. Geol. Matteo Costantino*



Studio Tecnico di Geologia e Geofisica Applicata  
dei professionisti

Dott. Geol. Matteo Costantino - Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza

Mob: +39 333 2005487

Mob +39 333 3822395

Viale Tirreno n.65, 00141 Roma - C.da S.Venera snc, 90028 Polizzi Generosa (PA)

[www.unigeos.com](http://www.unigeos.com) - email [info@unigeos.com](mailto:info@unigeos.com)

# INDICE

## 1. Premessa

## 2. Indagini geofisiche sismiche, strumentazione utilizzata ed interpretazione dei risultati

2.1 *Descrizione e finalità della metodologia MASW*

2.2 *Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della MASW*

2.3 *Interpretazione delle prove MASW*

2.4 *Analisi dei risultati della prova MASW*

2.5 *Descrizione e finalità dell'indagine tomografica sismica superficiale*

2.6 *Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della tomografia sismica*

2.7 *Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche superficiali*

2.8 *Analisi dei risultati delle indagini tomografiche sismiche-onde P.*

## 3. Conclusioni

3.1 *Considerazioni conclusive*

## Allegati

- *Documentazione fotografica*
- *Dromocrone*
- *Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini eseguite*

## 1. Premessa

Su incarico della Ditta "AP ENGINEERING srls", è stata redatta la presente relazione geofisica con esecuzione di indagini tomografiche sismiche 2D e MASW a supporto del "PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 1

Le prove sismiche sono state eseguite dallo Studio Geologico Tecnico "UNIGeos" di Polizzi Generosa nella persona del Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Sicilia al n°2289 e nella persona del Dott. Geol. Matteo Costantino regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n°1824. In particolare, lo studio, è finalizzato alla definizione delle caratteristiche sismiche del terreno di fondazione in cui saranno fondati i nuovi pannelli fotovoltaici.

Nelle pagine seguenti vengono riassunti i risultati emersi dagli approfondimenti condotti e, nello specifico, sono trattate le problematiche relative all'assetto morfologico e geolitologico locale in relazione alle opere infrastrutturali in progetto.

Si rammenta che il presente lavoro è opera dell'ingegno. E' vietata, pertanto, la riproduzione, anche parziale, degli elaborati che rimangono di proprietà intellettuale dello scrivente. Ogni diritto è riservato (Art. 99 L. 633/41).

## 2. Indagini geofisiche sismiche, strumentazione utilizzata ed interpretazione dei risultati

Per quanto riguarda le indagini geofisiche sismiche sono state eseguite n° 3 prospezioni geofisiche del tipo "MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999)" e n°4 Tomografie sismiche superficiali 2D. Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nella planimetria allegata (*vedi Allegato*).

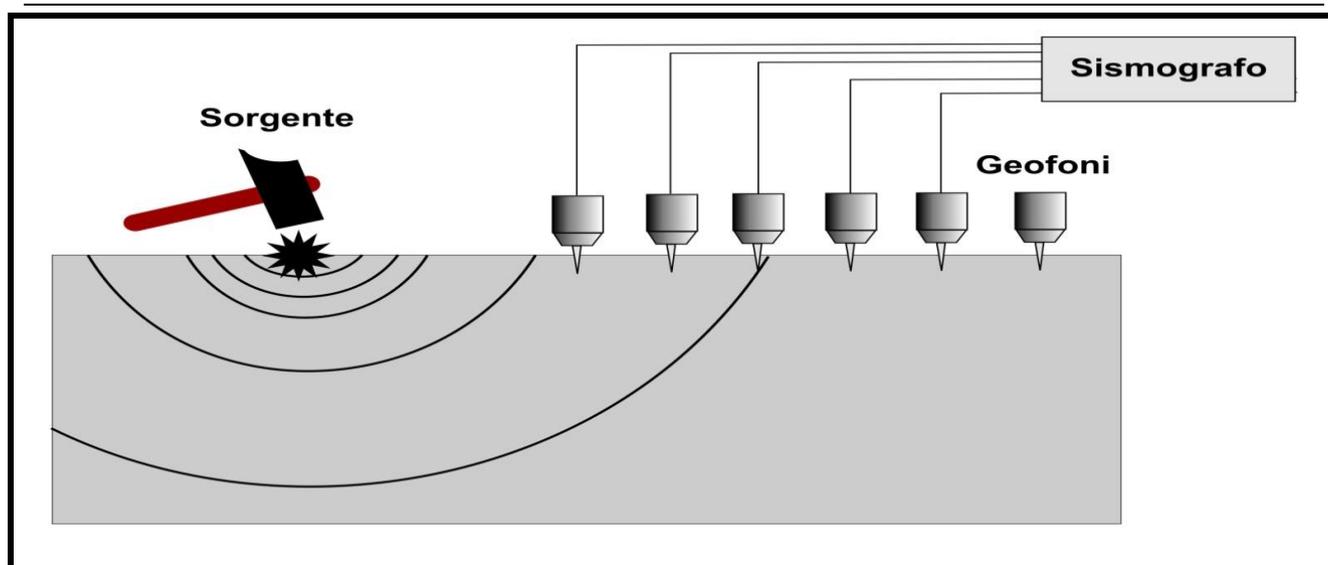
| N° | Tipo di Indagine                   |
|----|------------------------------------|
| 03 | MASW                               |
| 04 | Tomografia sismica superficiale 2D |

## 2.1 Descrizione e finalità della metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase, anche se influenzate dalla  $V_p$  (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla  $V_s$  (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Che permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz.

## 2.2 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della MASW

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2012 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo. La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde Rayleigh e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante geofoni a componente verticale (*vedi Fig.n°1*).



(Fig. n° 1 - Schematizzazione dello stendimento sismico di tipo MASW)

### 2.3 Interpretazione delle prove MASW

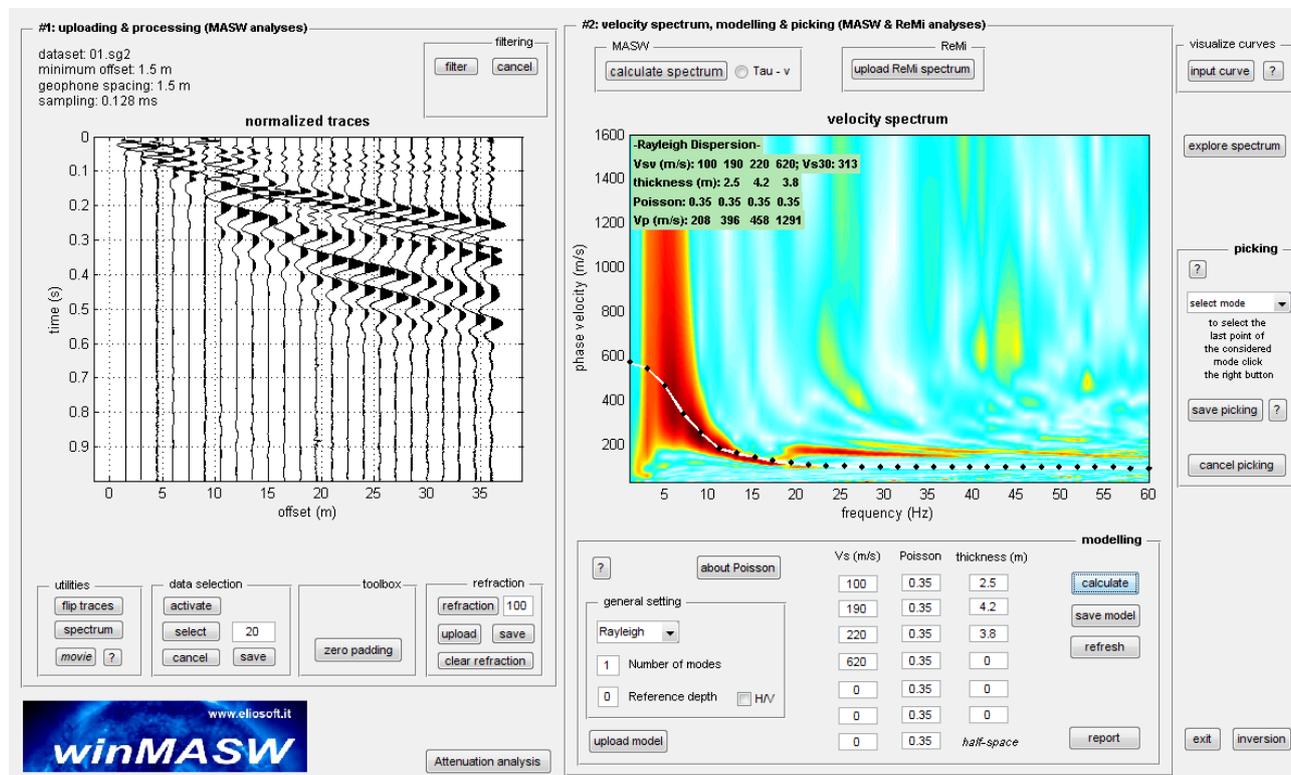
I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software WinMasw 4.3 professional. L'operazione di processing, nella fattispecie definita come "modellazione diretta", consiste in un fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti. Il modello del profilo verticale delle Vs, deve essere coerente, con l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata. Inoltre, tali sismostrati verranno utilizzati per il calcolo del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) così come sancito dalle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018. In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

#### **"MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)"**

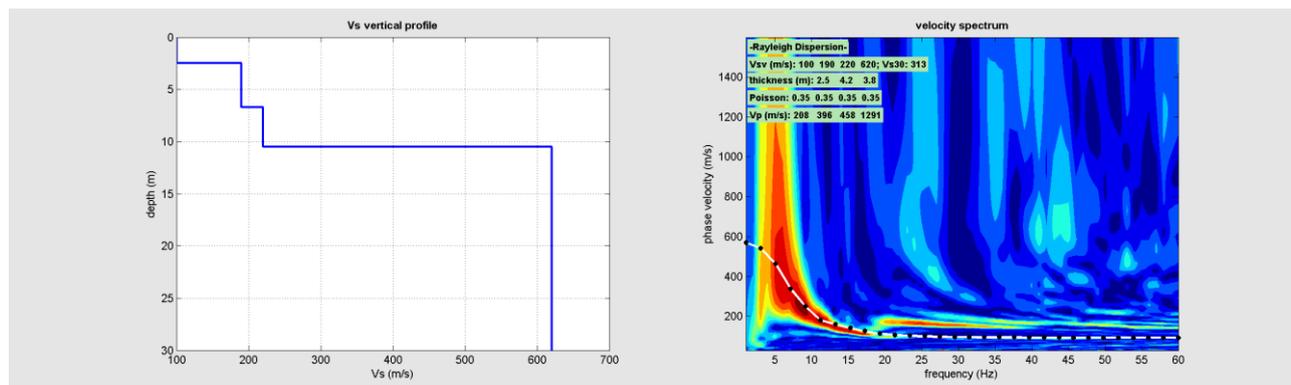
| MASW    | Lunghezza Stendimento (m) | Step – Geofoni (m) | Offset (m) |
|---------|---------------------------|--------------------|------------|
| MASW_01 | 34,50                     | 1,50               | 1,50       |
| MASW_02 | 34,50                     | 1,50               | 1,50       |
| MASW_04 | 34,50                     | 1,50               | 1,50       |

A seguire i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW.

**Risultati prospezione MASW\_01**

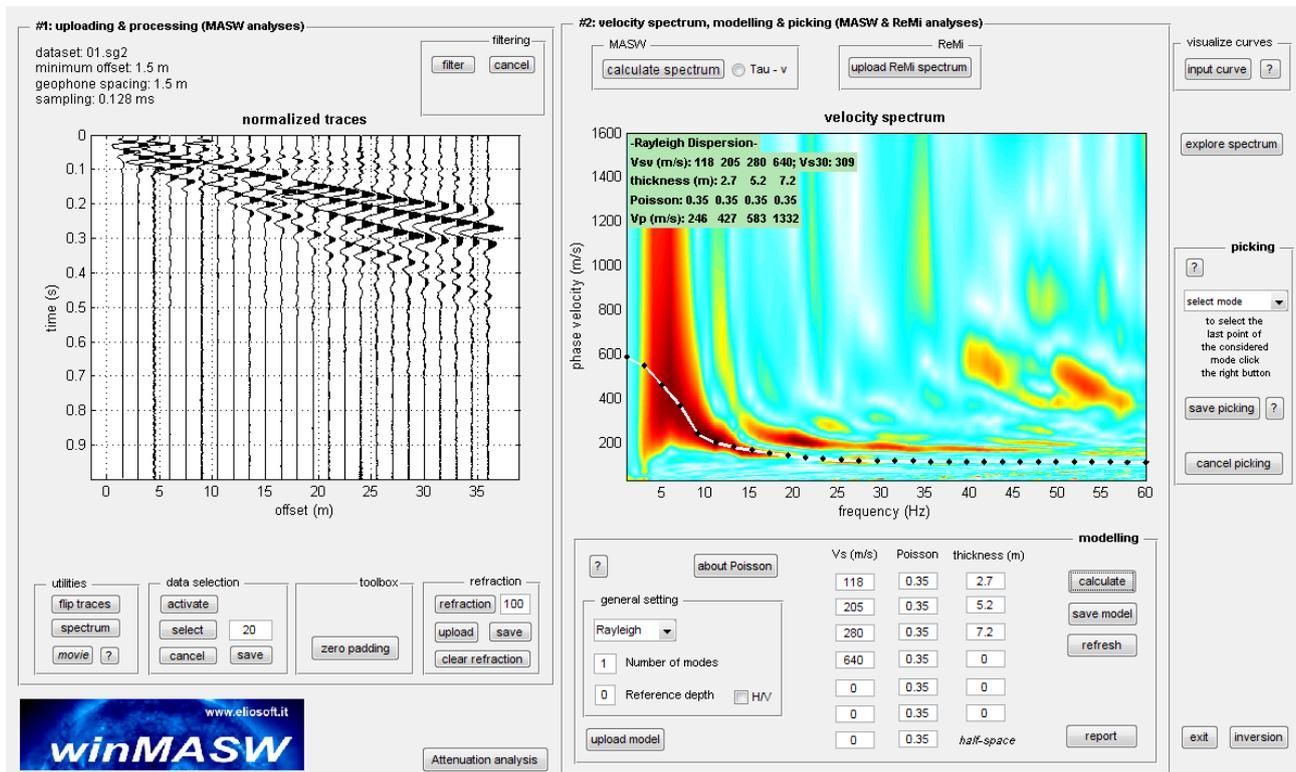


(Fig. 2 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW\_01)

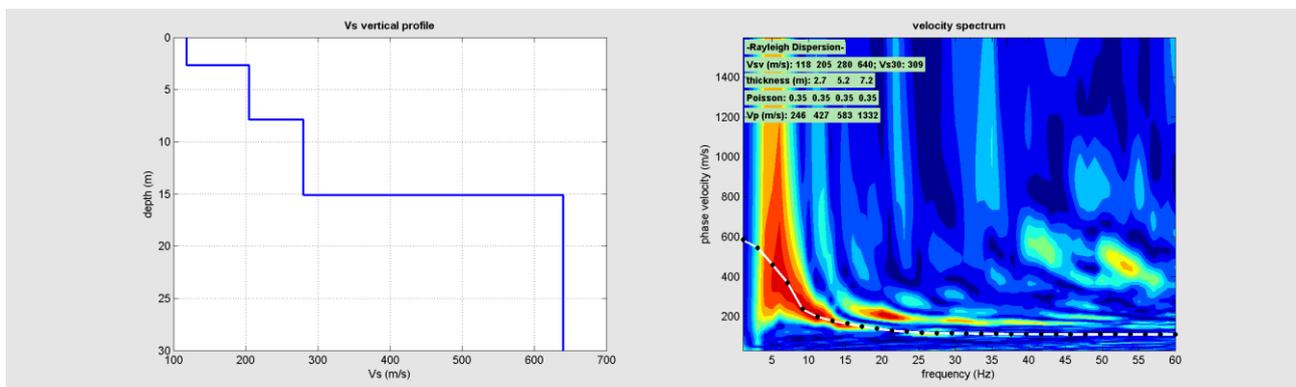


(Fig. 3 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW\_01)

## Risultati prospezione MASW\_02

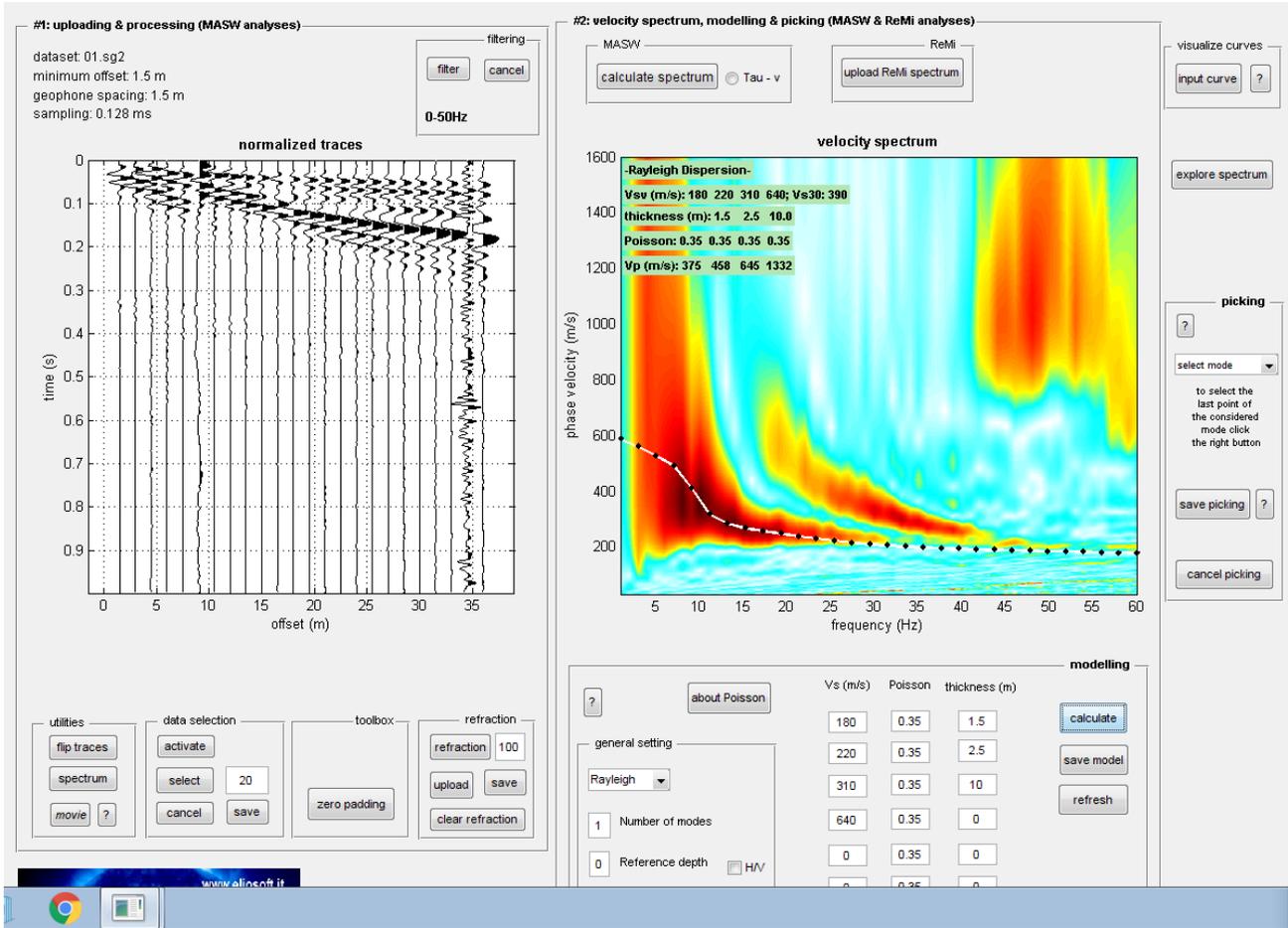


(Fig. 4 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW\_02)

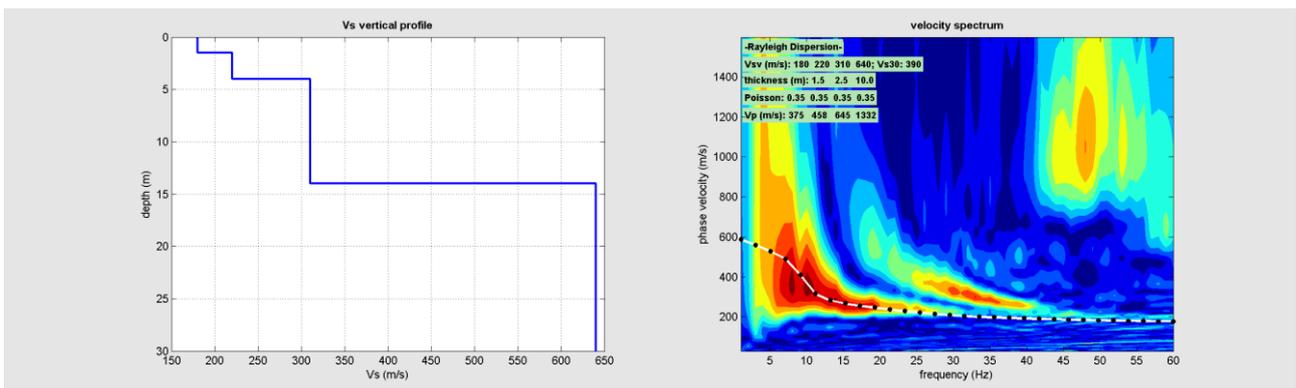


(Fig. 5 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW\_02)

## Risultati prospezione MASW\_04



(Fig. 6 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW\_04)



(Fig. 7 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW\_04)

## 2.4 Analisi dei risultati delle prove MASW

Dall'analisi dei dati sismici relativo alla prove MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio. In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018" la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore "V<sub>s,eq</sub>" (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o "V<sub>s 30</sub>" (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

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

dove:

**h<sub>i</sub>** spessore dell'*i*-esimo strato;

**V<sub>s,i</sub>** velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

**N** numero strati;

**H** profondità del substrato rigido (Bed Rock) < di 30,0 m caratterizzato da velocità non inferiore a 800,00 m/s; o H = 30,0 m nel caso in cui il substrato rigido sia a profondità maggiori di 30,0 m

Da quanto sopra esposto, si è calcolato un valore di velocità di **V<sub>s30</sub>**, di **313,00 m/s** nella **MASW\_01**, di **309,00 m/s** nella **MASW\_02** e di **390,00 m/s** nella **MASW\_04**, tenendo conto di una profondità del substrato rigido maggiore di 30,0 m. Quindi la categoria di suolo ai sensi della NTC 2018 relativamente al piano di fondazione dell'opera in progetto è la "**B**" per le **Masw 04** e "**C**" per le **Masw 01** e **Masw 02**.

| V <sub>s 30</sub> (m/s) |         |        |
|-------------------------|---------|--------|
| MASW_01                 | Al p.c. | 313,00 |
| MASW_02                 | Al p.c. | 309,00 |
| MASW_04                 | Al p.c. | 390,00 |

**Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 Gennaio 2018**

**Categoria Suolo di fondazione : "B" per le Masw :04 e "C" per le Masw :01-02**

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW\_01**, evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:



- 0,00 m a – 2,50 m, terreni a grana medio fine, costituiscono l'areato superficiale, risultano poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 237,00 m/s e Vs 100,00 m/s;
- da –2,50 m a -6,70 m terreni a grana medio fine da poco a moderatamente consistenti verso il basso, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 451,00 m/s e Vs 190,00 m/s;
- da -6,70 m a -10,50 m terreni a grana medio-fine da mediamente consistenti a consistenti in profondità, risultano possedere discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 522,00 m/s e Vs 220,00 m/s;
- da -10,50 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto consistenti, risultano possedere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1472,00 m/s e Vs 620,00 m/s

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW\_02**, evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:

- 0,00 m a – 2,70 m, terreni a grana medio fine, costituiscono l'areato superficiale, risultano poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 280,00 m/s e Vs 118,00 m/s;
- da –2,70 m a -7,90 m terreni a grana medio fine da poco a moderatamente consistenti verso il basso, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 487,00 m/s e Vs 205,00 m/s;
- da -7,90 m a -15,10 m terreni a grana medio-fine da mediamente consistenti a consistenti in profondità, risultano possedere discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 665,00 m/s e Vs 280,00 m/s;
- da -15,10 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto consistenti, risultano possedere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1519,00 m/s e Vs 640,00 m/s

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW\_04**, evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:



- 0,00 m a -1,50 m, terreni a grana medio fine, costituiscono l'areato superficiale, risultano poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 427,00 m/s e Vs 180,00 m/s;
- da -1,50 m a -4,00 m terreni a grana medio fine da poco a moderatamente consistenti verso il basso, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 522,00 m/s e Vs 220,00 m/s;
- da -4,00 m a -14,00 m terreni a grana medio-fine consistenti, risultano possedere discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 736,00 m/s e Vs 310,00 m/s;
- da -14,00 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto consistenti, risultano possedere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1519,00 m/s e Vs 640,00 m/s

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali, alle forze che le originano. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della deformazione elastica. Le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e quindi, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

$E$ (modulo di elasticità o di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

$\nu$ (rapporto di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

$G$ (modulo di rigidità o di Taglio) da una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

$K$ (modulo di compressione) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.

$\mu$ (modulo di Lamè) tiene conto delle tensioni tangenziali provocate dalle componenti normali dello sforzo.

## Caratterizzazione sismica e relativi moduli elastici-dinamici

| Sismostrato<br>MASW_01 | Spessore<br>(m) | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | Densità<br>(gr/cm3) | Mod. di<br>Poisson | Mod. di<br>Taglio<br>(MPa) | Mod. di<br>Compressione<br>(MPa) | Mod. di<br>Young<br>(MPa) | Mod di<br>Lamè<br>(MPa) |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| I                      | 2,50            | 237,00      | 100,00      | 1,71                | 0,39               | 17,00                      | 73,00                            | 48,00                     | 62,00                   |
| II                     | 4,20            | 451,00      | 190,00      | 1,86                | 0,39               | 67,00                      | 289,00                           | 187,00                    | 244,00                  |
| III                    | 3,80            | 522,00      | 220,00      | 1,90                | 0,39               | 92,00                      | 394,00                           | 256,00                    | 333,00                  |
| IV                     | 19,50           | 1472,00     | 620,00      | 2,15                | 0,39               | 826,00                     | 3553,00                          | 2299,00                   | 3003,00                 |

| Sismostrato<br>MASW_02 | Spessore<br>(m) | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | Densità<br>(gr/cm3) | Mod. di<br>Poisson | Mod. di<br>Taglio<br>(MPa) | Mod. di<br>Compressione<br>(MPa) | Mod. di<br>Young<br>(MPa) | Mod di<br>Lamè<br>(MPa) |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| I                      | 2,70            | 280,00      | 118,00      | 1,75                | 0,39               | 24,00                      | 105,00                           | 68,00                     | 88,00                   |
| II                     | 5,20            | 487,00      | 205,00      | 1,88                | 0,39               | 79,00                      | 340,00                           | 220,00                    | 288,00                  |
| III                    | 7,20            | 665,00      | 280,00      | 1,95                | 0,39               | 153,00                     | 660,00                           | 427,00                    | 558,00                  |
| IV                     | 14,90           | 1519,00     | 640,00      | 2,16                | 0,39               | 883,00                     | 3796,00                          | 2458,00                   | 3208,00                 |

| Sismostrato<br>MASW_04 | Spessore<br>(m) | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | Densità<br>(gr/cm3) | Mod. di<br>Poisson | Mod. di<br>Taglio<br>(MPa) | Mod. di<br>Compressione<br>(MPa) | Mod. di<br>Young<br>(MPa) | Mod di<br>Lamè<br>(MPa) |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| I                      | 1,50            | 427,00      | 180,00      | 1,85                | 0,39               | 60,00                      | 257,00                           | 167,00                    | 217,00                  |
| II                     | 2,50            | 522,00      | 220,00      | 1,90                | 0,39               | 92,00                      | 394,00                           | 256,00                    | 333,00                  |
| III                    | 10,00           | 736,00      | 310,00      | 1,98                | 0,39               | 190,00                     | 819,00                           | 530,00                    | 692,00                  |
| IV                     | 16,00           | 1519,00     | 640,00      | 2,16                | 0,39               | 883,00                     | 3796,00                          | 2458,00                   | 3208,00                 |

## 2.5 Descrizione e finalità dell'indagine tomografica sismica superficiale

Il metodo della sismica consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) o delle onde di taglio (Onde S), le unità litologiche presenti nell'area di indagine e determinarne così, la geometria, gli spessori e i contatti delle unità litotecniche riscontrate. In particolare, il metodo della tomografia sismica superficiale, consente di individuare apprezzabili variazioni delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, permettendo di ottenere un modello di distribuzione delle velocità mediante la restituzione di una mappa di tipo "profondità-velocità", dove è possibile ricostruire con buona approssimazione, la geometria dei materiali di copertura e anche, tramite la variazione progressiva della velocità nel sottosuolo, individuare quelle aree in cui i materiali risultano avere maggior grado di costipazione e quindi migliori caratteristiche fisico-meccaniche. In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

## 2.6 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della tomografia Sismica

| Tomografia Sismica superficiale | Lunghezza Stendimento (m) | Step-geofoni (interasse in m.) | n° geofoni |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------|
| Tom_01                          | 34,50                     | 1,50                           | 24         |
| Tom_02                          | 34,50                     | 1,50                           | 24         |
| Tom_03                          | 34,50                     | 1,50                           | 24         |
| Tom_04                          | 34,50                     | 1,50                           | 24         |

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è una stazione sismica a 24 canali ECHO 12-24/2012 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali, aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger. La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, lungo la direzione dello stendimento, sollecitazioni dinamiche verticali, per la precisione n°7 battute, per la generazione delle onde sismiche e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie a distanze note e prefissate, mediante sensori (geofoni) a componente verticale. Gli stendimenti sono stati eseguiti con una disposizione di n° 24 geofoni per le registrazioni degli arrivi delle fasi P .

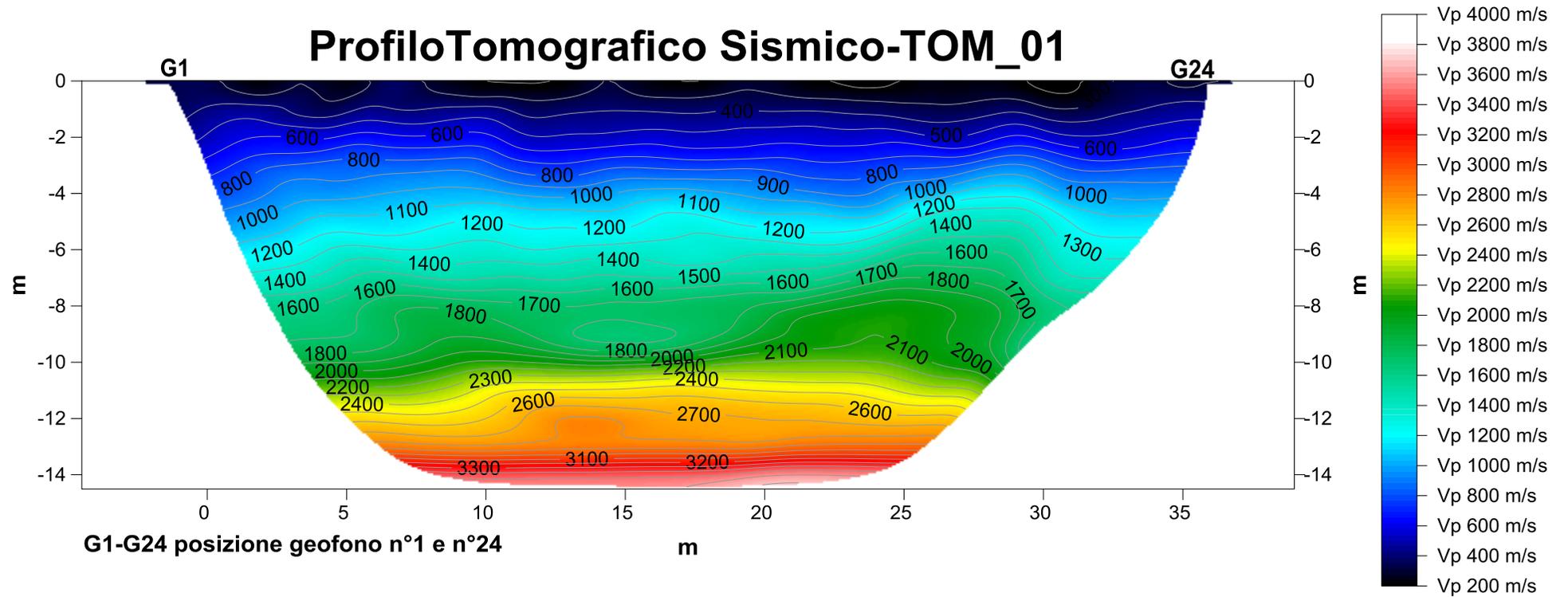
## 2.7 Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche superficiali

Il sismogramma registrato, è stato elaborato con un software denominato "Echo 12-24", mediante procedura di "piking", cioè in ogni traccia del sismogramma viene

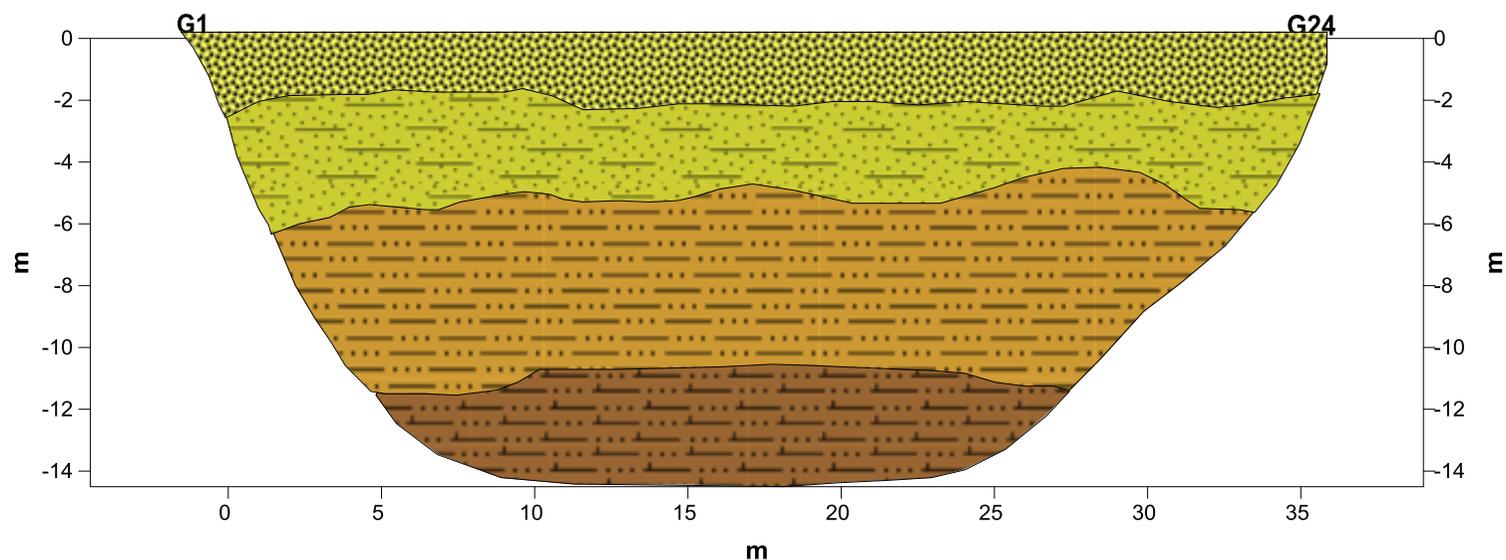
individuato il tempo di arrivo delle onde P, successivamente, si è proceduto ad utilizzare per mezzo di un software dedicato, il “**Rayfract2.65**”, un codice di elaborazione tomografica denominato come “**Inversione Tomografica WET**” (Wavepath Eikonal Traveltime), questa particolare tecnica di inversione tomografica, permette il calcolo delle traiettorie dell’onda attraverso la soluzione di complesse equazioni, definite in letteratura come eikonale quation di Fresnel, ottenendo così un modello 2D di velocità-profondità, visualizzato con apposito software di countouring.

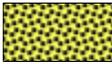
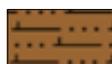
## **2.8 Analisi dei risultati delle indagini tomografiche sismiche-onde P.**

Lo scopo delle indagini, è stato quello di determinare lo spessore dei materiali arenati, poco addensati, aventi scadenti caratteristiche meccaniche. Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, sono legati alla densità e al grado di costipazione dei terreni e quindi alla velocità di transito delle onde sismiche, nella fattispecie le onde P. Di seguito vengono raffigurate le sezioni tomografiche superficiali e le relative sezioni sismostratigrafiche interpretative. Nello specifico nelle sismosezioni c’è un interpretazione dove viene definita lo spessore dei terreni e la loro consistenza e quindi le proprie caratteristiche fisico-meccaniche. Considerato che la velocità delle propagazione delle onde sismiche, è legata essenzialmente alla densità e alla consistenza dei materiali, è stato possibile identificare i terreni con vari gradi di addensamento. Infatti nelle sismosezioni interpretative sono stati discretizzati n.4 sismostrati in base a determinati range di velocità di propagazione delle onde P.

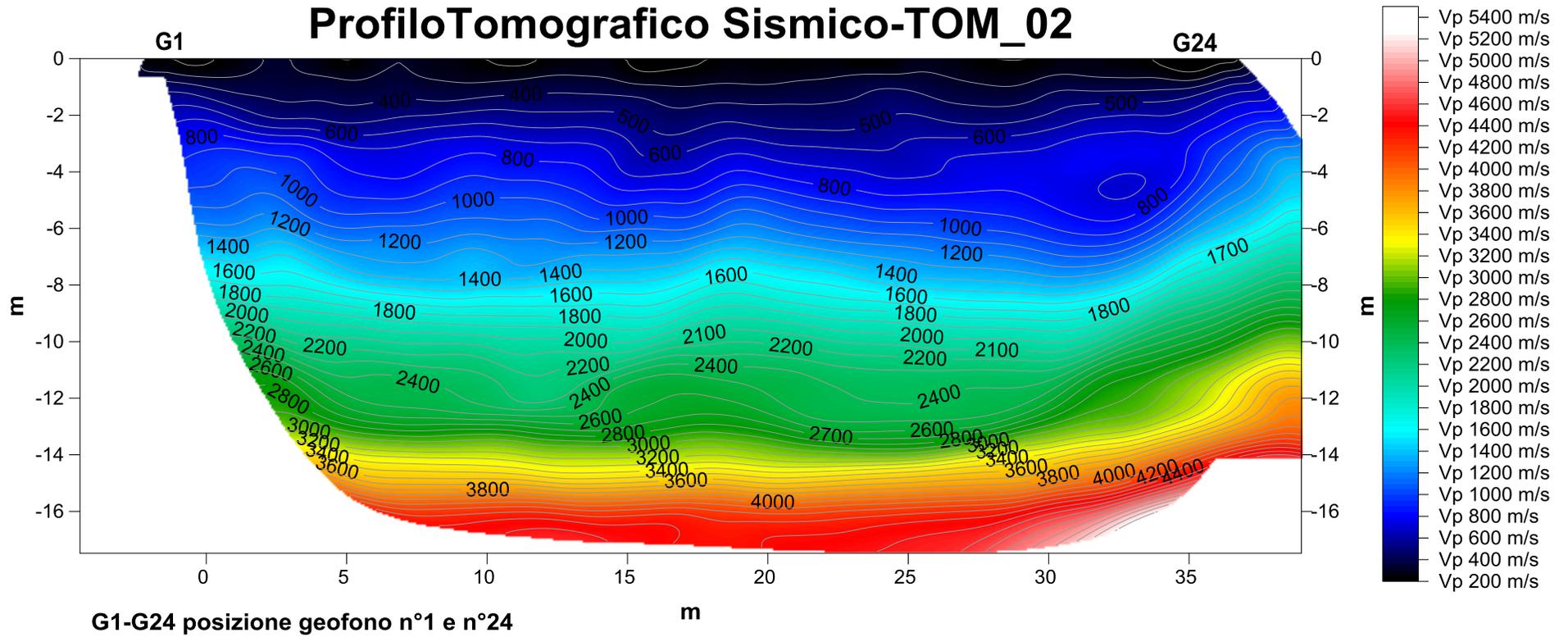


## Profilo Tomografico Sismico Interpretativo-TOM\_01

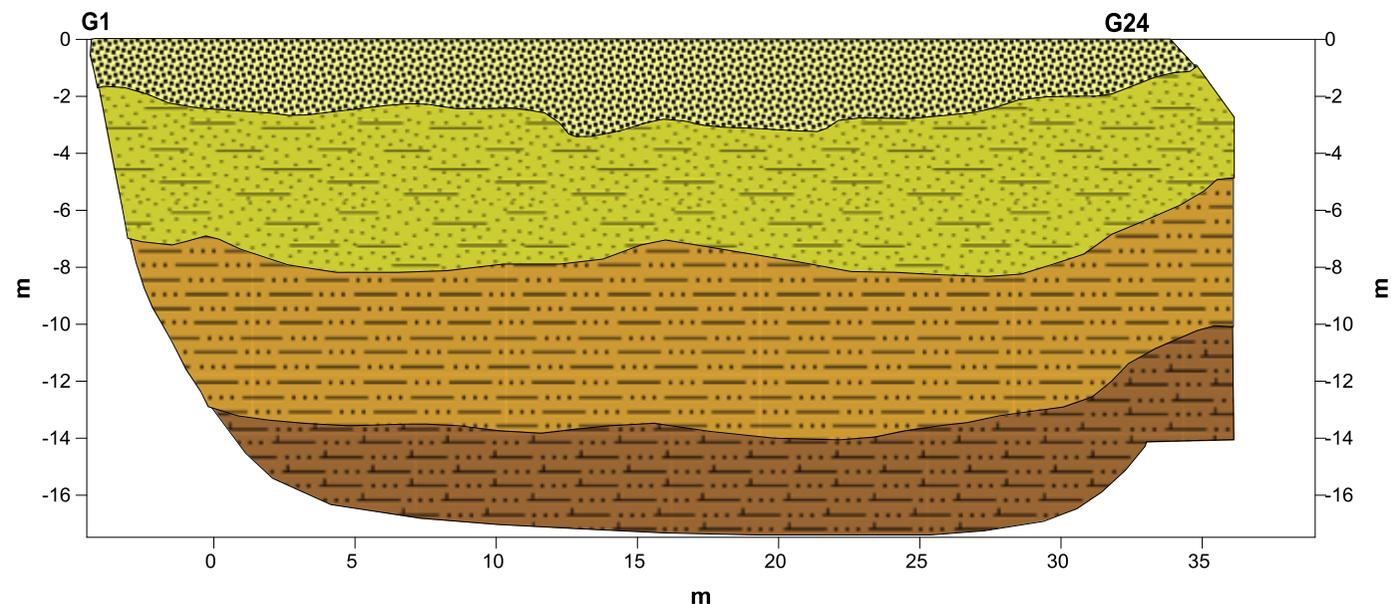


-  Materiali di copertura a grana medio fine  $V_p < 600,0$  m/s
-  Materiali a grana medio fine da poco a mediamente consistenti verso la profondità  $1200,00$  m/s  $>V_p > 600,00$  m/s
-  Materiali a grana medio fine da mediamente consistenti a consistenti verso la profondità  $2400,00$  m/s  $>V_p > 1200,00$  m/s
-  Materiali a grana medio fine consistenti  $V_p > 2400,00$  m/s

**G1-G24 posizione geofono n°1 e n°24**

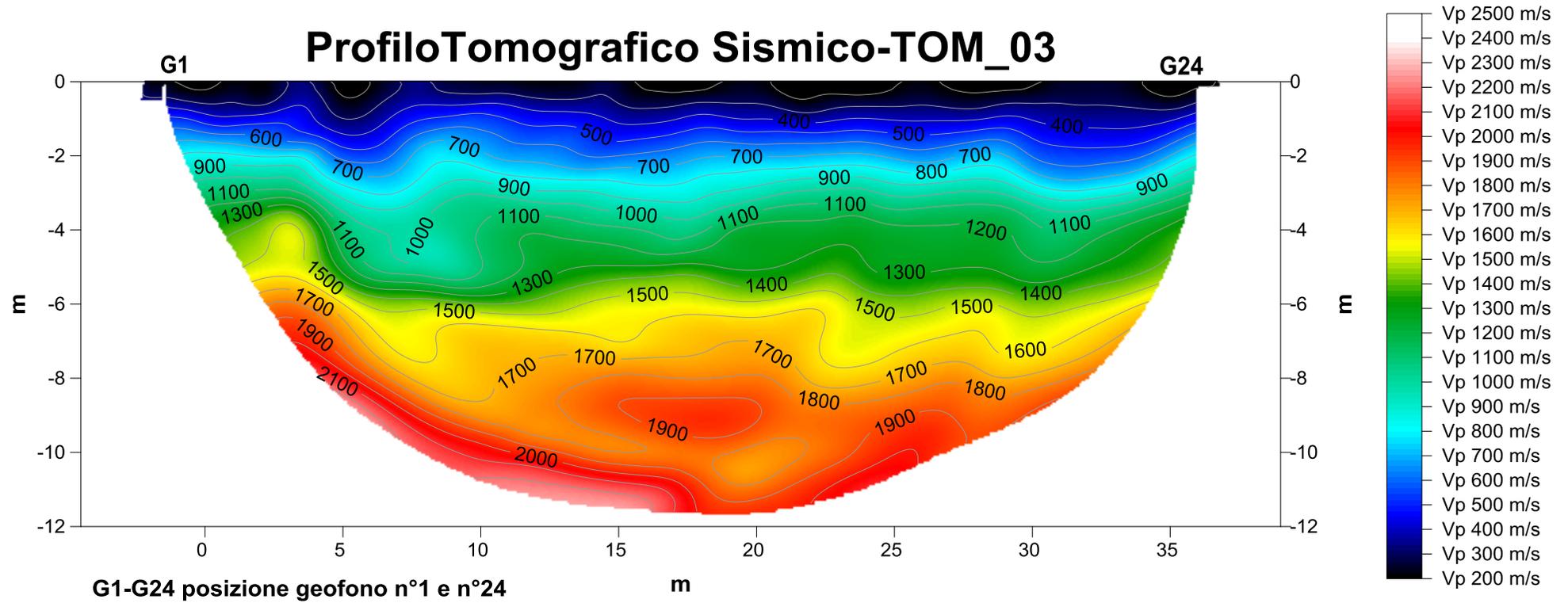


## Profilo Tomografico Sismico Interpretativo-TOM\_02

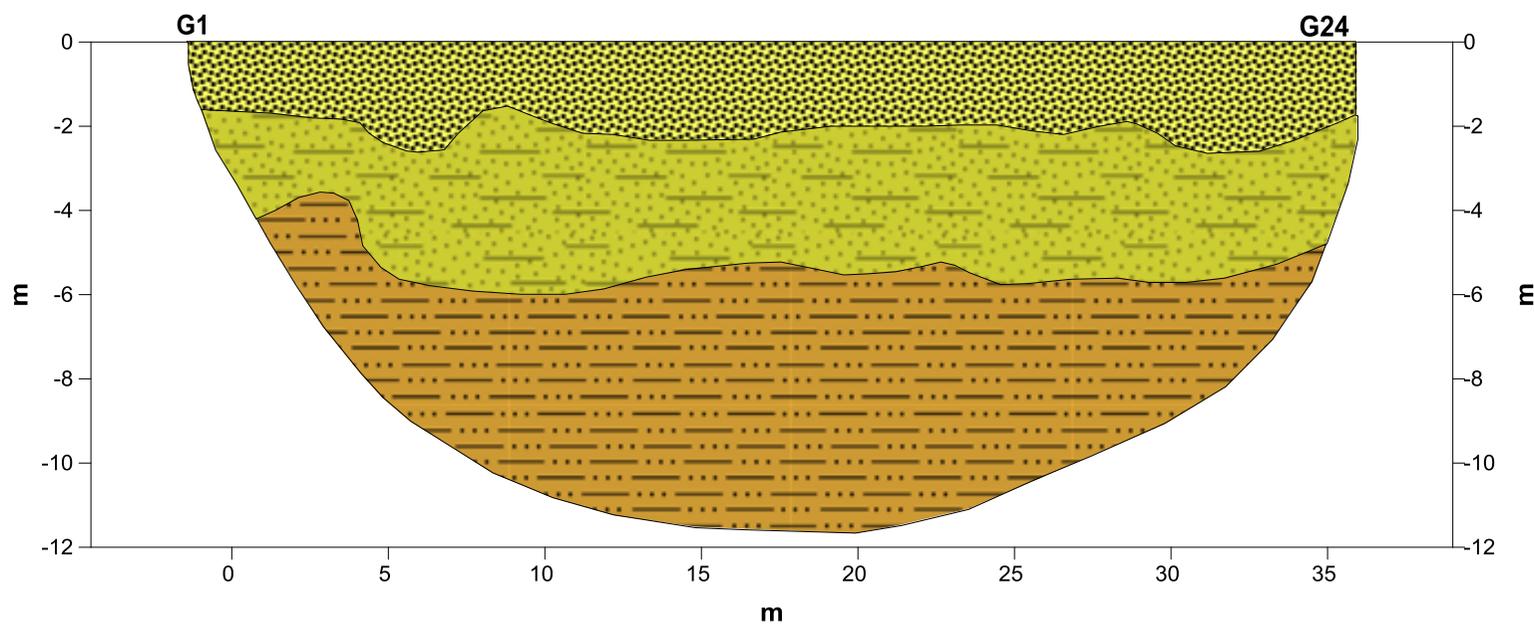


-  Materiali di copertura a grana medio fine  $V_p < 600,0$  m/s
-  Materiali a grana medio fine da poco a mediamente consistenti verso la profondità  $1500,00$  m/s  $>V_p > 600,00$  m/s
-  Materiali a grana medio fine da mediamente consistenti a consistenti verso la profondità  $3000,00$  m/s  $>V_p > 1500,00$  m/s
-  Materiali a grana medio fine consistenti  $V_p > 3000,00$  m/s

**G1-G24** posizione geofono n°1 e n°24



## Profilo Tomografico Sismico Interpretativo-TOM\_03



Materiali di copertura a grana medio fine  $V_p < 700,0$  m/s

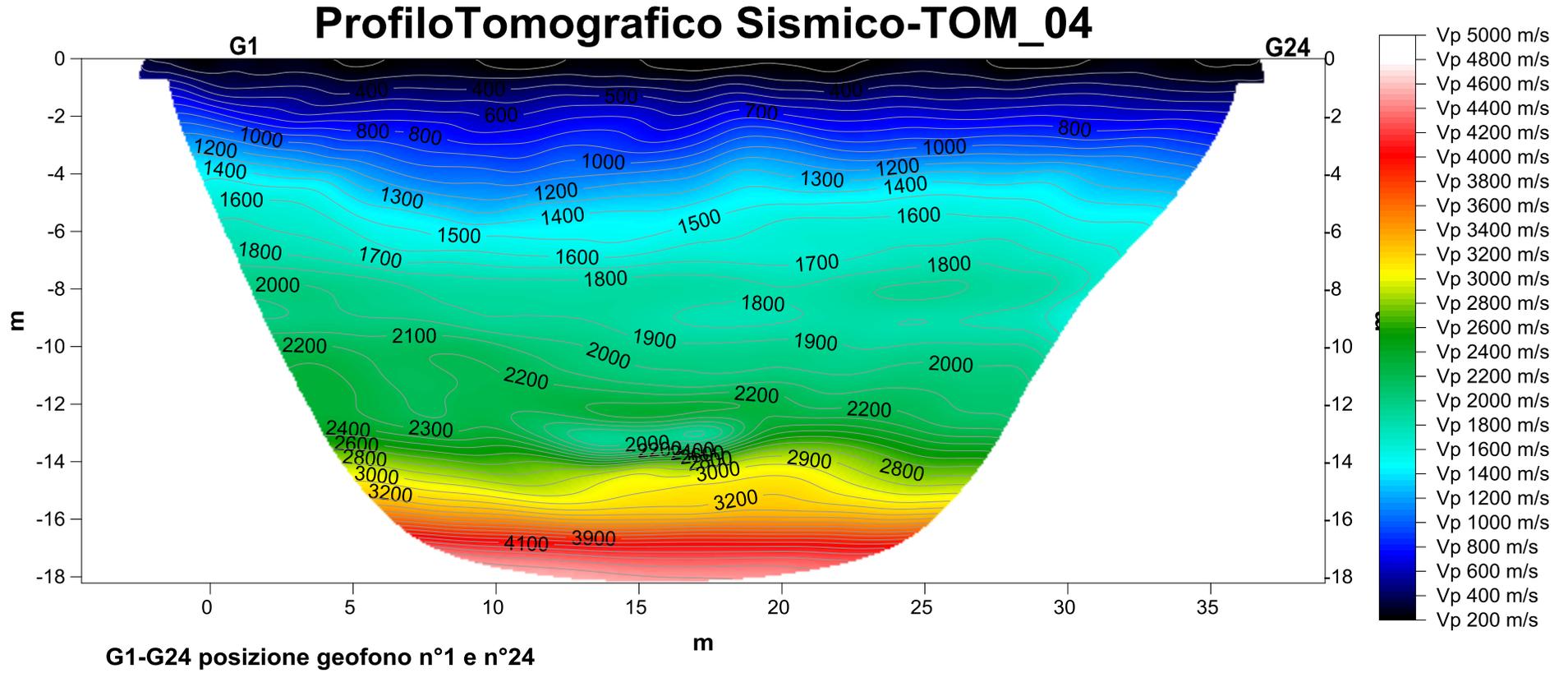


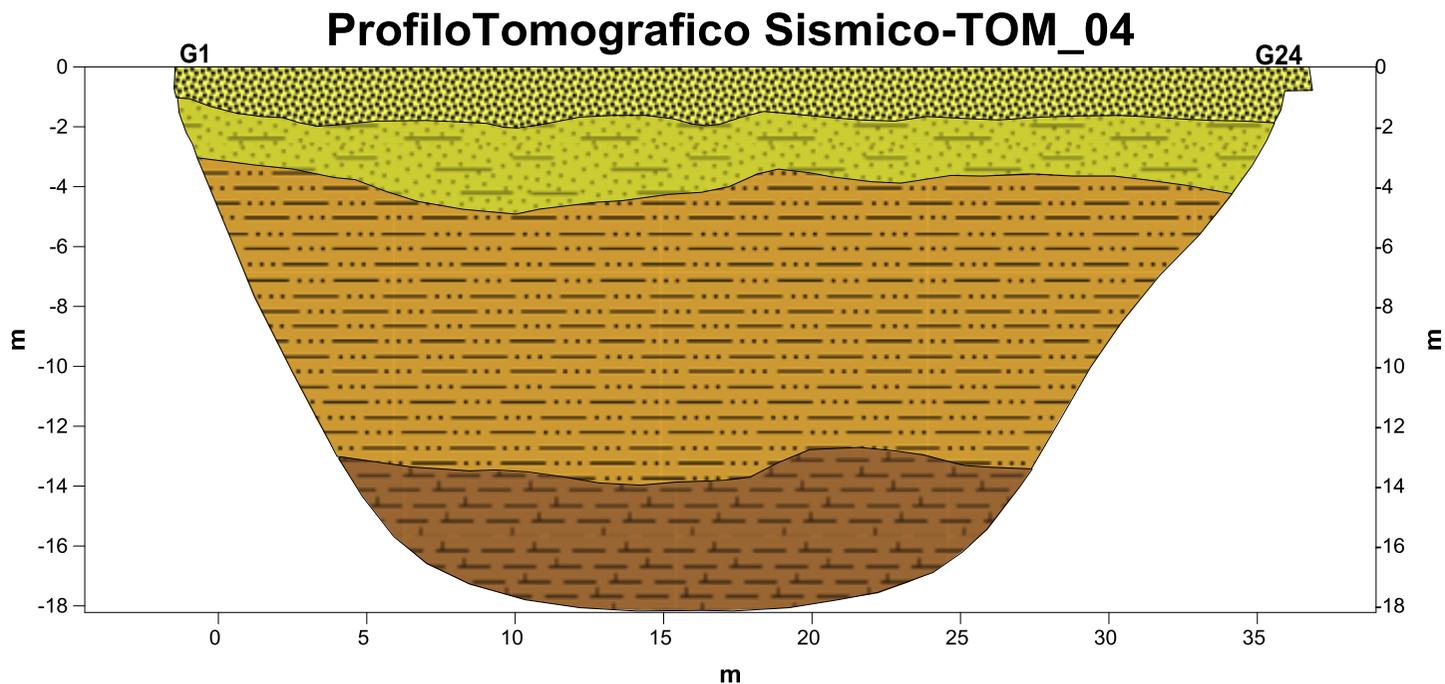
Materiali a grana medio fine da poco a mediamente consistenti verso la profondità  $1400,00$  m/s  $>V_p > 700,00$  m/s

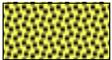


Materiali a grana medio fine da mediamente consistenti a consistenti verso la profondità  $V_p > 1400,00$  m/s

**G1-G24 posizione geofono n°1 e n°24**





- 
Materiali di copertura a grana medio fine  $V_p < 600,0$  m/s
- 
Materiali a grana medio fine da poco a mediamente consistenti verso la profondità  $1200,00$  m/s  $>V_p > 600,00$  m/s
- 
Materiali a grana medio fine da mediamente consistenti a consistenti verso la profondità  $2400,00$  m/s  $>V_p > 1200,00$  m/s
- 
Materiali a grana medio fine consistenti  $V_p > 2400,00$  m/s

**G1-G24 posizione geofono n°1 e n°24**

Dai risultati e dalla successiva elaborazione dei dati, si evince che il settore in studio è caratterizzato da un substrato costituito da materiali di natura “Argillo-limosa” che risultano ricoperti in superficie da un areato superficiale (verosimilmente di origine eluvio-colluviale) che può raggiungere spessori variabili dai 2,00 m a 3,00 m. Dall’analisi dei tomogrammi, le linee di isovelocità, mostrano nel complesso un andamento regolare indicante una omogeneità litotecnica e litologica dei materiali.

### **Descrizione dei profili tomografici di velocità delle onde P:**

L’ubicazione e il posizionamento degli stendimenti di tomografia sismica 2D sono stati pianificati e programmati con la committenza alla luce delle ristrettezze logistiche dello stato dei luoghi, con il fine di ottenere un’ottimale ed ampia copertura dell’area indagata (*vedi allegato – planimetria con ubicazione delle indagini*).

In particolar modo, l’area nella sua interezza ha mostrato un assetto litotecnico piuttosto simile e omogeneo, che si manifesta con una marcata omogeneità litologica che rappresenta tutt’ora l’assetto stratigrafico del settore in studio. Nel complesso un modello sismostratigrafico tipo caratterizzante il settore in studio può essere rappresentato a partire dall’alto da una copertura di terreni superficiali che definiscono un primo sismostrato con spessore variabile da 2,50 m -3,00 costituito da materiali superficiali alterati. Le velocità di transito delle onde P al loro interno, risultano inferiori ai 700,00 m/s.

A seguire il secondo sismostrato, che raggiunge profondità medie comprese tra circa 4,0-6,0 m, Si tratta di materiali Argillo-limosi parzialmente alterati, da poco a mediamente consistenti verso il basso con velocità delle onde P al suo interno comprese tra 600,0 m/s ed i 1500,0 m/s. Il terzo sismostrato si intercetta a profondità variabile dai 6,0 m – fino a 14,0 m dal p.c.. E’ costituito da materiali della stessa natura litologica, dove la velocità di propagazione delle onde P è compresa tra 1200,0 e 3000,0 m/s. Tali velocità si riscontrano in terreni abbastanza consistenti che posseggono ottime caratteristiche fisico-meccaniche. Infine l’ultimo sismostrato, formato sempre da materiali a grana medio fine di natura argillosa, si presenta molto consistente e la velocità di propagazione delle onde di compressione risultano maggiori di 2400,0 m/s.

Per quanto riguarda le indagini MASW, hanno mostrato un’alta correlatività con i modelli delle sezioni sismostratigrafiche derivanti dalla elaborazione delle indagini tomografiche

2D. Dalle indagini MASW sono state fornite le colonne sismostratigrafiche, che riportano per ogni sismostrato i valori di velocità delle onde Vs, dove è stato possibile determinare ai fini dell'azione sismica di progetto le categorie di sottosuolo ai sensi delle vigenti NTC 2018; che risultano essere : “**B**” per le Masw:04 e “**C**” per le Masw:01–02. Inoltre sono state fornite delle tabelle dove vengono riportati i valori dei moduli elastici caratteristici per ogni sismostrato.

### 3. Conclusioni

#### 3.1 Considerazioni conclusive

La risultanza delle prospezioni MASW e delle tomografie sismiche, hanno consentito di qualificare e quantificare le caratteristiche sismiche dei terreni interessati dallo studio geologico. Il modello di riferimento simo-stratigrafico, restituito dalle prospezioni, ha mostrato una apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della area in studio (materiali argilloso-sabbiosi). Dalle indagini sismiche si è definito un modello sismostratigrafico di dettaglio, dove attraverso la discretizzazione dei sismostrati individuati è stato possibile definire l'assetto litotecnico e sismico dei terreni indagati. Inoltre dall'analisi dei tomogrammi, le linee di isovelocità, mostrano nel complesso un andamento abbastanza regolare che non evidenziano anomalie stratigrafiche degne di nota. Dalle indagini, si nota un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità, correlabile ad un corrispondente aumento delle proprietà litotecniche dei materiali.

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018, la stima del valore del **Vs30** (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri) risulta essere rispettivamente di **313,00 m/s** nella **MASW\_01** e di **309,00 m/s** nella **MASW\_02**, e di **390,00 m/s** nella **MASW\_04**, tenendo conto di una profondità del substrato rigido maggiore di 30,0 m. Quindi la categoria di suolo ai sensi della NTC 2018 relativamente al piano di fondazione dell'opera in progetto è la "**B**" per le **Masw 04** e "**C**" per le **Masw 01-02**.

Polizzi Generosa Aprile 2021

*I tecnici*

*Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza*

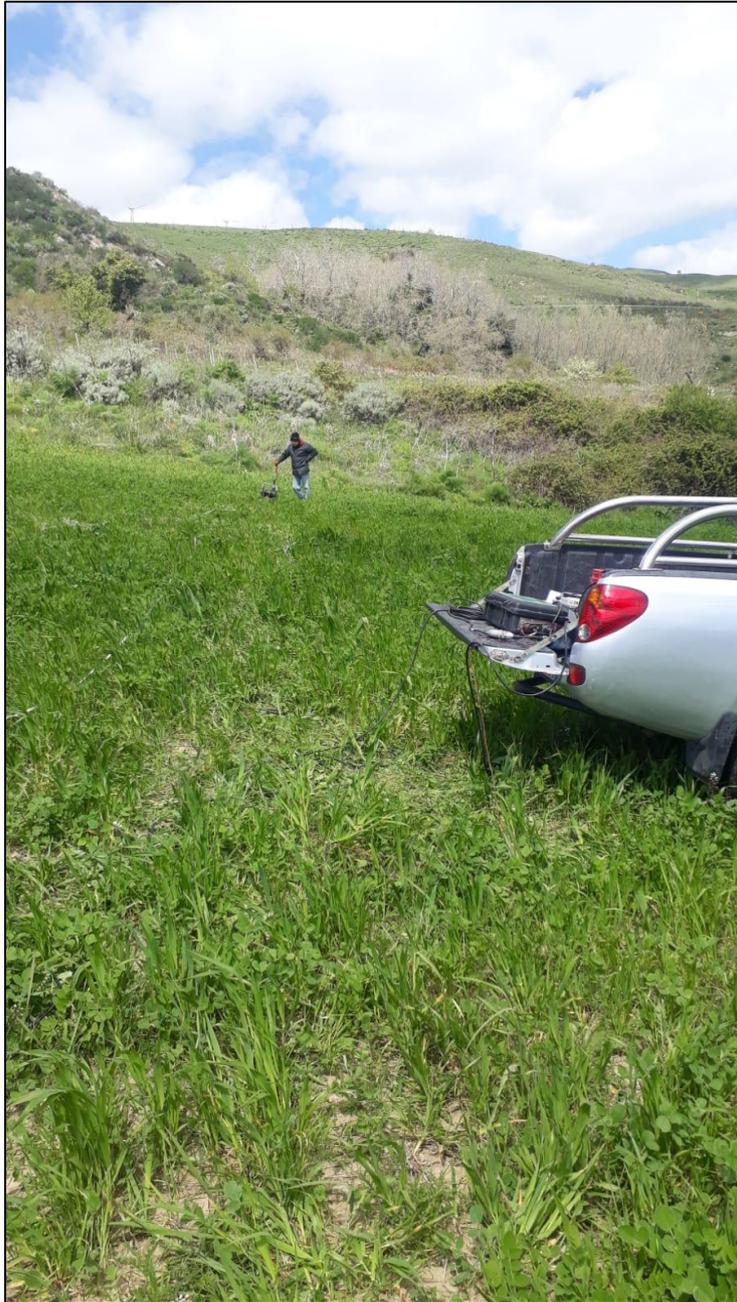
*Dott. Geol. Matteo Costantino*

# Allegati

# Documentazione fotografica



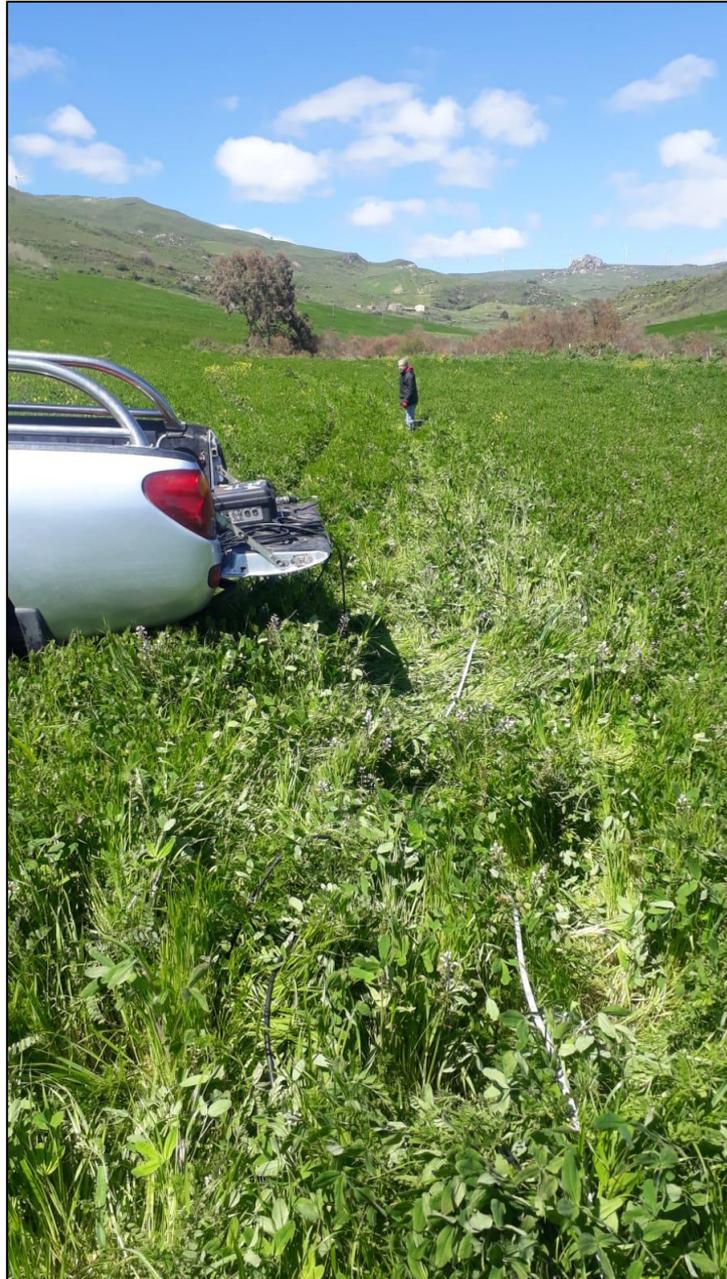
**(Foto n° 1 - Stendimento sismico: Masw\_01 – Tom\_01)**



**(Foto n° 2 - Stendimento sismico – Tom\_02 e Masw\_02)**

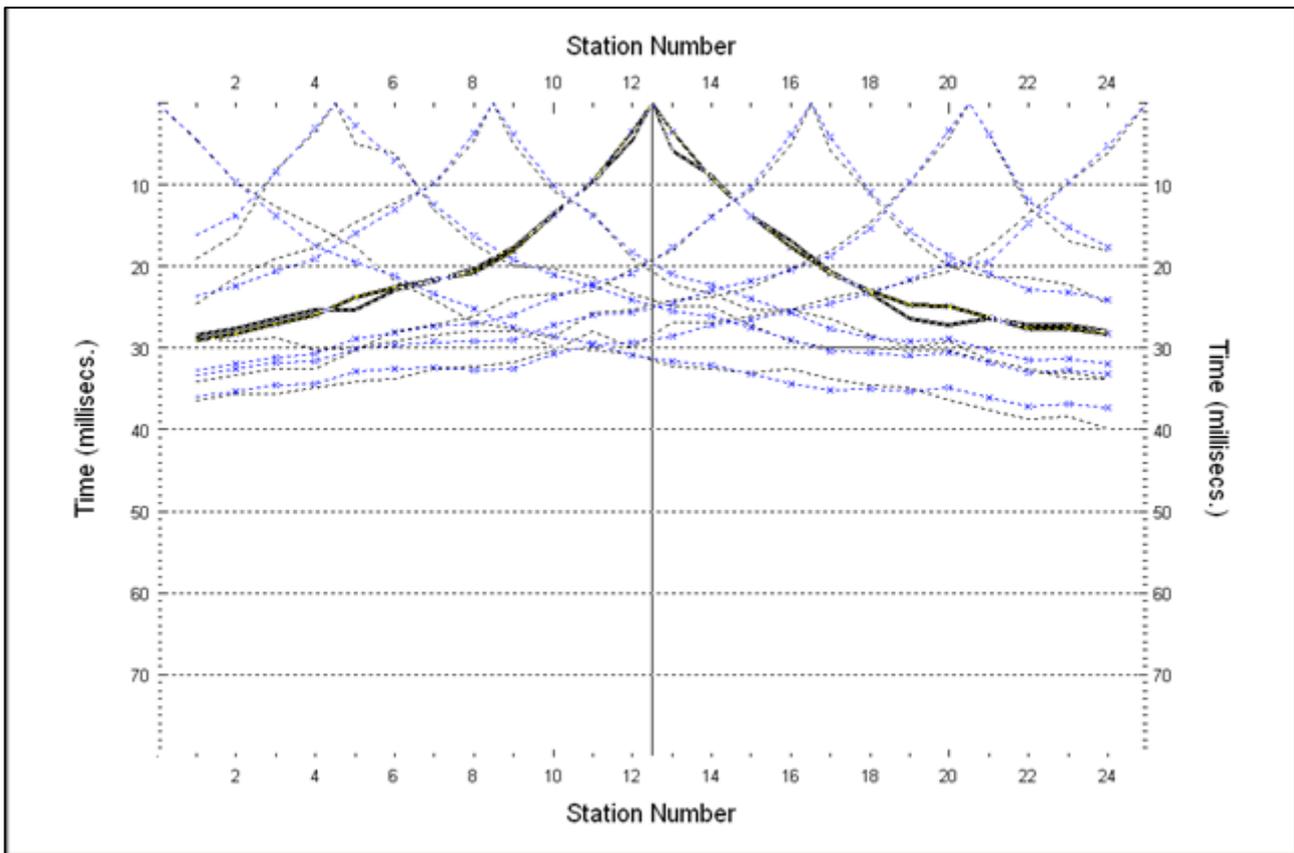


**(Foto n° 3 - Stendimento sismico: Tom\_03)**

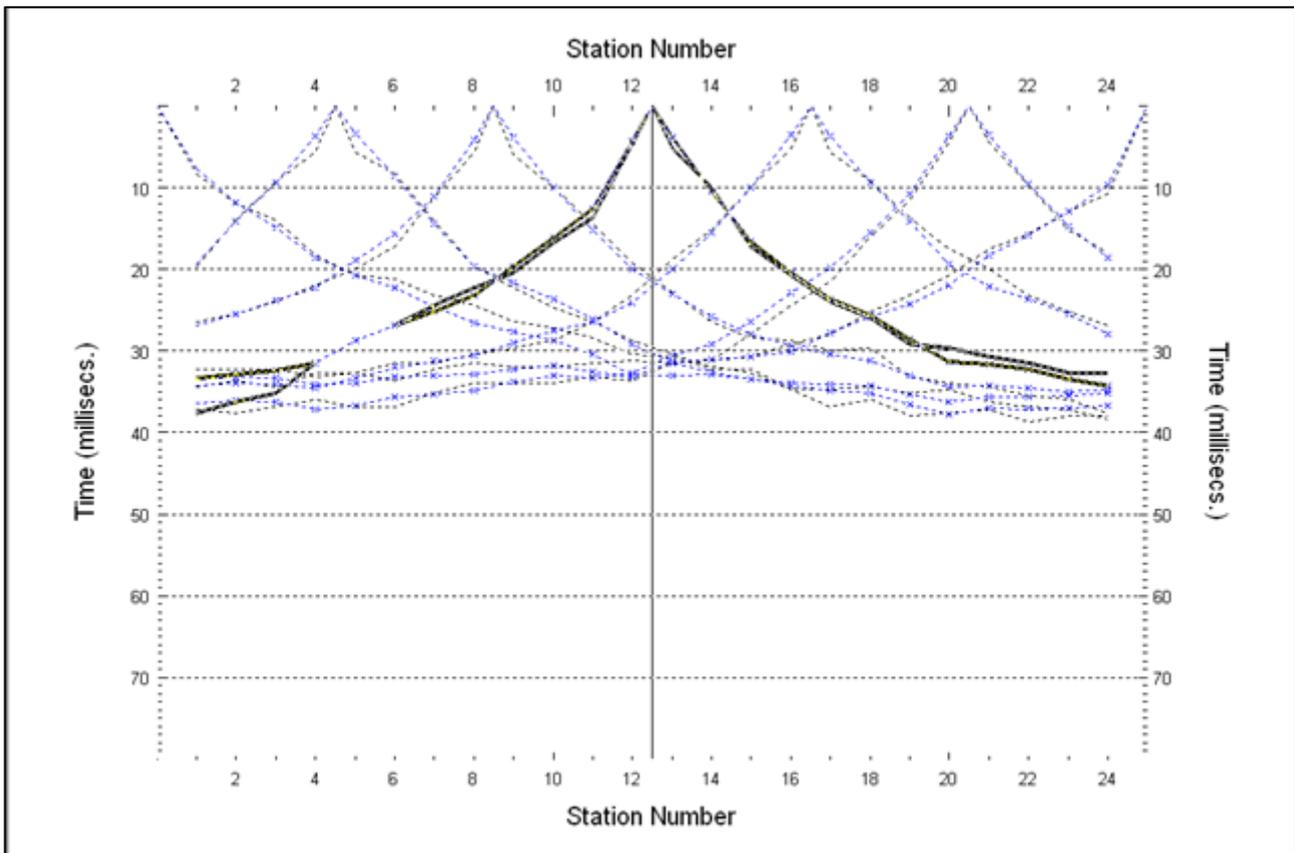


**(Foto n° 4 - Stendimento sismico: Masw\_04 – Tom\_04)**

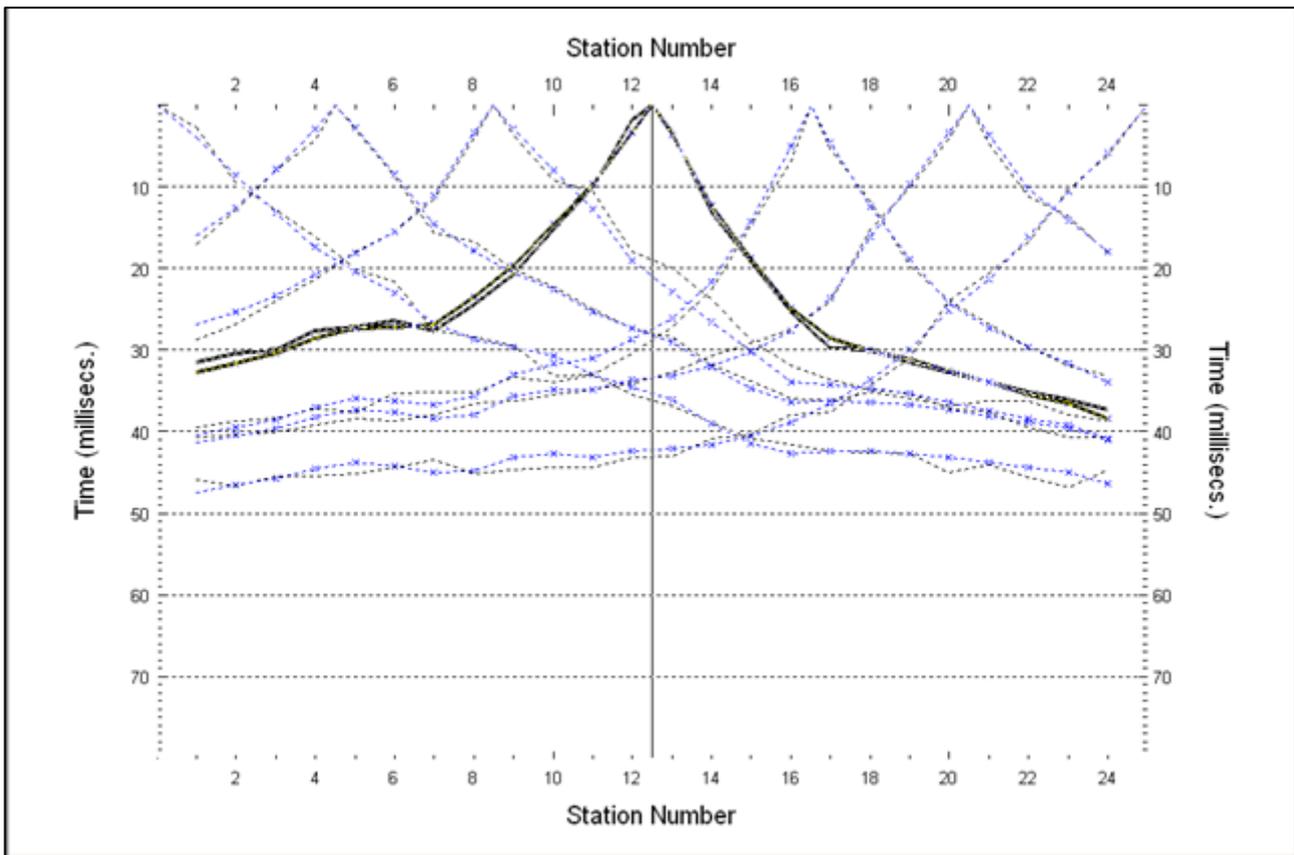
# **Dromocrone delle indagini “Sismiche Tomografiche”**



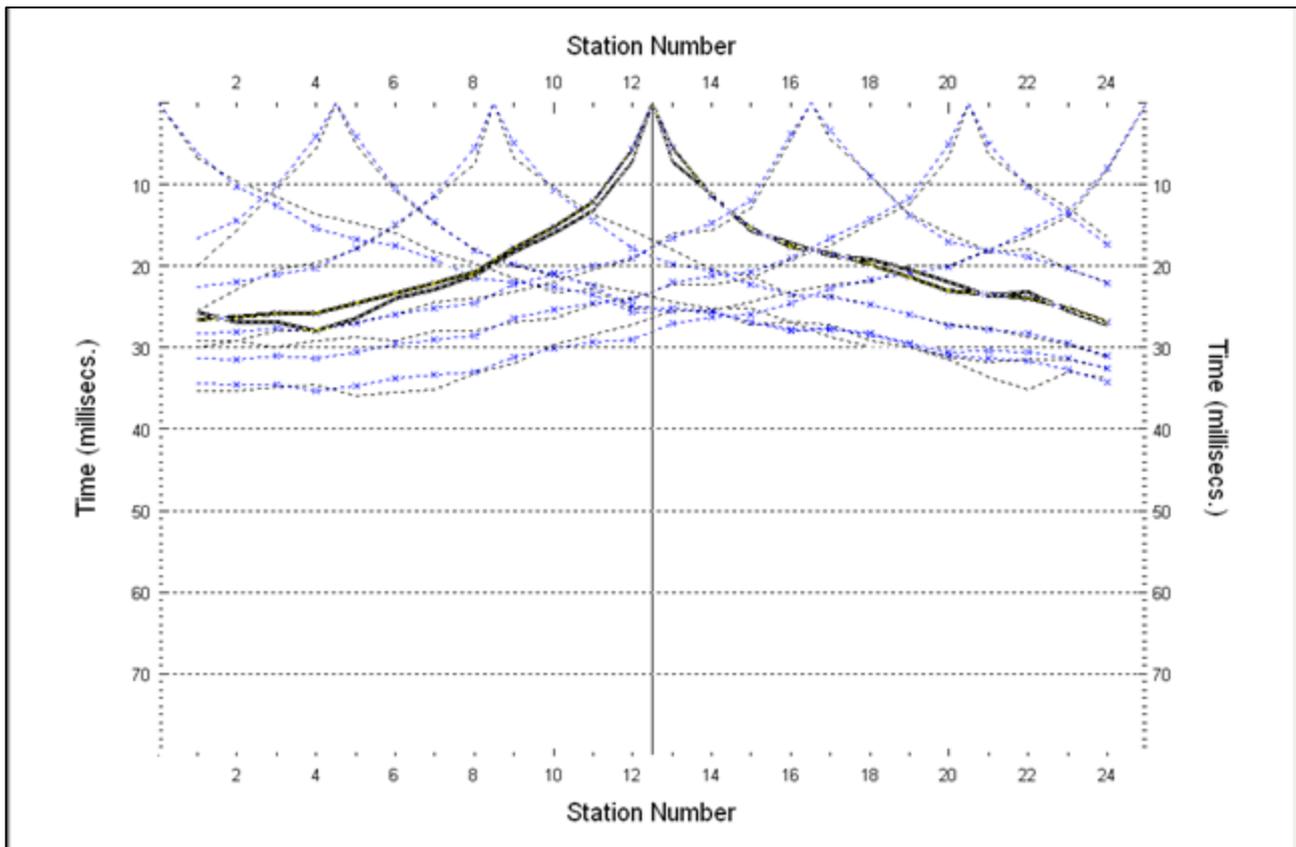
*(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom\_01)*



*(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom\_02)*



*(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom\_03)*



*(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom\_04)*



# COMUNE DI NICOSIA

## (Provincia di Enna)

### OGGETTO:

*RELAZIONE GEOFISICA CON INDAGINI MASW E DI TOMOGRAFIA SISMICA SUPERFICIALE 2D A SUPPORTO DEL PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 2*

## **RELAZIONE GEOFISICA**

### COMMITTENTE:

*Spett. le: AP ENGINEERING srls*

*I tecnici*

*Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza*



*Dott. Geol. Matteo Costantino*



Studio Tecnico di Geologia e Geofisica Applicata  
dei professionisti

Dott. Geol. Matteo Costantino - Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza

Mob: +39 333 2005487

Mob +39 333 3822395

Viale Tirreno n.65, 00141 Roma - C.da S.Venera snc, 90028 Polizzi Generosa (PA)

www.unigeos.com - email info@unigeos.com

# INDICE

## 1. Premessa

## 2. Indagini geofisiche sismiche, strumentazione utilizzata ed interpretazione dei risultati

2.1 *Descrizione e finalità della metodologia MASW*

2.2 *Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della MASW*

2.3 *Interpretazione delle prove MASW*

2.4 *Analisi dei risultati della prova MASW*

2.5 *Descrizione e finalità dell'indagine tomografica sismica superficiale*

2.6 *Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della tomografia sismica*

2.7 *Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche superficiali*

2.8 *Analisi dei risultati delle indagini tomografiche sismiche-onde P.*

## 3. Conclusioni

3.1 *Considerazioni conclusive*

## Allegati

- *Documentazione fotografica*
- *Dromocrone*
- *Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini eseguite*

## 1. Premessa

Su incarico della Ditta "AP ENGINEERING srls", è stata redatta la presente relazione geofisica con esecuzione di indagini tomografiche sismiche 2D e MASW a supporto del "PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 2

Le prove sismiche sono state eseguite dallo Studio Geologico Tecnico "UNIGeos" di Polizzi Generosa nella persona del Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Sicilia al n°2289 e nella persona del Dott. Geol. Matteo Costantino regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi del Lazio al n°1824. In particolare, lo studio, è finalizzato alla definizione delle caratteristiche sismiche del terreno di fondazione in cui saranno fondati i nuovi pannelli fotovoltaici.

Nelle pagine seguenti vengono riassunti i risultati emersi dagli approfondimenti condotti e, nello specifico, sono trattate le problematiche relative all'assetto morfologico e geolitologico locale in relazione alle opere infrastrutturali in progetto.

Si rammenta che il presente lavoro è opera dell'ingegno. E' vietata, pertanto, la riproduzione, anche parziale, degli elaborati che rimangono di proprietà intellettuale dello scrivente. Ogni diritto è riservato (Art. 99 L. 633/41).

## 2. Indagini geofisiche sismiche, strumentazione utilizzata ed interpretazione dei risultati

Per quanto riguarda le indagini geofisiche sismiche sono state eseguite n° 2 prospezioni geofisiche del tipo "MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999)" e n°2 Tomografie sismiche superficiali 2D. Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nella planimetria allegata (*vedi Allegato*).

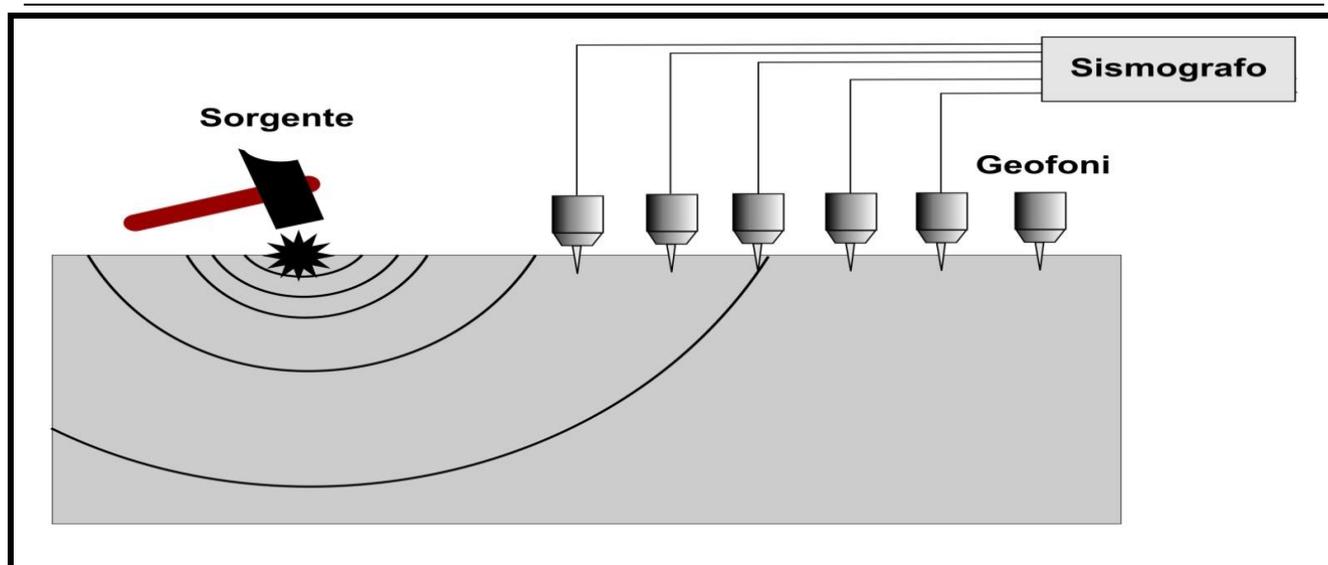
| N° | Tipo di Indagine                   |
|----|------------------------------------|
| 02 | MASW                               |
| 02 | Tomografia sismica superficiale 2D |

## 2.1 Descrizione e finalità della metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase, anche se influenzate dalla  $V_p$  (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla  $V_s$  (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Che permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz.

## 2.2 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della MASW

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2012 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo. La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde Rayleigh e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante geofoni a componente verticale (*vedi Fig.n°1*).



(Fig. n° 1 - Schematizzazione dello stendimento sismico di tipo MASW)

### 2.3 Interpretazione delle prove MASW

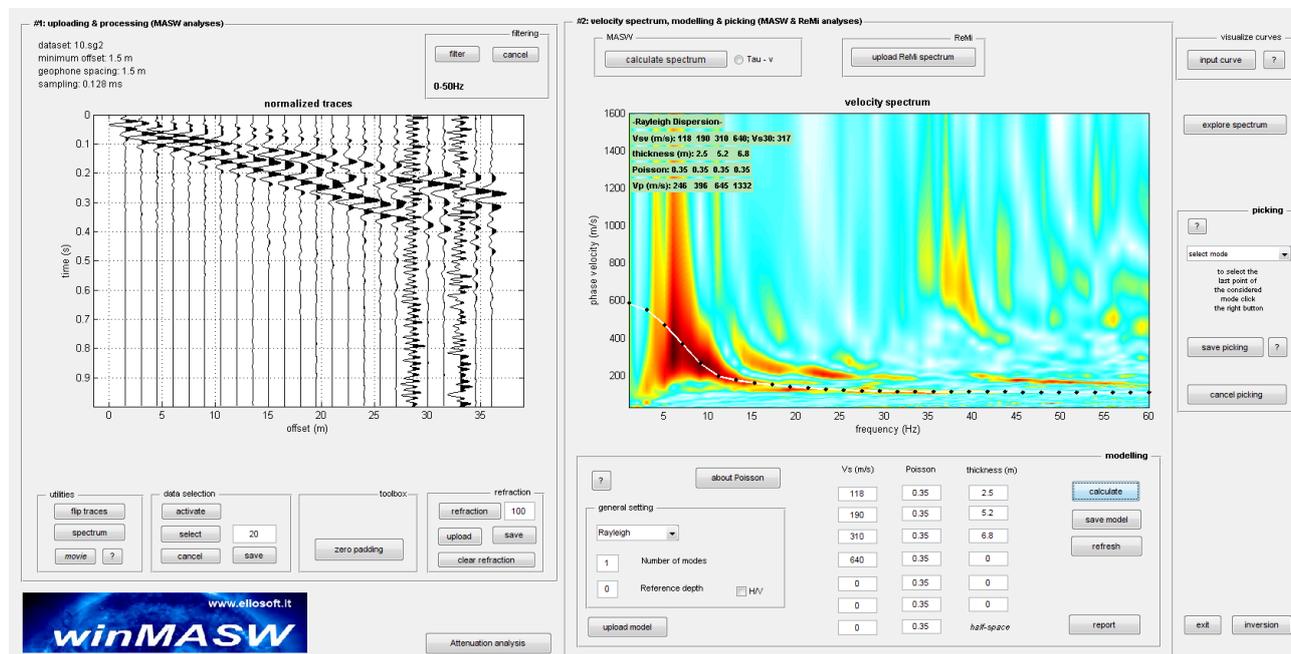
I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software WinMasw 4.3 professional. L'operazione di processing, nella fattispecie definita come "modellazione diretta", consiste in un fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti. Il modello del profilo verticale delle Vs, deve essere coerente, con l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata. Inoltre, tali sismostrati verranno utilizzati per il calcolo del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) così come sancito dalle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018. In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

#### **"MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)"**

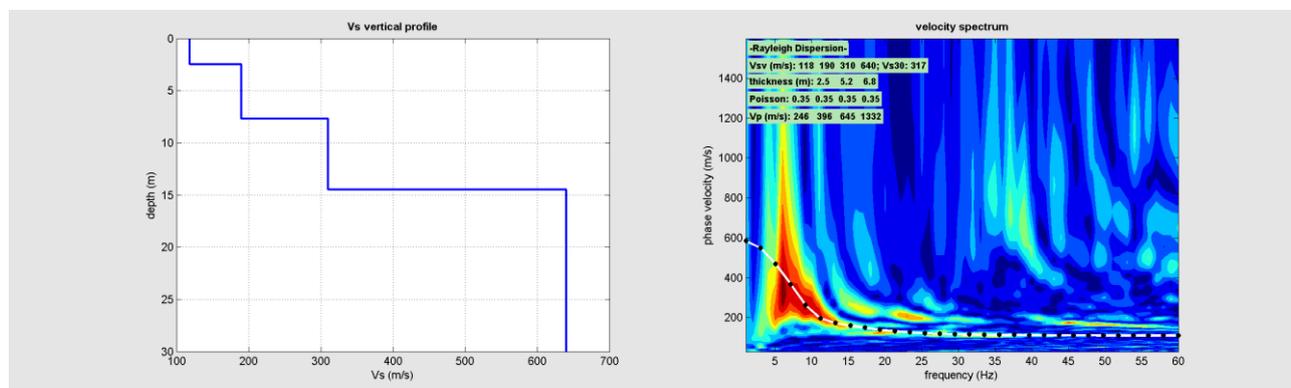
| MASW    | Lunghezza Stendimento (m) | Step – Geofoni (m) | Offset (m) |
|---------|---------------------------|--------------------|------------|
| MASW_01 | 34,50                     | 1,50               | 1,50       |
| MASW_02 | 34,50                     | 1,50               | 1,50       |

**A seguire i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW.**

**Risultati prospezione MASW\_01**

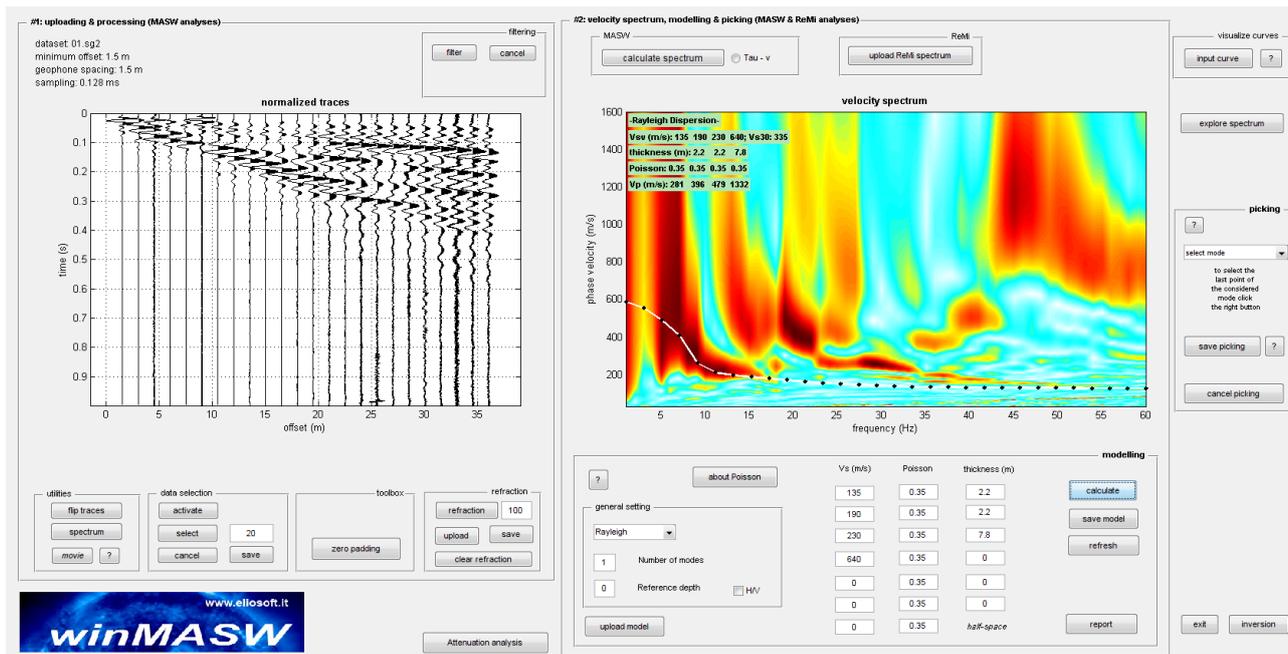


**(Fig. 2 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW\_01)**

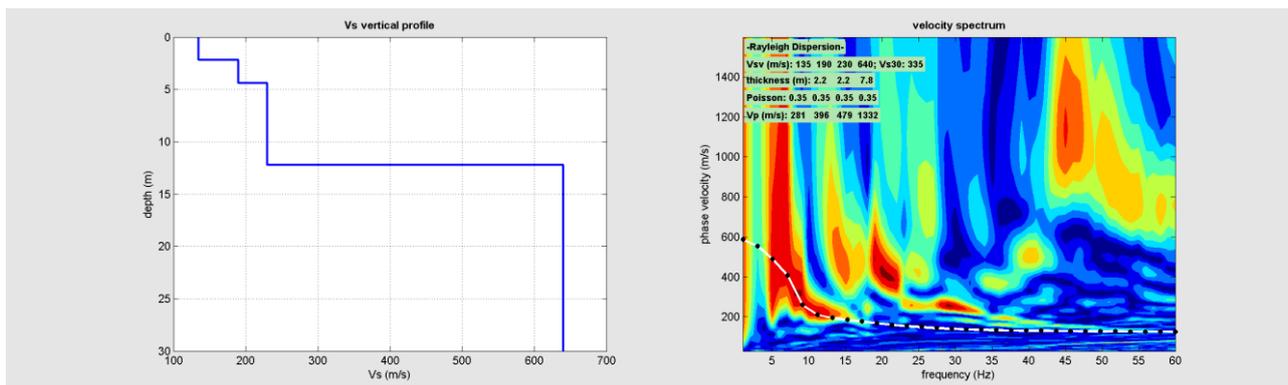


**(Fig. 3 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW\_01)**

## Risultati prospezione MASW\_02



(Fig. 4 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW\_02)



(Fig. 5 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW\_02)

## 2.4 Analisi dei risultati delle prove MASW

Dall'analisi dei dati sismici relativo alla prove MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio. In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018" la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore " $V_{s,eq}$ " (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o " $V_{s30}$ " (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

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

dove:

**$h_i$**  spessore dell'*i*-esimo strato;

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

**$N$**  numero strati;

**$H$**  profondità del substrato rigido (Bed Rock) < di 30,0 m caratterizzato da velocità non inferiore a 800,00 m/s; o  $H=30,0$  m nel caso in cui il substrato rigido sia a profondità maggiori di 30,0 m

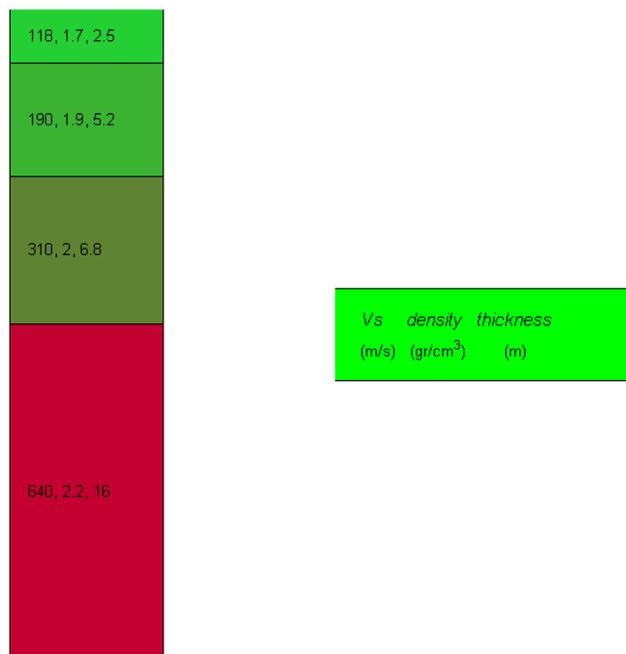
Da quanto sopra esposto, si è calcolato un valore di velocità di  **$V_{s30}$** , di **317,00 m/s** nella **MASW\_01**, di **313,00 m/s** nella **MASW\_02** tenendo conto di una profondità del substrato rigido maggiore di 30,0 m. Quindi la categoria di suolo ai sensi della NTC 2018 relativamente al piano di fondazione dell'opera in progetto è la "**C**"

| Vs 30 (m/s) |         |        |
|-------------|---------|--------|
| MASW_01     | Al p.c. | 313,00 |
| MASW_02     | Al p.c. | 309,00 |

**Nuove Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 Gennaio 2018**

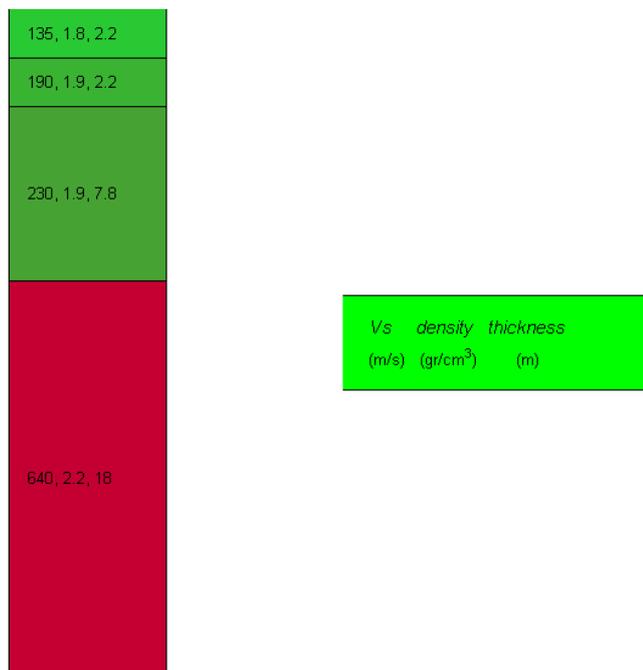
**Categoria Suolo di fondazione : "C"**

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW\_01**, evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:



- 0,00 m a – 2,50 m, terreni a grana medio fine, costituiscono l'areato superficiale, risultano poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 280,00 m/s e Vs 118,00 m/s;
- da –2,50 m a -7,70 m terreni a grana medio fine da poco a moderatamente consistenti verso il basso, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 451,00 m/s e Vs 190,00 m/s;
- da -7,70 m a -14,50 m terreni a grana medio-fine da mediamente consistenti a consistenti in profondità, risultano possedere discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 736,00 m/s e Vs 310,00 m/s;
- da -14,50 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto consistenti, risultano possedere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1519,00 m/s e Vs 640,00 m/s
-

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW\_02**, evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:



- 0,00 m a – 2,20 m, terreni a grana medio fine, costituiscono l'areato superficiale, risultano poco consistenti e con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 321,00 m/s e Vs 135,00 m/s;
- da –2,20 m a -4,40 m terreni a grana medio fine da poco a moderatamente consistenti verso il basso, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 451,00 m/s e Vs 190,00 m/s;
- da -4,40 m a -12,20 m terreni a grana medio-fine da mediamente consistenti a consistenti in profondità, risultano possedere discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 546,00 m/s e Vs 230,00 m/s;
- da -12,20 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine molto consistenti, risultano possedere ottime caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1519,00 m/s e Vs 640,00 m/s

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali, alle forze che le originano. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della deformazione elastica. Le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e quindi, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

$E$ (modulo di elasticità o di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

$\nu$ (rapporto di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

$G$ (modulo di rigidità o di Taglio) da una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

$K$ (modulo di compressione) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.

$\mu$ (modulo di Lamè) tiene conto delle tensioni tangenziali provocate dalle componenti normali dello sforzo.

## Caratterizzazione sismica e relativi moduli elastici-dinamici

| Sismostrato<br>MASW_01 | Spessore<br>(m) | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | Densità<br>(gr/cm3) | Mod. di<br>Poisson | Mod. di<br>Taglio<br>(MPa) | Mod. di<br>Compressione<br>(MPa) | Mod. di<br>Young<br>(MPa) | Mod di<br>Lamè<br>(MPa) |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| I                      | 2,50            | 280,00      | 118,00      | 1,75                | 0,39               | 24,00                      | 105,00                           | 68,00                     | 88,00                   |
| II                     | 5,20            | 451,00      | 190,00      | 1,86                | 0,39               | 67,00                      | 289,00                           | 187,00                    | 244,00                  |
| III                    | 6,80            | 736,00      | 310,00      | 1,98                | 0,39               | 190,00                     | 819,00                           | 530,00                    | 692,00                  |
| IV                     | 15,50           | 1519,00     | 640,00      | 2,16                | 0,39               | 883,00                     | 3796,00                          | 2458,00                   | 3208,00                 |

| Sismostrato<br>MASW_02 | Spessore<br>(m) | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | Densità<br>(gr/cm3) | Mod. di<br>Poisson | Mod. di<br>Taglio<br>(MPa) | Mod. di<br>Compressione<br>(MPa) | Mod. di<br>Young<br>(MPa) | Mod di<br>Lamè<br>(MPa) |
|------------------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| I                      | 2,20            | 321,00      | 135,00      | 1,78                | 0,39               | 32,00                      | 140,00                           | 90,00                     | 118,00                  |
| II                     | 2,20            | 451,00      | 190,00      | 1,86                | 0,39               | 67,00                      | 289,00                           | 187,00                    | 244,00                  |
| III                    | 7,80            | 546,00      | 230,00      | 1,91                | 0,39               | 101,00                     | 434,00                           | 281,00                    | 367,00                  |
| IV                     | 17,80           | 1519,00     | 640,00      | 2,16                | 0,39               | 883,00                     | 3796,00                          | 2458,00                   | 3208,00                 |

## 2.5 Descrizione e finalità dell'indagine tomografica sismica superficiale

Il metodo della sismica consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) o delle onde di taglio (Onde S), le unità litologiche presenti nell'area di indagine e determinarne così, la geometria, gli spessori e i contatti delle unità litotecniche riscontrate. In particolare, il metodo della tomografia sismica superficiale, consente di individuare apprezzabili variazioni delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, permettendo di ottenere un modello di distribuzione delle velocità mediante la restituzione di una mappa di tipo "profondità-velocità", dove è possibile ricostruire con buona approssimazione, la geometria dei materiali di copertura e anche, tramite la variazione progressiva della velocità nel sottosuolo, individuare quelle aree in cui i materiali risultano avere maggior grado di costipazione e quindi migliori caratteristiche fisico-meccaniche. In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

## 2.6 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della tomografia Sismica

| Tomografia Sismica superficiale | Lunghezza Stendimento (m) | Step-geofoni (interasse in m.) | n° geofoni |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------|
| Tom_01                          | 34,50                     | 1,50                           | 24         |
| Tom_02                          | 34,50                     | 1,50                           | 24         |

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è una stazione sismica a 24 canali ECHO 12-24/2012 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali, aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger. La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, lungo la direzione dello stendimento, sollecitazioni dinamiche verticali, per la precisione n°7 battute, per la generazione delle onde sismiche e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie a distanze note e prefissate, mediante sensori (geofoni) a componente verticale. Gli stendimenti sono stati eseguiti con una disposizione di n° 24 geofoni per le registrazioni degli arrivi delle fasi P .

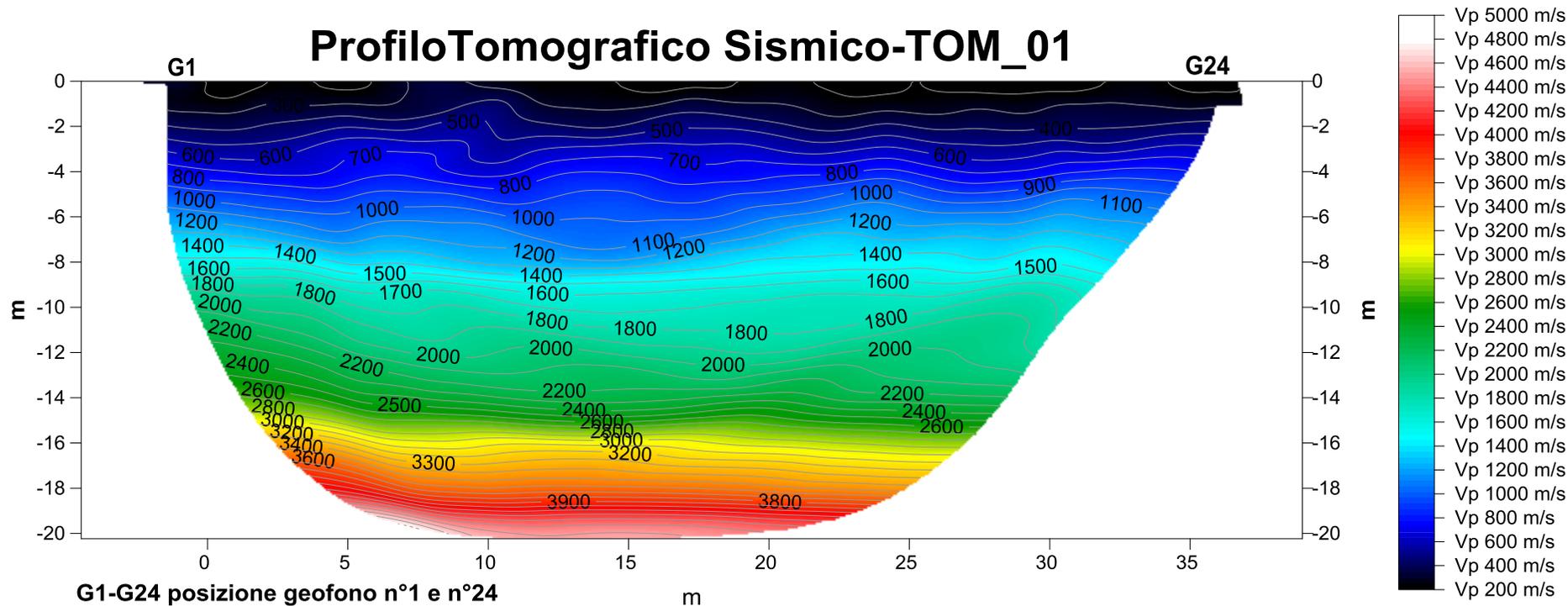
## 2.7 Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche superficiali

Il sismogramma registrato, è stato elaborato con un software denominato "Echo 12-24", mediante procedura di "piking", cioè in ogni traccia del sismogramma viene individuato il tempo di arrivo delle onde P, successivamente, si è proceduto ad utilizzare per mezzo di un software dedicato, il "Rayfract2.65", un codice di

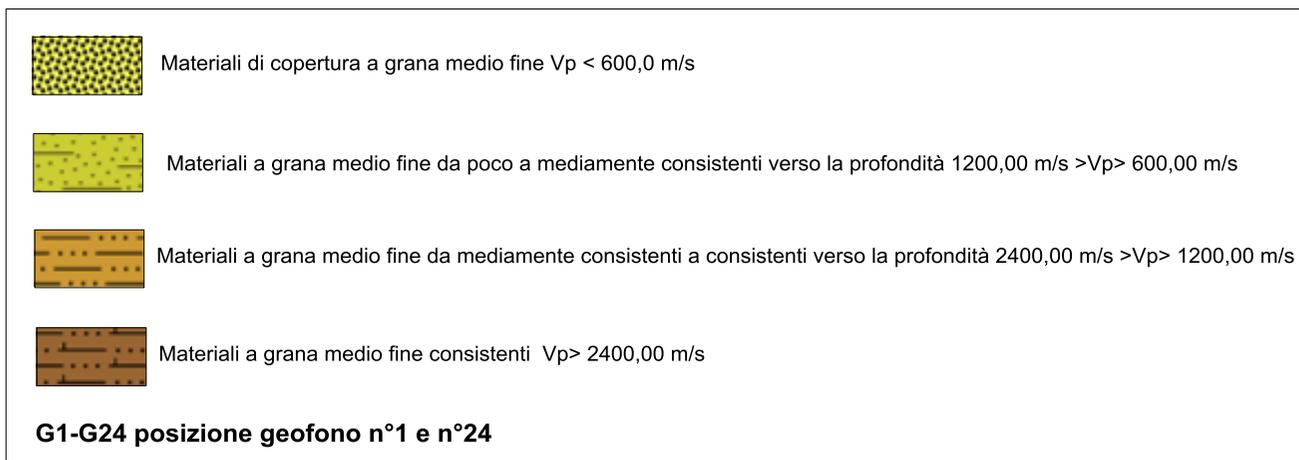
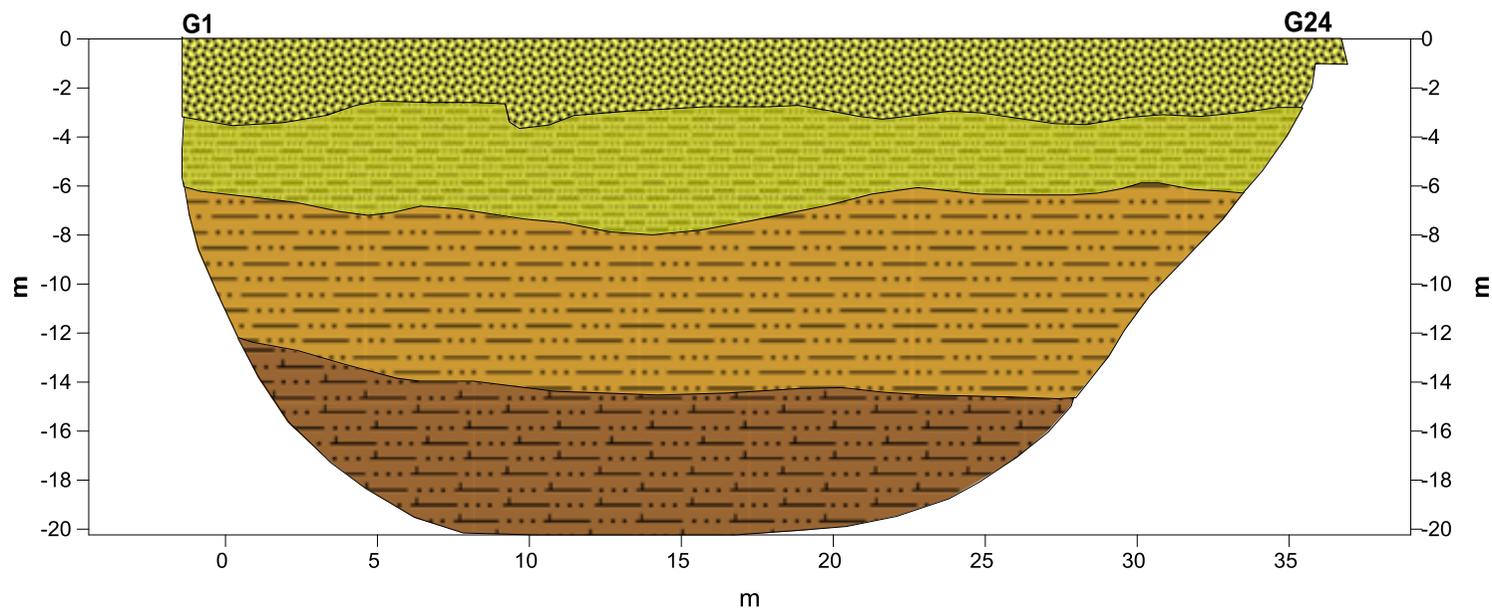
elaborazione tomografica denominato come “**Inversione Tomografica WET**” (Wavepath Eikonal Traveltime), questa particolare tecnica di inversione tomografica, permette il calcolo delle traiettorie dell’onda attraverso la soluzione di complesse equazioni, definite in letteratura come eikonale quation di Fresnel, ottenendo così un modello 2D di velocità-profondità, visualizzato con apposito software di countouring.

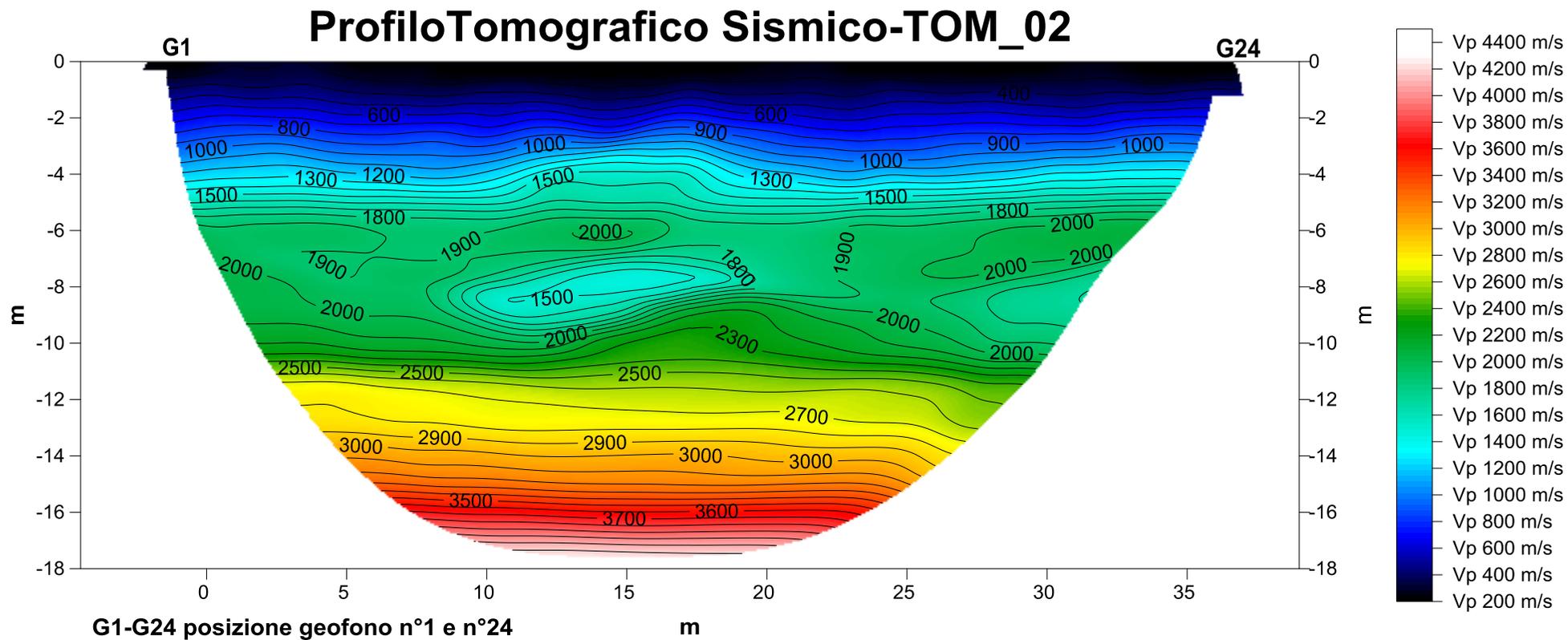
## **2.8 Analisi dei risultati delle indagini tomografiche sismiche-onde P.**

Lo scopo delle indagini, è stato quello di determinare lo spessore dei materiali areati, poco addensati, aventi scadenti caratteristiche meccaniche. Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, sono legati alla densità e al grado di costipazione dei terreni e quindi alla velocità di transito delle onde sismiche, nella fattispecie le onde P. Di seguito vengono raffigurate le sezioni tomografiche superficiali e le relative sezioni sismostratigrafiche interpretative. Nello specifico nelle sismosezioni c’è un interpretazione dove viene definita lo spessore dei terreni e la loro consistenza e quindi le proprie caratteristiche fisico-meccaniche. Considerato che la velocità delle propagazione delle onde sismiche, è legata essenzialmente alla densità e alla consistenza dei materiali, è stato possibile identificare i terreni con vari gradi di addensamento. Infatti nelle sismosezioni interpretative sono stati discretizzati n.4 sismostrati in base a determinati range di velocità di propagazione delle onde P.

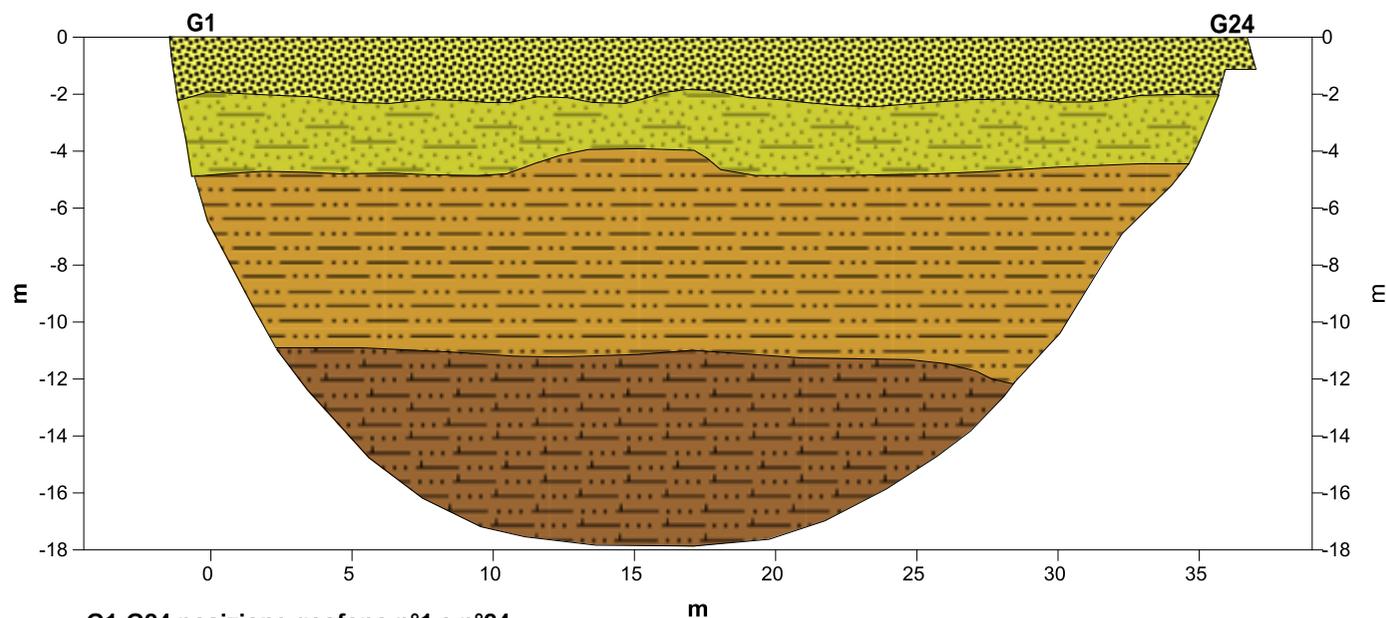


## Profilo Tomografico Sismico Interpretativo-TOM\_01

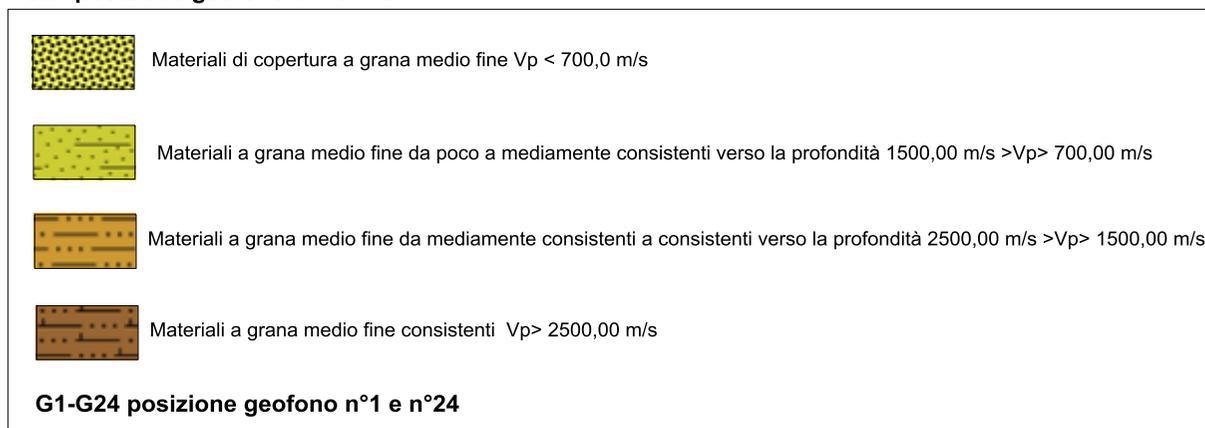




## Profilo Tomografico Sismico Interpretativo-TOM\_02



G1-G24 posizione geofono n°1 e n°24



Dai risultati e dalla successiva elaborazione dei dati, si evince che il settore in studio è caratterizzato da un substrato costituito da materiali di natura “Argillo-limosa” che risultano ricoperti in superficie da un areato superficiale (verosimilmente di origine eluvio-colluviale) che può raggiungere spessori variabili dai 2,00 m a 3,00 m. Dall’analisi dei tomogrammi, le linee di isovelocità, mostrano nel complesso un andamento regolare indicante una omogeneità litotecnica e litologica dei materiali.

### **Descrizione dei profili tomografici di velocità delle onde P:**

L’ubicazione e il posizionamento degli stendimenti di tomografia sismica 2D sono stati pianificati e programmati con la committenza alla luce delle ristrettezze logistiche dello stato dei luoghi, con il fine di ottenere un’ottimale ed ampia copertura dell’area indagata (*vedi allegato – planimetria con ubicazione delle indagini*).

In particolar modo, l’area nella sua interezza ha mostrato un assetto litotecnico piuttosto simile e omogeneo, che si manifesta con una marcata omogeneità litologica che rappresenta tutt’ora l’assetto stratigrafico del settore in studio. Nel complesso un modello sismostratigrafico tipo caratterizzante il settore in studio può essere rappresentato a partire dall’alto da una copertura di terreni superficiali che definiscono un primo sismostrato con spessore variabile da 2,50 m -3,00 costituito da materiali superficiali alterati. Le velocità di transito delle onde P al loro interno, risultano inferiori ai 700,00 m/s.

A seguire il secondo sismostrato, che raggiunge profondità medie comprese tra circa 4,0-6,0 m, Si tratta di materiali Argillo-limosi parzialmente alterati, da poco a mediamente consistenti verso il basso con velocità delle onde P al suo interno comprese tra 600,0 m/s ed i 1500,0 m/s. Il terzo sismostrato si intercetta a profondità variabile dai 6,0 m – fino a 14,0 m dal p.c.. E’ costituito da materiali della stessa natura litologica, dove la velocità di propagazione delle onde P è compresa tra 1200,0 e 2500,0 m/s. Tali velocità si riscontrano in terreni abbastanza consistenti che posseggono ottime caratteristiche fisico-meccaniche. Infine l’ultimo sismostrato formato sempre da materiali a grana medio fine di natura argillosa, si presenta molto consistente e la velocità di propagazione delle onde di compressione risultano maggiori di 2400,0 m/s.

Per quanto riguarda le indagini MASW, hanno mostrato un’alta correlatività con i modelli delle sezioni sismostratigrafiche derivanti dalla elaborazione delle indagini tomografiche

2D. Dalle indagini MASW sono state fornite le colonne sismostratigrafiche, che riportano per ogni sismostrato i valori di velocità delle onde Vs, dove è stato possibile determinare ai fini dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo ai sensi delle vigenti NTC 2018; che risulta essere : “**C**”. Inoltre sono state fornite delle tabelle dove vengono riportati i valori dei moduli elastici caratteristici per ogni sismostrato.

### 3. Conclusioni

#### 3.1 Considerazioni conclusive

La risultanza delle prospezioni MASW e delle tomografie sismiche, hanno consentito di qualificare e quantificare le caratteristiche sismiche dei terreni interessati dallo studio geologico. Il modello di riferimento simo-stratigrafico, restituito dalle prospezioni, ha mostrato una apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della area in studio(materiali argilloso-sabbiosi). Dalle indagini sismiche si è definito un modello sismostratigrafico di dettaglio, dove attraverso la discretizzazione dei sismostrati individuati è stato possibile definire l'assetto litotecnico e sismico dei terreni indagati. Inoltre dall'analisi dei tomogrammi, le linee di isovelocità, mostrano nel complesso un andamento abbastanza regolare che non evidenziano anomalie stratigrafiche degne di nota. Dalle indagini, si nota un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità, correlabile ad un corrispondente aumento delle proprietà litotecniche dei materiali.

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018, la stima del valore del **Vs30** (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri) risulta essere rispettivamente di **317,00 m/s** nella **MASW\_01** e di **335,00 m/s** nella **MASW\_02**, tenendo conto di una profondità del substrato rigido maggiore di 30,0 m. Quindi la categoria di suolo ai sensi della NTC 2018 relativamente al piano di fondazione dell'opera in progetto è la "C".

Polizzi Generosa Aprile 2021

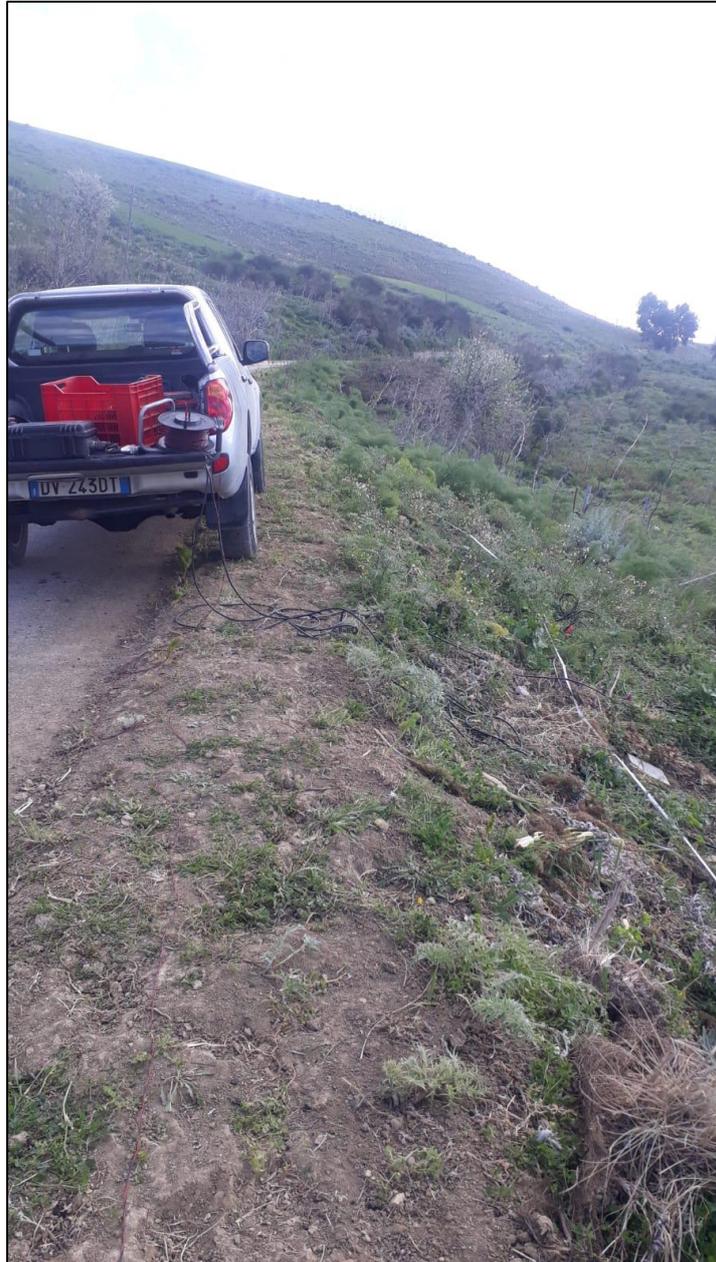
*I tecnici*

*Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza*

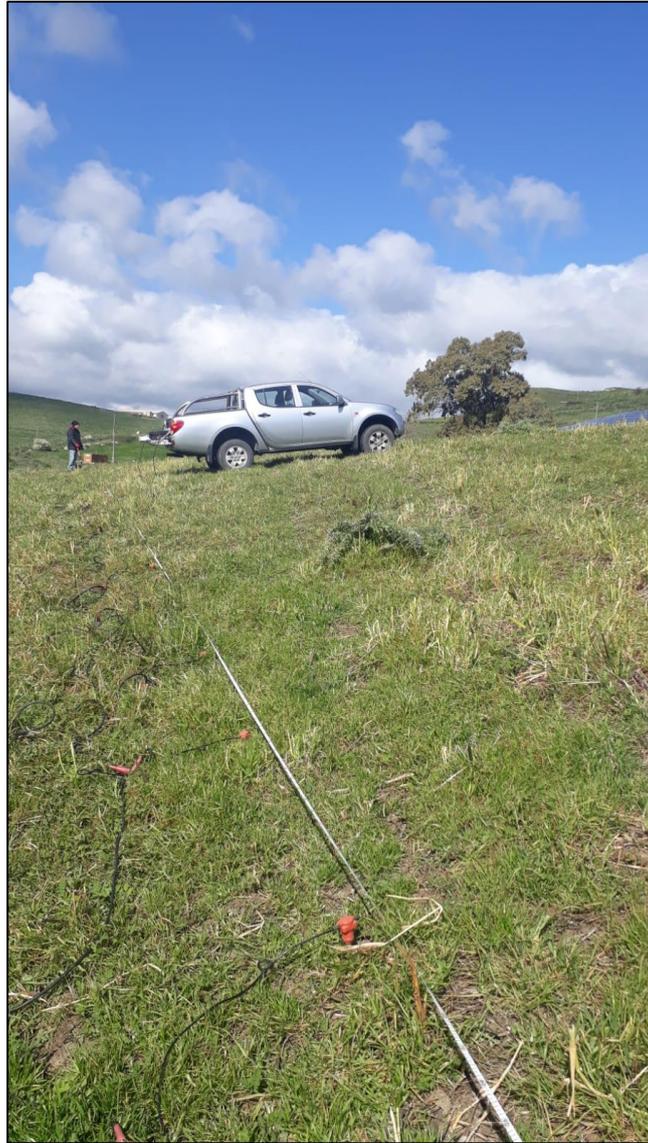
*Dott. Geol. Matteo Costantino*

# Allegati

# Documentazione fotografica

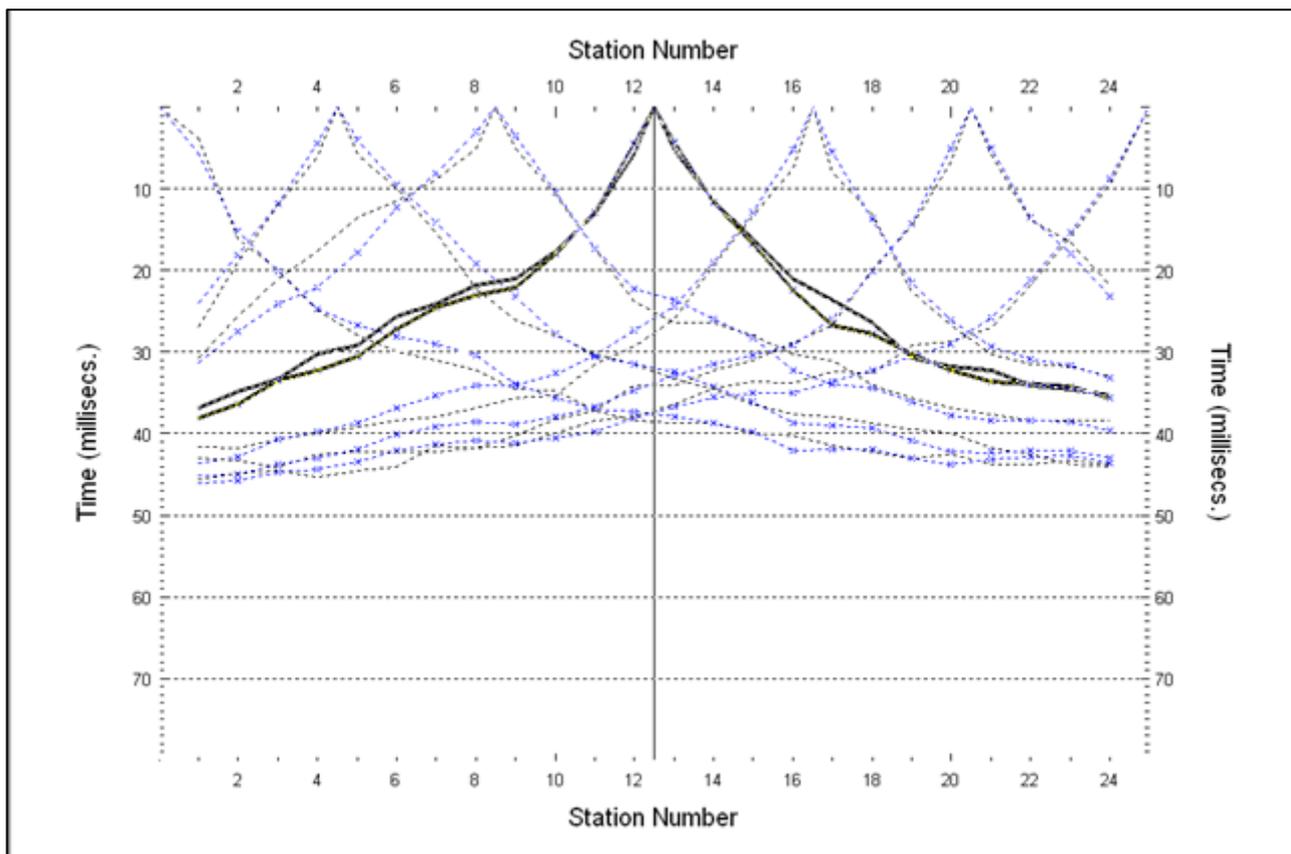


**(Foto n° 1 - Stendimento sismico: Masw\_01 – Tom\_01)**

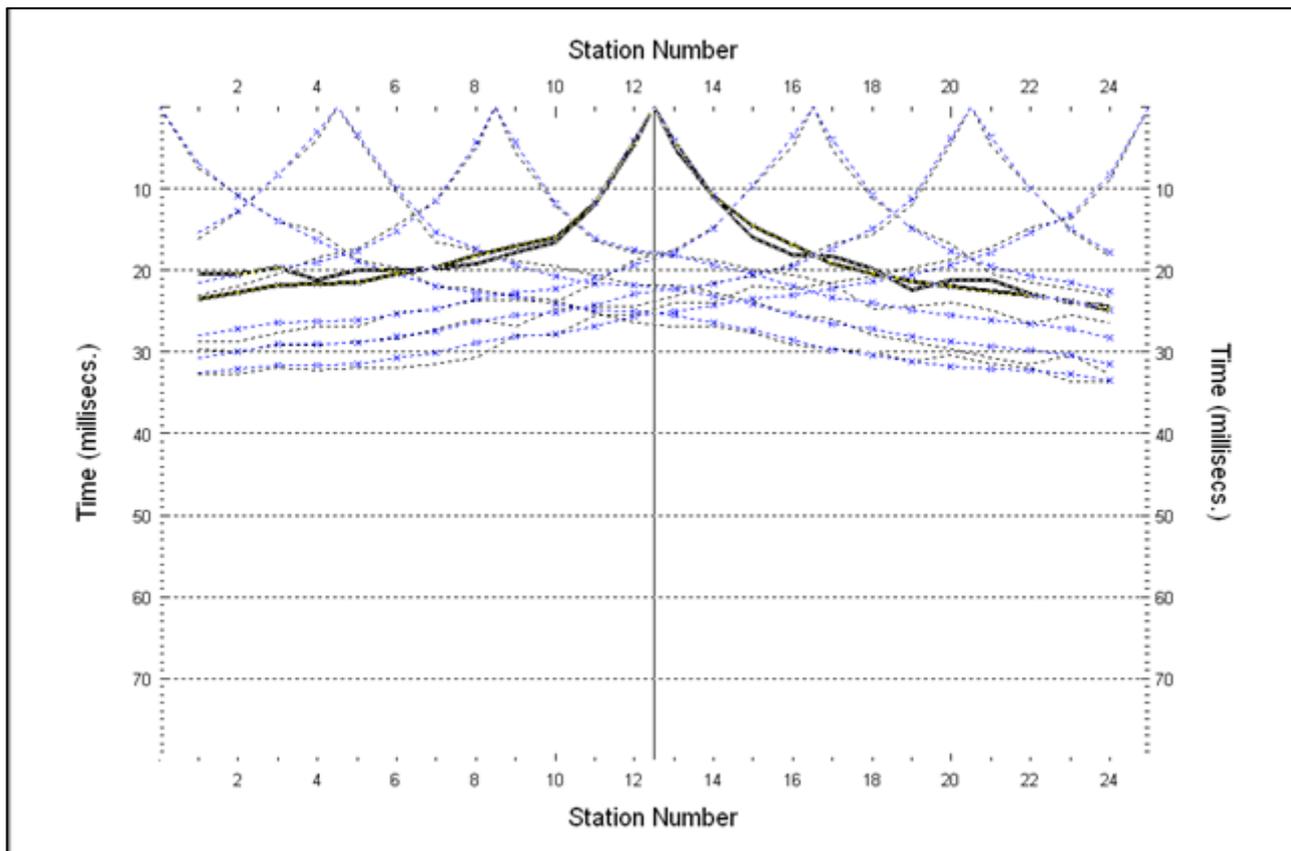


**(Foto n° 2 - Stendimento sismico – Tom\_02 e Masw\_02)**

# **Dromocrone delle indagini Sismiche Tomografiche**

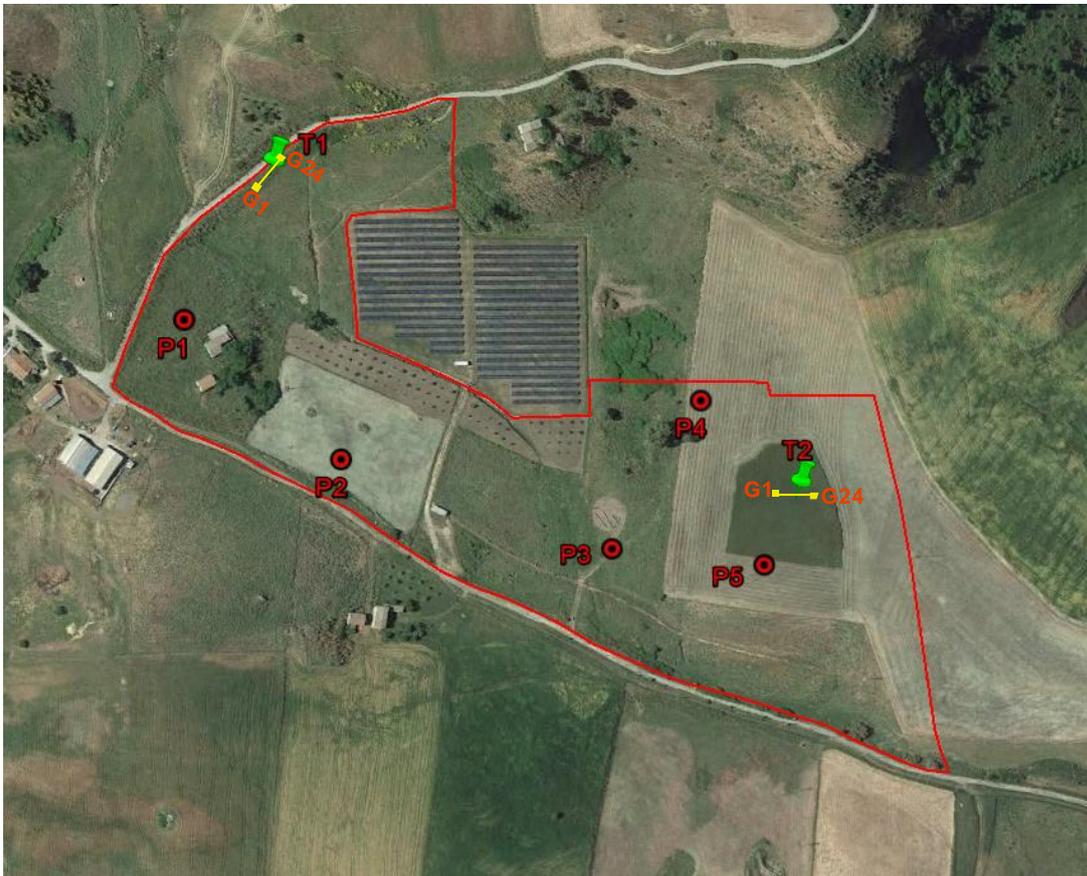


*(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom\_01)*



*(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom\_02)*

## Ubicazioni Schematica delle Indagini



**G1** → **G24** Stendimento di Tomografia Sismica Superficiale 2D

**G1** → **G24** Stendimento di Tomografia Sismica Superficiale e Masw

**P6** Ubicazione Indagine Penetrometrica Dinamica

# COMUNE DI NICOSIA

## (Provincia di Enna)

### OGGETTO:

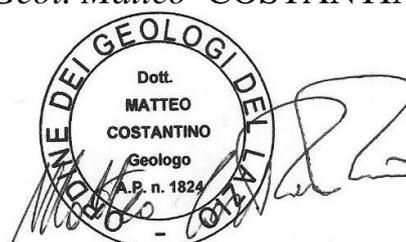
*RELAZIONE GEOFISICA CON INDAGINI MASW E DI TOMOGRAFIA SISMICA SUPERFICIALE 2D A SUPPORTO DEL PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 1*

### **INDAGINI PENETROMETRICHE MEDIE**

### COMMITTENTE:

*A.P.Engineering srls*

*Dott. Geol. Giuseppe GUGLIUZZA    Dott. Geol. Matteo COSTANTINO*



Studio Tecnico di Geologia e Geofisica Applicata  
dei professionisti

Dott. Geol. Matteo Costantino - Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza  
Mob: +39 333 2005487                      Mob +39 333 3822395

Viale Tirreno n.65, 00141 Roma - C.da S.Venera snc, 90028 Polizzi Generosa (PA)

[www.unigeos.com](http://www.unigeos.com) - email [info@unigeos.com](mailto:info@unigeos.com)

## Sintesi descrittiva

Su incarico della "A.P.Engineering srls" sono stati eseguiti n°05 prove penetrometriche dinamiche supporto dello studio geologico relativo al "PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 1

Lo strumento utilizzato è un penetrometro dinamico medio DM 30 (60°) con estrattore idraulico della "Deep Drill", appartenente alla categoria "DPM (medium)" nella classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici.

La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 30 Kg da un'altezza standard di 20 cm su delle aste di acciaio con diametro di 22 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 10 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno.

Attraverso delle correlazioni empiriche, elaborate nella fattispecie dal software Win-Din, è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

Nello specifico vengono allegate delle tabelle e grafici, dove è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando ogni strato a comportamento coesivo e granulare.

Polizzi Generosa, Aprile 2021

*Dott. Geol. Giuseppe GUGLIUZZA*



*Dott. Geol. Matteo COSTANTINO*



PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM-30 (60°)**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici |                    |                               |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO  | Sigla Certificato  | Peso Massa Battente<br>M (kg) |
| Leggero   | DPL (Light)        | $M \leq 10$                   |
| Medio   | DPM (Medium)       | $10 < M < 40$                 |
| Pesante   | DPH (Heavy)        | $40 \leq M < 60$              |
| Super pesante   | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$                   |

**CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| PESO MASSA BATTENTE                 | M = 30,00 kg  |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA               | H = 0,20 m  |
| PESO SISTEMA BATTUTA                | Ms = 13,60 kg   |
| DIAMETRO PUNTA CONICA               | D = 35,70 mm  |
| AREA BASE PUNTA CONICA              | A = 10,00 cm <sup>2</sup>   |
| ANGOLO APERTURA PUNTA               | $\alpha = 60^\circ$   |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE                | La = 1,00 m   |
| PESO ASTE PER METRO                 | Ma = 2,40 kg  |
| PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA | P1 = 0,80 m   |
| AVANZAMENTO PUNTA                   | $\delta = 0,10$ m   |
| NUMERO DI COLPI PUNTA               | N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm                                     |
| RIVESTIMENTO / FANGHI               | SI  |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO           | Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> ) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA            | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N )                             |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

## UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx$  0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,10 - 2,20 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,20 - 2,30 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,30 - 2,40 | 7          | 24,8                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,40 - 2,50 | 8          | 28,3                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,50 - 2,60 | 11         | 39,0                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,60 - 2,70 | 12         | 42,5                     | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,70 - 2,80 | 12         | 42,5                     | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 2          | 7,4                      | 2    | 2,80 - 2,90 | 15         | 50,8                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 2          | 7,4                      | 2    | 2,90 - 3,00 | 15         | 50,8                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 7          | 26,0                     | 2    | 3,00 - 3,10 | 15         | 50,8                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,10 - 3,20 | 16         | 54,1                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,20 - 3,30 | 18         | 60,9                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,30 - 3,40 | 19         | 64,3                     | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,40 - 3,50 | 25         | 84,6                     | 4    |
| 1,50 - 1,60 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,50 - 3,60 | 25         | 84,6                     | 4    |
| 1,60 - 1,70 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,60 - 3,70 | 26         | 88,0                     | 4    |
| 1,70 - 1,80 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,70 - 3,80 | 28         | 94,7                     | 4    |
| 1,80 - 1,90 | 4          | 14,2                     | 3    | 3,80 - 3,90 | 28         | 90,6                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 5          | 17,7                     | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(10) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 10         | 35,4                     | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,10 - 2,20 | 10         | 35,4                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,20 - 2,30 | 10         | 35,4                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,30 - 2,40 | 9          | 31,9                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,40 - 2,50 | 9          | 31,9                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,50 - 2,60 | 25         | 88,6                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,60 - 2,70 | 25         | 88,6                     | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,70 - 2,80 | 25         | 88,6                     | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 2          | 7,4                      | 2    | 2,80 - 2,90 | 26         | 88,0                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,90 - 3,00 | 27         | 91,4                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,00 - 3,10 | 28         | 94,7                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,10 - 3,20 | 28         | 94,7                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,20 - 3,30 | 28         | 94,7                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,30 - 3,40 | 26         | 88,0                     | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,40 - 3,50 | 28         | 94,7                     | 4    |
| 1,50 - 1,60 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,50 - 3,60 | 25         | 84,6                     | 4    |
| 1,60 - 1,70 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,60 - 3,70 | 26         | 88,0                     | 4    |
| 1,70 - 1,80 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,70 - 3,80 | 28         | 94,7                     | 4    |
| 1,80 - 1,90 | 7          | 24,8                     | 3    | 3,80 - 3,90 | 28         | 90,6                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 5          | 17,7                     | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,10 - 2,20 | 7          | 24,8                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,20 - 2,30 | 7          | 24,8                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,30 - 2,40 | 10         | 35,4                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,40 - 2,50 | 10         | 35,4                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,50 - 2,60 | 11         | 39,0                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,60 - 2,70 | 12         | 42,5                     | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,70 - 2,80 | 12         | 42,5                     | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 1          | 3,7                      | 2    | 2,80 - 2,90 | 13         | 44,0                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 4          | 14,9                     | 2    | 2,90 - 3,00 | 14         | 47,4                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,00 - 3,10 | 12         | 40,6                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,10 - 3,20 | 14         | 47,4                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,20 - 3,30 | 15         | 50,8                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,30 - 3,40 | 18         | 60,9                     | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,40 - 3,50 | 24         | 81,2                     | 4    |
| 1,50 - 1,60 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,50 - 3,60 | 27         | 91,4                     | 4    |
| 1,60 - 1,70 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,60 - 3,70 | 26         | 88,0                     | 4    |
| 1,70 - 1,80 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,70 - 3,80 | 25         | 84,6                     | 4    |
| 1,80 - 1,90 | 4          | 14,2                     | 3    | 3,80 - 3,90 | 28         | 90,6                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 5          | 17,7                     | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,50 - 2,60 | 8          | 28,3                     | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,60 - 2,70 | 7          | 24,8                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,70 - 2,80 | 7          | 24,8                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,80 - 2,90 | 7          | 23,7                     | 4    |
| 0,40 - 0,50 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,90 - 3,00 | 9          | 30,5                     | 4    |
| 0,50 - 0,60 | 1          | 3,9                      | 1    | 3,00 - 3,10 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 0,60 - 0,70 | 1          | 3,9                      | 1    | 3,10 - 3,20 | 7          | 23,7                     | 4    |
| 0,70 - 0,80 | 2          | 7,8                      | 1    | 3,20 - 3,30 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 0,80 - 0,90 | 1          | 3,7                      | 2    | 3,30 - 3,40 | 7          | 23,7                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 2          | 7,4                      | 2    | 3,40 - 3,50 | 8          | 27,1                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,50 - 3,60 | 9          | 30,5                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,60 - 3,70 | 8          | 27,1                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,70 - 3,80 | 8          | 27,1                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 2          | 7,4                      | 2    | 3,80 - 3,90 | 8          | 25,9                     | 5    |
| 1,40 - 1,50 | 1          | 3,7                      | 2    | 3,90 - 4,00 | 10         | 32,4                     | 5    |
| 1,50 - 1,60 | 1          | 3,7                      | 2    | 4,00 - 4,10 | 10         | 32,4                     | 5    |
| 1,60 - 1,70 | 2          | 7,4                      | 2    | 4,10 - 4,20 | 9          | 29,1                     | 5    |
| 1,70 - 1,80 | 2          | 7,4                      | 2    | 4,20 - 4,30 | 7          | 22,7                     | 5    |
| 1,80 - 1,90 | 2          | 7,1                      | 3    | 4,30 - 4,40 | 10         | 32,4                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 4          | 14,2                     | 3    | 4,40 - 4,50 | 11         | 35,6                     | 5    |
| 2,00 - 2,10 | 3          | 10,6                     | 3    | 4,50 - 4,60 | 11         | 35,6                     | 5    |
| 2,10 - 2,20 | 5          | 17,7                     | 3    | 4,60 - 4,70 | 15         | 48,6                     | 5    |
| 2,20 - 2,30 | 4          | 14,2                     | 3    | 4,70 - 4,80 | 18         | 58,3                     | 5    |
| 2,30 - 2,40 | 9          | 31,9                     | 3    | 4,80 - 4,90 | 18         | 55,9                     | 6    |
| 2,40 - 2,50 | 7          | 24,8                     | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,50 - 1,60 | 9          | 33,5                     | 2    |
| 0,10 - 0,20 | 2          | 7,8                      | 1    | 1,60 - 1,70 | 12         | 44,6                     | 2    |
| 0,20 - 0,30 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,70 - 1,80 | 18         | 66,9                     | 2    |
| 0,30 - 0,40 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,80 - 1,90 | 22         | 78,0                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,90 - 2,00 | 23         | 81,5                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 27         | 95,7                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,10 - 2,20 | 30         | 106,3                    | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,20 - 2,30 | 30         | 106,3                    | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,30 - 2,40 | 31         | 109,8                    | 3    |
| 0,90 - 1,00 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,40 - 2,50 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,00 - 1,10 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,50 - 2,60 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,10 - 1,20 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,60 - 2,70 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,20 - 1,30 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,70 - 2,80 | 34         | 120,5                    | 3    |
| 1,30 - 1,40 | 6          | 22,3                     | 2    | 2,80 - 2,90 | 35         | 118,4                    | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 7          | 26,0                     | 2    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

Scala 1: 50

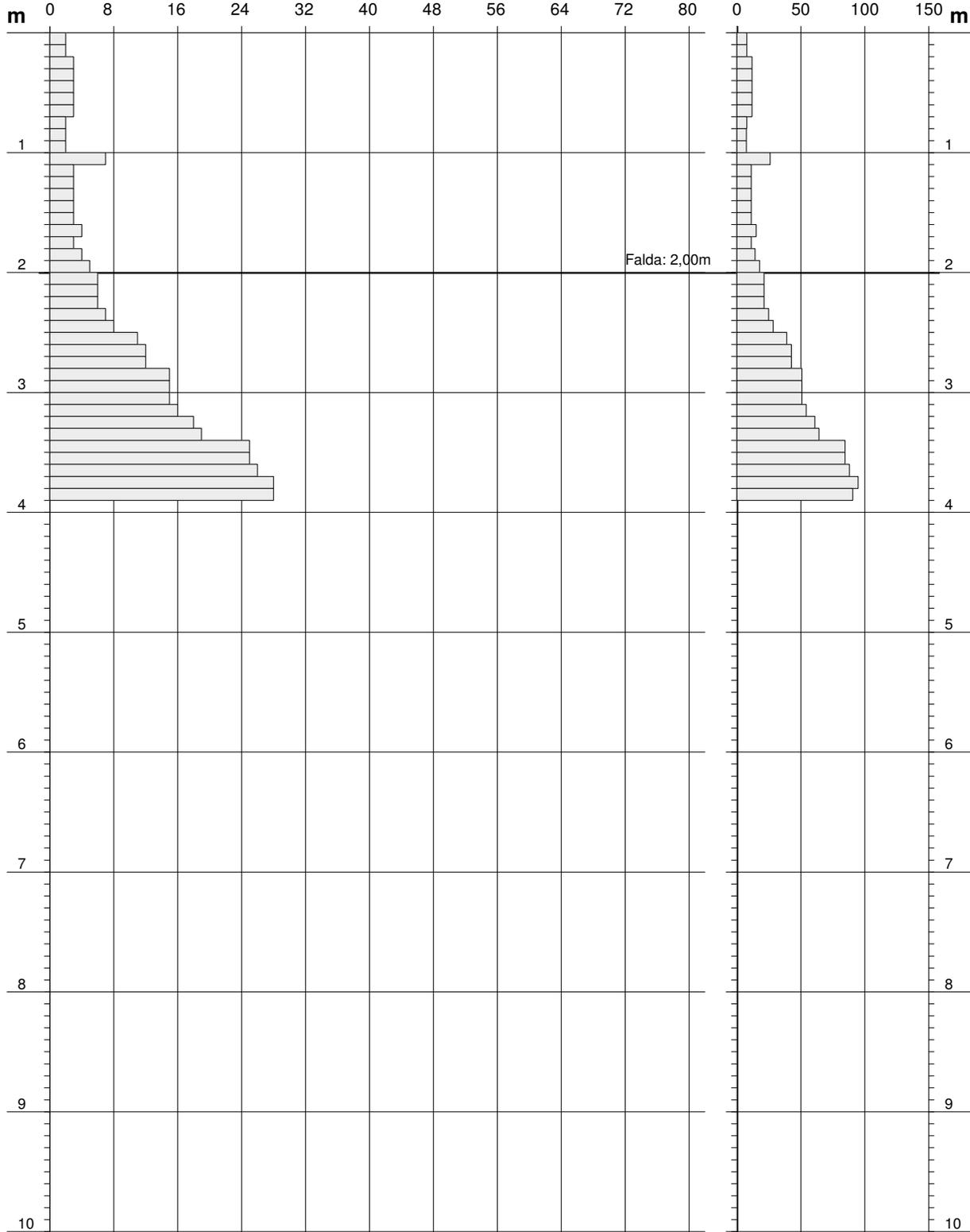
- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

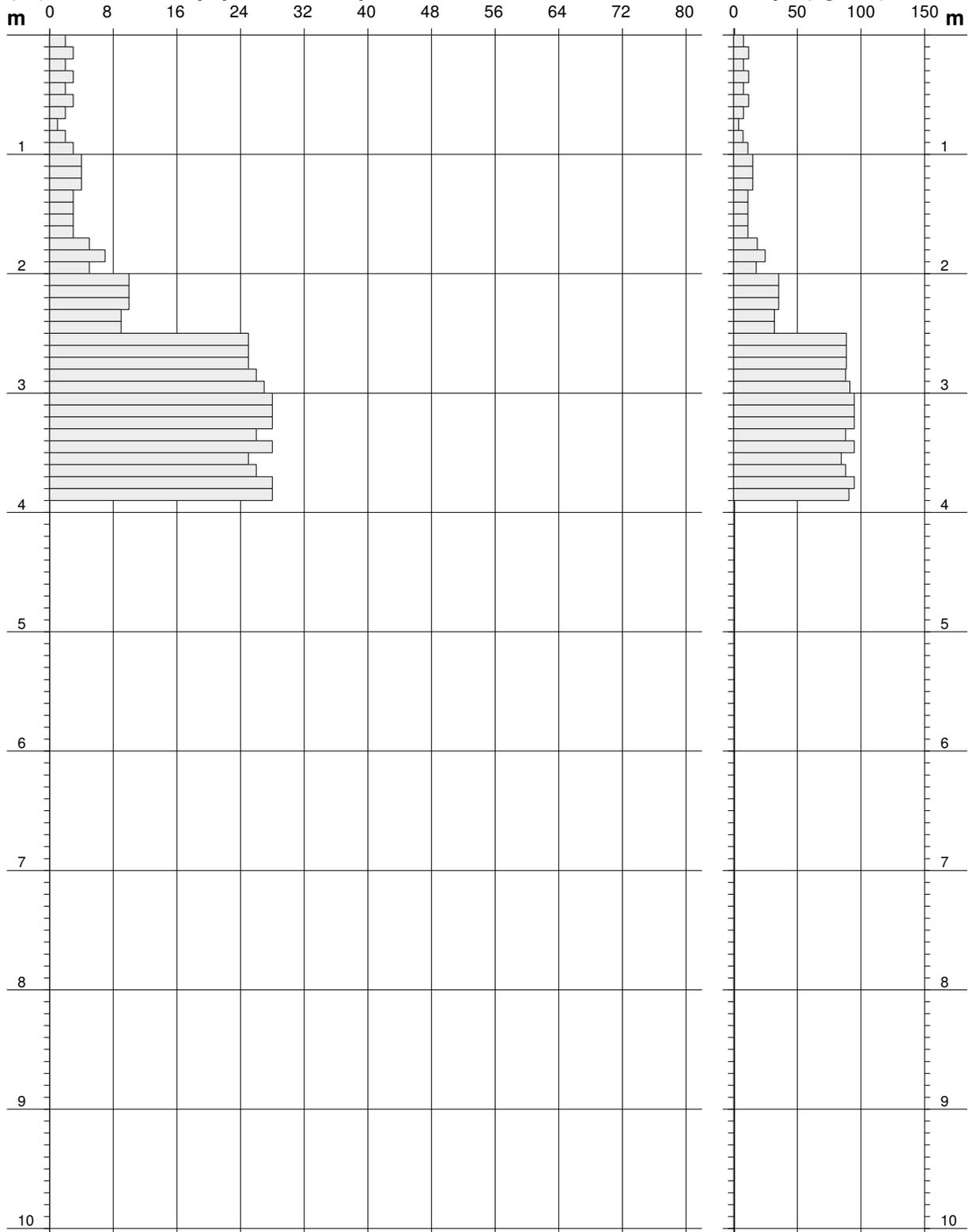
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

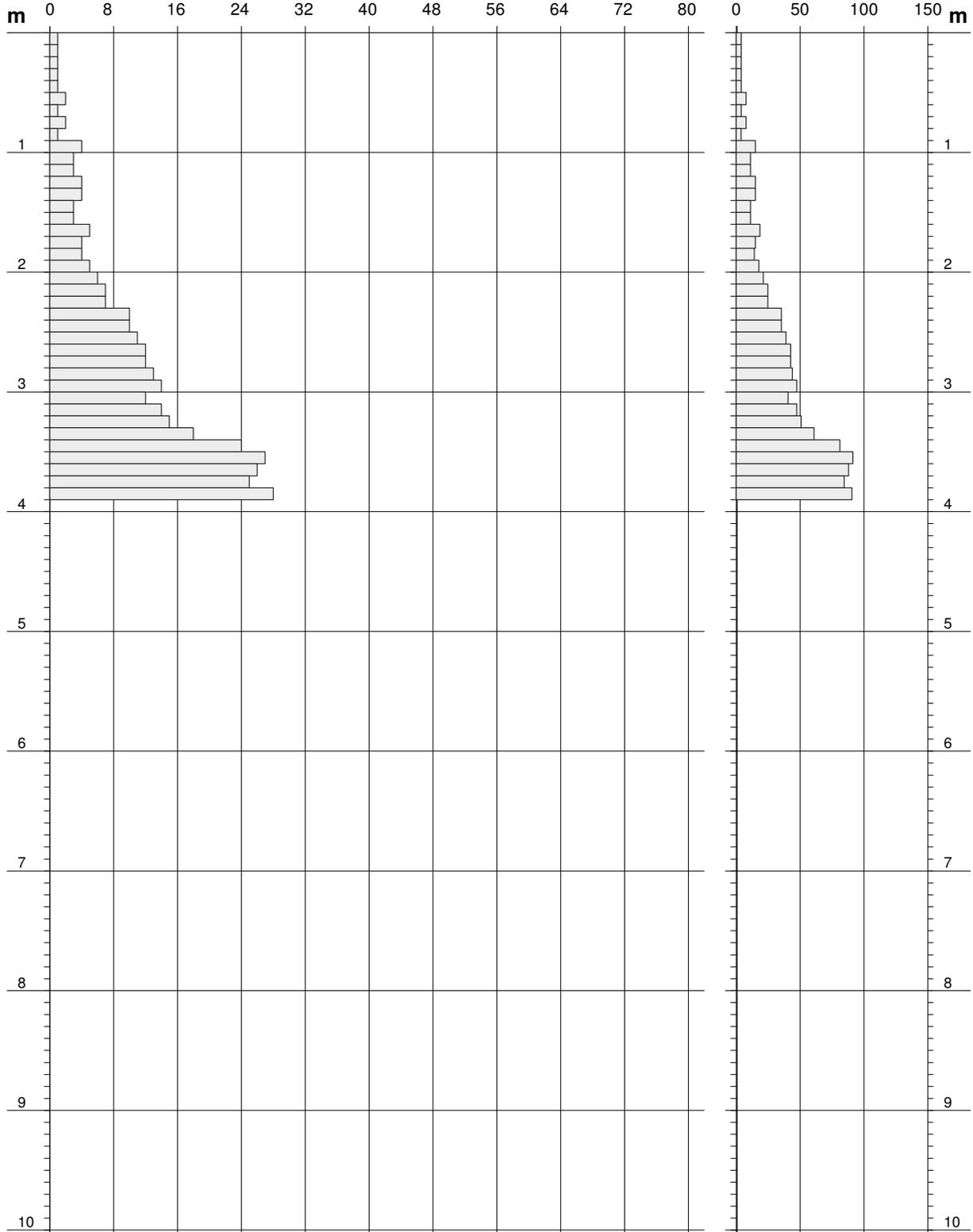
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 4**

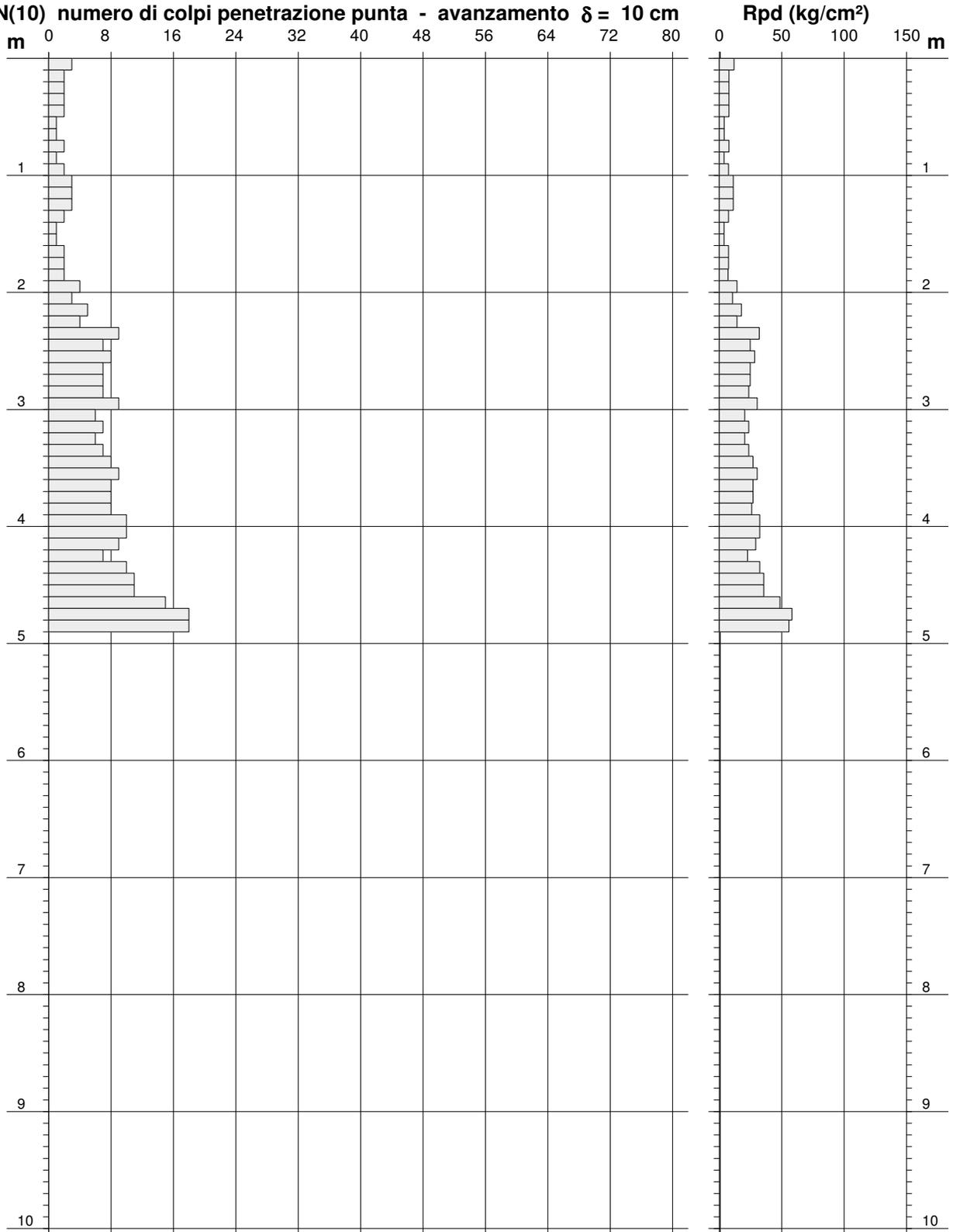
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 5**

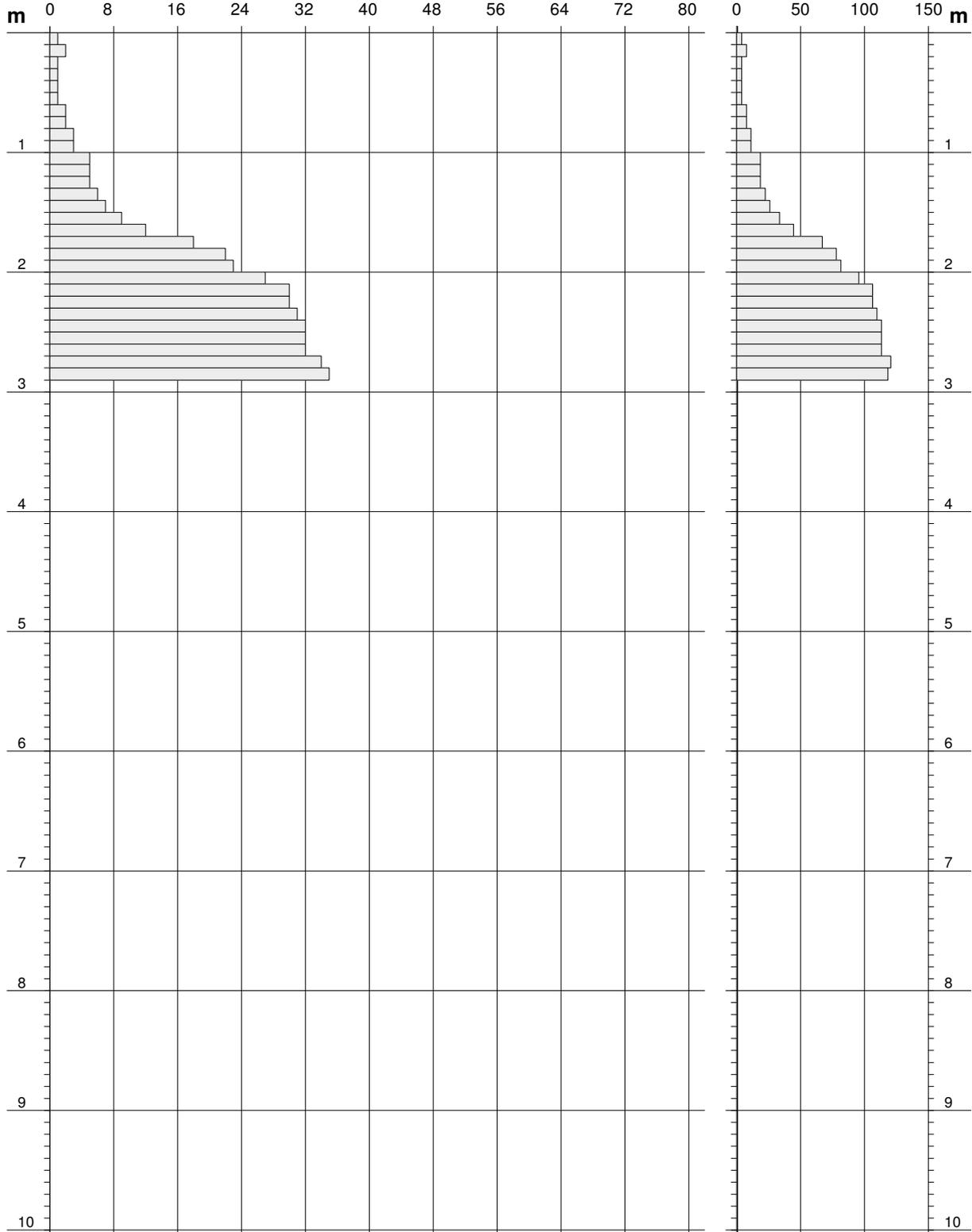
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 1  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : 2,00 m da quota inizio  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,70 | N         | 2,7                     | 2   | 3   | 2,4                   | ---- | 2,2  | 3,2  | 3       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 10,6                    | 8   | 12  | 9,2                   | 1,9  | 8,7  | 12,5 | 12      |      |     |
| 2  | 0,70           | 1,90 | N         | 3,3                     | 2   | 7   | 2,6                   | 1,4  | 1,9  | 4,6  | 3       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 12,1                    | 7   | 26  | 9,7                   | 5,0  | 7,1  | 17,0 | 11      |      |     |
| 3  | 1,90           | 3,40 | N         | 11,4                    | 5   | 19  | 8,2                   | 4,8  | 6,6  | 16,2 | 11      | 0,77 | 8   |
|    |                |      | Rpd       | 39,3                    | 18  | 64  | 28,5                  | 15,8 | 23,5 | 55,2 | 38      |      |     |
| 4  | 3,40           | 3,90 | N         | 26,4                    | 25  | 28  | 25,7                  | ---- | ---- | ---- | 26      | 0,77 | 20  |
|    |                |      | Rpd       | 88,5                    | 85  | 95  | 86,5                  | ---- | ---- | ---- | 87      |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                       | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|---------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                                 |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 0.70 | Areato superficiale             | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 2  | 0.70     | 1.90 | Argille limose                  | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 3  | 1.90     | 3.40 | Argille limose med. consistenti | 8    | 28.3             | 26.0    | 253 | 1.91 | 1.46 | 0.50           | 1.87 | 35 | 0.945 |
| 4  | 3.40     | 3.90 | Argille limose consistenti      | 20   | 50.0             | 32.3    | 346 | 1.99 | 1.59 | 1.25           | 2.02 | 25 | 0.667 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 1,00 | N         | 2,3                     | 1   | 3   | 1,7                   | ---- | 1,6  | 3,0  | 2       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 8,9                     | 4   | 12  | 6,4                   | 2,6  | 6,3  | 11,5 |         |      |     |
| 2  | 1,00           | 2,50 | N         | 5,9                     | 3   | 10  | 4,5                   | 2,9  | 3,0  | 8,8  | 6       | 0,77 | 5   |
|    |                |      | Rpd       | 21,4                    | 11  | 35  | 16,3                  | 10,0 | 11,4 | 31,3 |         |      |     |
| 3  | 2,50           | 3,90 | N         | 26,6                    | 25  | 28  | 25,8                  | 1,3  | 25,3 | 28,0 | 27      | 0,77 | 21  |
|    |                |      | Rpd       | 90,7                    | 85  | 95  | 87,6                  | 3,5  | 87,3 | 94,2 |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                  | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      | NATURA COESIVA |      |      |    |       |
|----|----------|------|----------------------------|------|------------------|---------|-----|------|----------------|------|------|----|-------|
|    |          |      |                            |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd             | Cu   | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 1.00 | Areato superficiale        | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36           | 0.13 | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 2  | 1.00     | 2.50 | Argille limose             | 5    | 18.3             | 23.7    | 230 | 1.88 | 1.41           | 0.31 | 1.83 | 39 | 1.061 |
| 3  | 2.50     | 3.90 | Argille limose consistenti | 21   | 51.5             | 32.7    | 353 | 2.00 | 1.60           | 1.31 | 2.03 | 24 | 0.648 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

## DIN 3

- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,90 | N         | 1,2                     | 1   | 2   | 1,1                   | ---- | ---- | 1,7  | 1       | 0,77 | 1   |
|    |                |      | Rpd       | 4,8                     | 4   | 8   | 4,2                   | 1,7  | 3,0  | 6,5  |         |      |     |
| 2  | 0,90           | 2,30 | N         | 4,4                     | 3   | 7   | 3,7                   | 1,4  | 3,0  | 5,8  | 4       | 0,77 | 3   |
|    |                |      | Rpd       | 16,1                    | 11  | 25  | 13,6                  | 4,8  | 11,3 | 20,9 |         |      |     |
| 3  | 2,30           | 3,40 | N         | 12,8                    | 10  | 18  | 11,4                  | 2,4  | 10,5 | 15,2 | 13      | 0,77 | 10  |
|    |                |      | Rpd       | 44,2                    | 35  | 61  | 39,8                  | 7,4  | 36,8 | 51,5 |         |      |     |
| 4  | 3,40           | 3,90 | N         | 26,0                    | 24  | 28  | 25,0                  | ---- | ---- | ---- | 26      | 0,77 | 20  |
|    |                |      | Rpd       | 87,2                    | 81  | 91  | 84,2                  | ---- | ---- | ---- |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

## DIN 3

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                      | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|--------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                                |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 0.90 | Areato superficiale            | 1    | 3.8              | 18.9    | 199 | 1.84 | 1.34 | 0.06           | 1.68 | 56 | 1.519 |
| 2  | 0.90     | 2.30 | Argille limose                 | 3    | 11.3             | 21.7    | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19           | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 3  | 2.30     | 3.40 | Argille limose med consistenti | 10   | 35.0             | 27.2    | 268 | 1.93 | 1.50 | 0.63           | 1.90 | 33 | 0.892 |
| 4  | 3.40     | 3.90 | Argille limose consistenti     | 20   | 50.0             | 32.3    | 346 | 1.99 | 1.59 | 1.25           | 2.02 | 25 | 0.667 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,90 | N         | 1,8                     | 1   | 3   | 1,4                   | ---- | 1,1  | 2,4  | 2       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 6,9                     | 4   | 12  | 5,3                   | 2,6  | 4,3  | 9,6  |         |      |     |
| 2  | 0,90           | 2,30 | N         | 2,6                     | 1   | 5   | 1,8                   | 1,2  | 1,5  | 3,8  | 3       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 9,6                     | 4   | 18  | 6,7                   | 4,0  | 5,6  | 13,6 |         |      |     |
| 3  | 2,30           | 4,60 | N         | 8,2                     | 6   | 11  | 7,1                   | 1,5  | 6,7  | 9,7  | 8       | 0,77 | 6   |
|    |                |      | Rpd       | 27,6                    | 20  | 36  | 23,9                  | 4,5  | 23,1 | 32,0 |         |      |     |
| 4  | 4,60           | 4,90 | N         | 17,0                    | 15  | 18  | 16,0                  | ---- | ---- | ---- | 17      | 0,77 | 13  |
|    |                |      | Rpd       | 54,2                    | 49  | 58  | 51,4                  | ---- | ---- | ---- |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                       | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|---------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                                 |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 0.90 | Areato superficiale             | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 2  | 0.90     | 2.30 | Argille limose                  | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 3  | 2.30     | 4.60 | Argille limose med. consistenti | 6    | 21.7             | 24.5    | 238 | 1.89 | 1.43 | 0.38           | 1.85 | 37 | 1.000 |
| 4  | 4.60     | 4.90 | Argille limose consistenti      | 13   | 39.5             | 29.0    | 292 | 1.95 | 1.53 | 0.81           | 1.93 | 30 | 0.818 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- cantiere : Salamone 1  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA   | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|-------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |       |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,90 | N         | 1,6                     | 1   | 3   | 1,3                   | ---- | ---- | 2,3   | 2       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 6,0                     | 4   | 11  | 5,0                   | 2,7  | 3,3  | 8,7   |         |      |     |
| 2  | 0,90           | 1,80 | N         | 7,8                     | 3   | 18  | 5,4                   | 4,7  | 3,1  | 12,4  | 8       | 0,77 | 6   |
|    |                |      | Rpd       | 28,9                    | 11  | 67  | 20,0                  | 17,3 | 11,6 | 46,2  |         |      |     |
| 3  | 1,80           | 2,90 | N         | 29,8                    | 22  | 35  | 25,9                  | 4,2  | 25,6 | 34,0  | 30      | 0,77 | 23  |
|    |                |      | Rpd       | 105,1                   | 78  | 121 | 91,5                  | 14,2 | 90,9 | 119,4 |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 5

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                      | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|--------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                                |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0,00     | 0,90 | Areato superficiale            | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 2  | 0,90     | 1,80 | Argille limose med.consistenti | 6    | 21.7             | 24.5    | 238 | 1.89 | 1.43 | 0.38           | 1.85 | 37 | 1.000 |
| 3  | 1,80     | 2,90 | Argille limose consistenti     | 23   | 54.5             | 33.6    | 369 | 2.01 | 1.62 | 1.44           | 2.06 | 23 | 0.610 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# ***DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA***



**(Foto n° 1 – Prova penetrometrica Din\_01 )**



**(Foto n° 2 – Prova penetrometrica Din\_02 )**

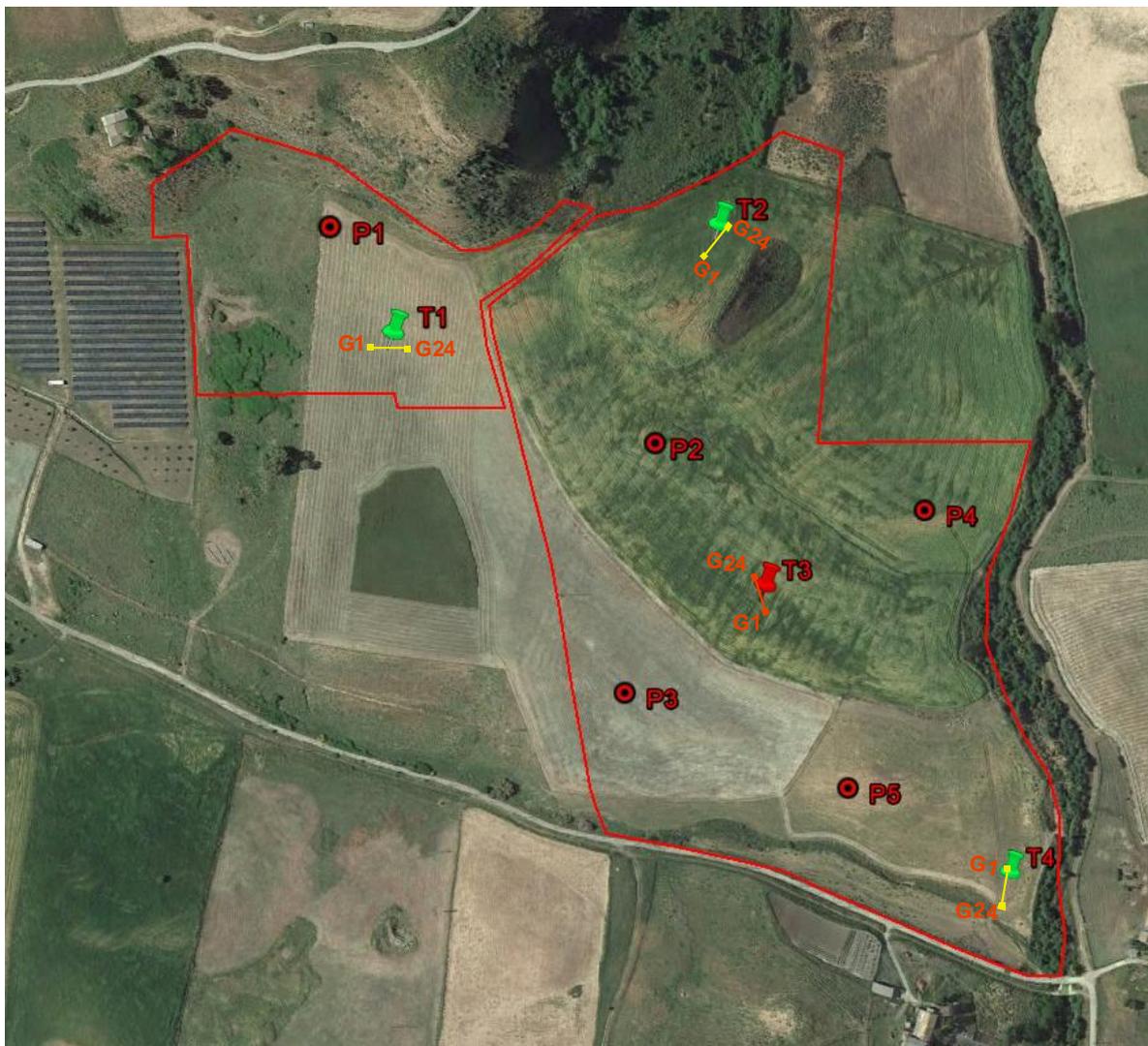


**(Foto n° 3 – Prova penetrometrica Din\_03 )**



**(Foto n° 4 – Prova penetrometrica Din\_04 )**

# Ubicazioni Schematica delle Indagini



**G1 → G24** Stendimento di Tomografia Sismica Superficiale 2D

**G1 → G24** Stendimento di Tomografia Sismica Superficiale e Masw

**P6** Ubicazione Indagine Penetrometrica Dinamica

# COMUNE DI NICOSIA

## (Provincia di Enna)

### OGGETTO:

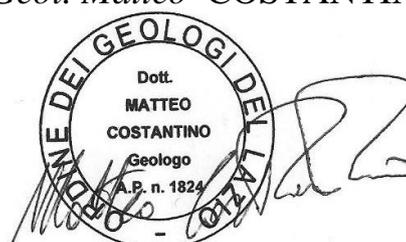
*RELAZIONE GEOFISICA CON INDAGINI MASW E DI TOMOGRAFIA SISMICA SUPERFICIALE 2D A SUPPORTO DEL PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 2*

### **INDAGINI PENETROMETRICHE MEDIE**

### COMMITTENTE:

*A.P.Engineering srls*

*Dott. Geol. Giuseppe GUGLIUZZA    Dott. Geol. Matteo COSTANTINO*



Studio Tecnico di Geologia e Geofisica Applicata  
dei professionisti

Dott. Geol. Matteo Costantino - Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza

Mob: +39 333 2005487

Mob +39 333 3822395

Viale Tirreno n.65, 00141 Roma - C.da S.Venera snc, 90028 Polizzi Generosa (PA)

[www.unigeos.com](http://www.unigeos.com) - email [info@unigeos.com](mailto:info@unigeos.com)

## Sintesi descrittiva

Su incarico della "A.P.Engineering srls" sono stati eseguiti n°05 prove penetrometriche dinamiche supporto dello studio geologico relativo al "PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COLLEGATO ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC DI 6.697,08 KWP E UNA POTENZA NOMINALE AC DI 5.580 KWP DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI NICOSIA (EN)-C.DA CANNELLA. SITO SALAMONE 2

Lo strumento utilizzato è un penetrometro dinamico medio DM 30 (60°) con estrattore idraulico della "Deep Drill", appartenente alla categoria "DPM (medium)" nella classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici.

La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 30 Kg da un'altezza standard di 20 cm su delle aste di acciaio con diametro di 22 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 10 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno.

Attraverso delle correlazioni empiriche, elaborate nella fattispecie dal software Win-Din, è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

Nello specifico vengono allegate delle tabelle e grafici, dove è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando ogni strato a comportamento coesivo e granulare.

Polizzi Generosa, Aprile 2021

*Dott. Geol. Giuseppe GUGLIUZZA*



*Dott. Geol. Matteo COSTANTINO*



PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DM-30 (60°)**

| Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici |                    |                               |
|---|--------------------|-------------------------------|
| TIPO  | Sigla Certificato  | Peso Massa Battente<br>M (kg) |
| Leggero   | DPL (Light)        | $M \leq 10$                   |
| Medio   | DPM (Medium)       | $10 < M < 40$                 |
| Pesante   | DPH (Heavy)        | $40 \leq M < 60$              |
| Super pesante   | DPSH (Super Heavy) | $M \geq 60$                   |

**CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)**

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| PESO MASSA BATTENTE                 | M = 30,00 kg  |
| ALTEZZA CADUTA LIBERA               | H = 0,20 m  |
| PESO SISTEMA BATTUTA                | Ms = 13,60 kg   |
| DIAMETRO PUNTA CONICA               | D = 35,70 mm  |
| AREA BASE PUNTA CONICA              | A = 10,00 cm <sup>2</sup>   |
| ANGOLO APERTURA PUNTA               | $\alpha = 60^\circ$   |
| LUNGHEZZA DELLE ASTE                | La = 1,00 m   |
| PESO ASTE PER METRO                 | Ma = 2,40 kg  |
| PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA | P1 = 0,80 m   |
| AVANZAMENTO PUNTA                   | $\delta = 0,10$ m   |
| NUMERO DI COLPI PUNTA               | N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm                                     |
| RIVESTIMENTO / FANGHI               | SI  |
| ENERGIA SPECIFICA x COLPO           | Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> ) |
| COEFF.TEORICO DI ENERGIA            | $\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t N$ )                             |

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
P = peso totale aste e sistema battuta

## UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm<sup>2</sup> = 0.098067 MPa  $\approx$  0,1 MPa  
1 MPa = 1 MN/m<sup>2</sup> = 10.197 kg/cm<sup>2</sup>  
1 bar = 1.0197 kg/cm<sup>2</sup> = 0.1 MPa  
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,50 - 1,60 | 9          | 33,5                     | 2    |
| 0,10 - 0,20 | 2          | 7,8                      | 1    | 1,60 - 1,70 | 12         | 44,6                     | 2    |
| 0,20 - 0,30 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,70 - 1,80 | 18         | 66,9                     | 2    |
| 0,30 - 0,40 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,80 - 1,90 | 22         | 78,0                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,90 - 2,00 | 23         | 81,5                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 27         | 95,7                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,10 - 2,20 | 30         | 106,3                    | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,20 - 2,30 | 30         | 106,3                    | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,30 - 2,40 | 31         | 109,8                    | 3    |
| 0,90 - 1,00 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,40 - 2,50 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,00 - 1,10 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,50 - 2,60 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,10 - 1,20 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,60 - 2,70 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,20 - 1,30 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,70 - 2,80 | 34         | 120,5                    | 3    |
| 1,30 - 1,40 | 6          | 22,3                     | 2    | 2,80 - 2,90 | 35         | 118,4                    | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 7          | 26,0                     | 2    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 5          | 19,6                     | 1    | 2,50 - 2,60 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 4          | 15,7                     | 1    | 2,60 - 2,70 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,70 - 2,80 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 4          | 15,7                     | 1    | 2,80 - 2,90 | 4          | 13,5                     | 4    |
| 0,40 - 0,50 | 4          | 15,7                     | 1    | 2,90 - 3,00 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 0,50 - 0,60 | 4          | 15,7                     | 1    | 3,00 - 3,10 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 0,60 - 0,70 | 3          | 11,7                     | 1    | 3,10 - 3,20 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 0,70 - 0,80 | 5          | 19,6                     | 1    | 3,20 - 3,30 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 0,80 - 0,90 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,30 - 3,40 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,40 - 3,50 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,50 - 3,60 | 8          | 27,1                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,60 - 3,70 | 8          | 27,1                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 6          | 22,3                     | 2    | 3,70 - 3,80 | 9          | 30,5                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,80 - 3,90 | 9          | 29,1                     | 5    |
| 1,40 - 1,50 | 21         | 78,1                     | 2    | 3,90 - 4,00 | 9          | 29,1                     | 5    |
| 1,50 - 1,60 | 11         | 40,9                     | 2    | 4,00 - 4,10 | 10         | 32,4                     | 5    |
| 1,60 - 1,70 | 8          | 29,8                     | 2    | 4,10 - 4,20 | 12         | 38,8                     | 5    |
| 1,70 - 1,80 | 10         | 37,2                     | 2    | 4,20 - 4,30 | 13         | 42,1                     | 5    |
| 1,80 - 1,90 | 15         | 53,1                     | 3    | 4,30 - 4,40 | 14         | 45,3                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 6          | 21,3                     | 3    | 4,40 - 4,50 | 18         | 58,3                     | 5    |
| 2,00 - 2,10 | 8          | 28,3                     | 3    | 4,50 - 4,60 | 21         | 68,0                     | 5    |
| 2,10 - 2,20 | 8          | 28,3                     | 3    | 4,60 - 4,70 | 21         | 68,0                     | 5    |
| 2,20 - 2,30 | 8          | 28,3                     | 3    | 4,70 - 4,80 | 22         | 71,2                     | 5    |
| 2,30 - 2,40 | 8          | 28,3                     | 3    | 4,80 - 4,90 | 23         | 71,4                     | 6    |
| 2,40 - 2,50 | 5          | 17,7                     | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 7          | 27,4                     | 1    | 2,20 - 2,30 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 6          | 23,5                     | 1    | 2,30 - 2,40 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,40 - 2,50 | 6          | 21,3                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,50 - 2,60 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,60 - 2,70 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,70 - 2,80 | 9          | 31,9                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 3          | 11,7                     | 1    | 2,80 - 2,90 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 0,70 - 0,80 | 4          | 15,7                     | 1    | 2,90 - 3,00 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 0,80 - 0,90 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,00 - 3,10 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,10 - 3,20 | 6          | 20,3                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,20 - 3,30 | 4          | 13,5                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,30 - 3,40 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,40 - 3,50 | 3          | 10,2                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,50 - 3,60 | 4          | 13,5                     | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 5          | 18,6                     | 2    | 3,60 - 3,70 | 3          | 10,2                     | 4    |
| 1,50 - 1,60 | 6          | 22,3                     | 2    | 3,70 - 3,80 | 5          | 16,9                     | 4    |
| 1,60 - 1,70 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,80 - 3,90 | 7          | 22,7                     | 5    |
| 1,70 - 1,80 | 4          | 14,9                     | 2    | 3,90 - 4,00 | 7          | 22,7                     | 5    |
| 1,80 - 1,90 | 6          | 21,3                     | 3    | 4,00 - 4,10 | 10         | 32,4                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 5          | 17,7                     | 3    | 4,10 - 4,20 | 12         | 38,8                     | 5    |
| 2,00 - 2,10 | 5          | 17,7                     | 3    | 4,20 - 4,30 | 17         | 55,0                     | 5    |
| 2,10 - 2,20 | 8          | 28,3                     | 3    | 4,30 - 4,40 | 22         | 71,2                     | 5    |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10$  cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 2          | 7,1                      | 3    |
| 0,10 - 0,20 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,10 - 2,20 | 4          | 14,2                     | 3    |
| 0,20 - 0,30 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,20 - 2,30 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,30 - 0,40 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,30 - 2,40 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,40 - 0,50 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,40 - 2,50 | 5          | 17,7                     | 3    |
| 0,50 - 0,60 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,50 - 2,60 | 7          | 24,8                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,60 - 2,70 | 8          | 28,3                     | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 2          | 7,8                      | 1    | 2,70 - 2,80 | 12         | 42,5                     | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 2          | 7,4                      | 2    | 2,80 - 2,90 | 12         | 40,6                     | 4    |
| 0,90 - 1,00 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,90 - 3,00 | 13         | 44,0                     | 4    |
| 1,00 - 1,10 | 3          | 11,2                     | 2    | 3,00 - 3,10 | 11         | 37,2                     | 4    |
| 1,10 - 1,20 | 2          | 7,4                      | 2    | 3,10 - 3,20 | 13         | 44,0                     | 4    |
| 1,20 - 1,30 | 2          | 7,4                      | 2    | 3,20 - 3,30 | 16         | 54,1                     | 4    |
| 1,30 - 1,40 | 2          | 7,4                      | 2    | 3,30 - 3,40 | 18         | 60,9                     | 4    |
| 1,40 - 1,50 | 1          | 3,7                      | 2    | 3,40 - 3,50 | 20         | 67,7                     | 4    |
| 1,50 - 1,60 | 1          | 3,7                      | 2    | 3,50 - 3,60 | 21         | 71,1                     | 4    |
| 1,60 - 1,70 | 1          | 3,7                      | 2    | 3,60 - 3,70 | 21         | 71,1                     | 4    |
| 1,70 - 1,80 | 1          | 3,7                      | 2    | 3,70 - 3,80 | 21         | 71,1                     | 4    |
| 1,80 - 1,90 | 1          | 3,5                      | 3    | 3,80 - 3,90 | 22         | 71,2                     | 5    |
| 1,90 - 2,00 | 1          | 3,5                      | 3    |             |            |                          |      |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

| Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta | Prof.(m)    | N(colpi p) | Rpd(kg/cm <sup>2</sup> ) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------|-------------|------------|--------------------------|------|
| 0,00 - 0,10 | 2          | 7,8                      | 1    | 1,30 - 1,40 | 8          | 29,8                     | 2    |
| 0,10 - 0,20 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,40 - 1,50 | 8          | 29,8                     | 2    |
| 0,20 - 0,30 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,50 - 1,60 | 8          | 29,8                     | 2    |
| 0,30 - 0,40 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,60 - 1,70 | 10         | 37,2                     | 2    |
| 0,40 - 0,50 | 2          | 7,8                      | 1    | 1,70 - 1,80 | 18         | 66,9                     | 2    |
| 0,50 - 0,60 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,80 - 1,90 | 14         | 49,6                     | 3    |
| 0,60 - 0,70 | 1          | 3,9                      | 1    | 1,90 - 2,00 | 17         | 60,2                     | 3    |
| 0,70 - 0,80 | 1          | 3,9                      | 1    | 2,00 - 2,10 | 15         | 53,1                     | 3    |
| 0,80 - 0,90 | 1          | 3,7                      | 2    | 2,10 - 2,20 | 13         | 46,1                     | 3    |
| 0,90 - 1,00 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,20 - 2,30 | 11         | 39,0                     | 3    |
| 1,00 - 1,10 | 3          | 11,2                     | 2    | 2,30 - 2,40 | 30         | 106,3                    | 3    |
| 1,10 - 1,20 | 5          | 18,6                     | 2    | 2,40 - 2,50 | 32         | 113,4                    | 3    |
| 1,20 - 1,30 | 8          | 29,8                     | 2    | 2,50 - 2,60 | 40         | 141,7                    | 3    |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 1**

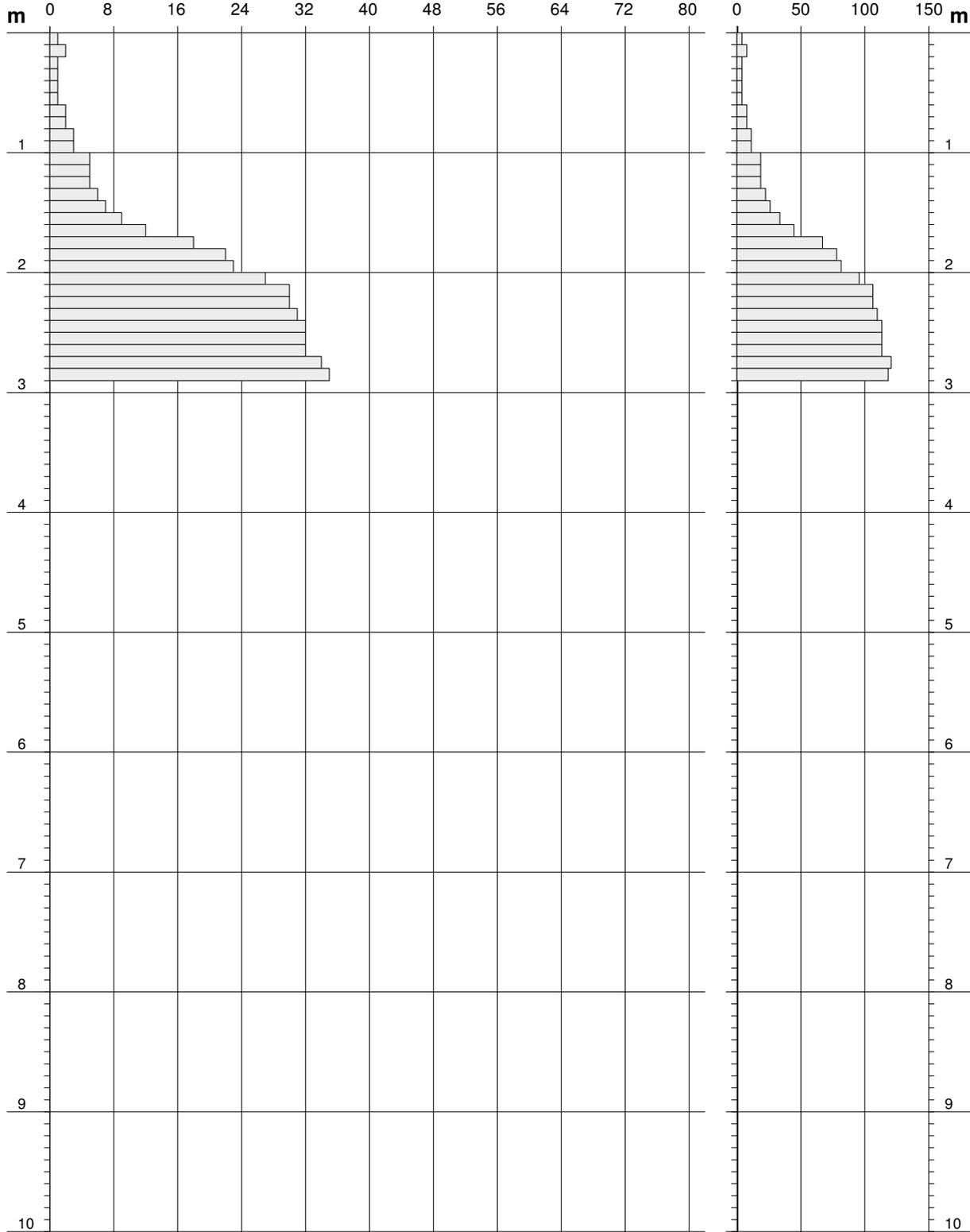
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

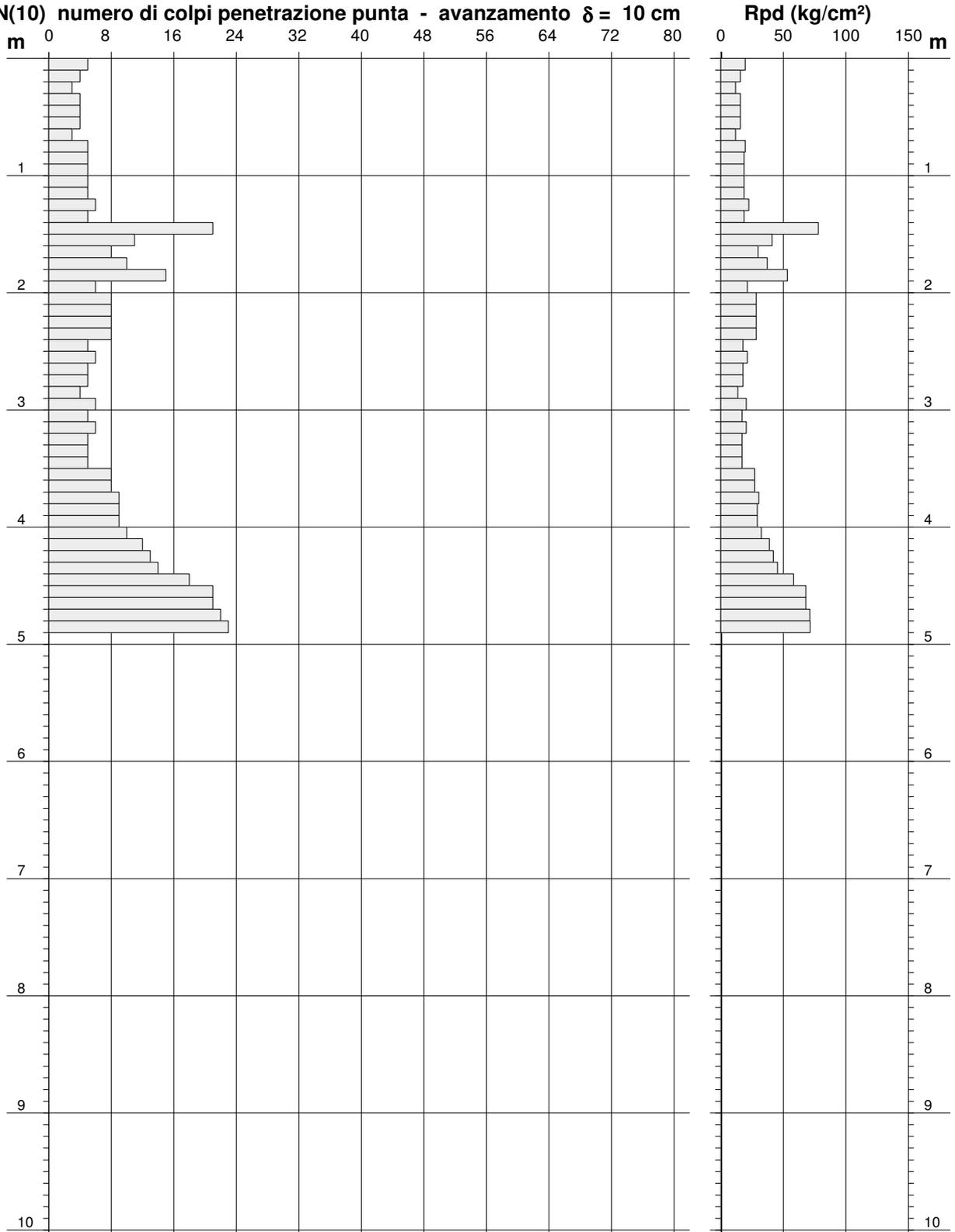
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

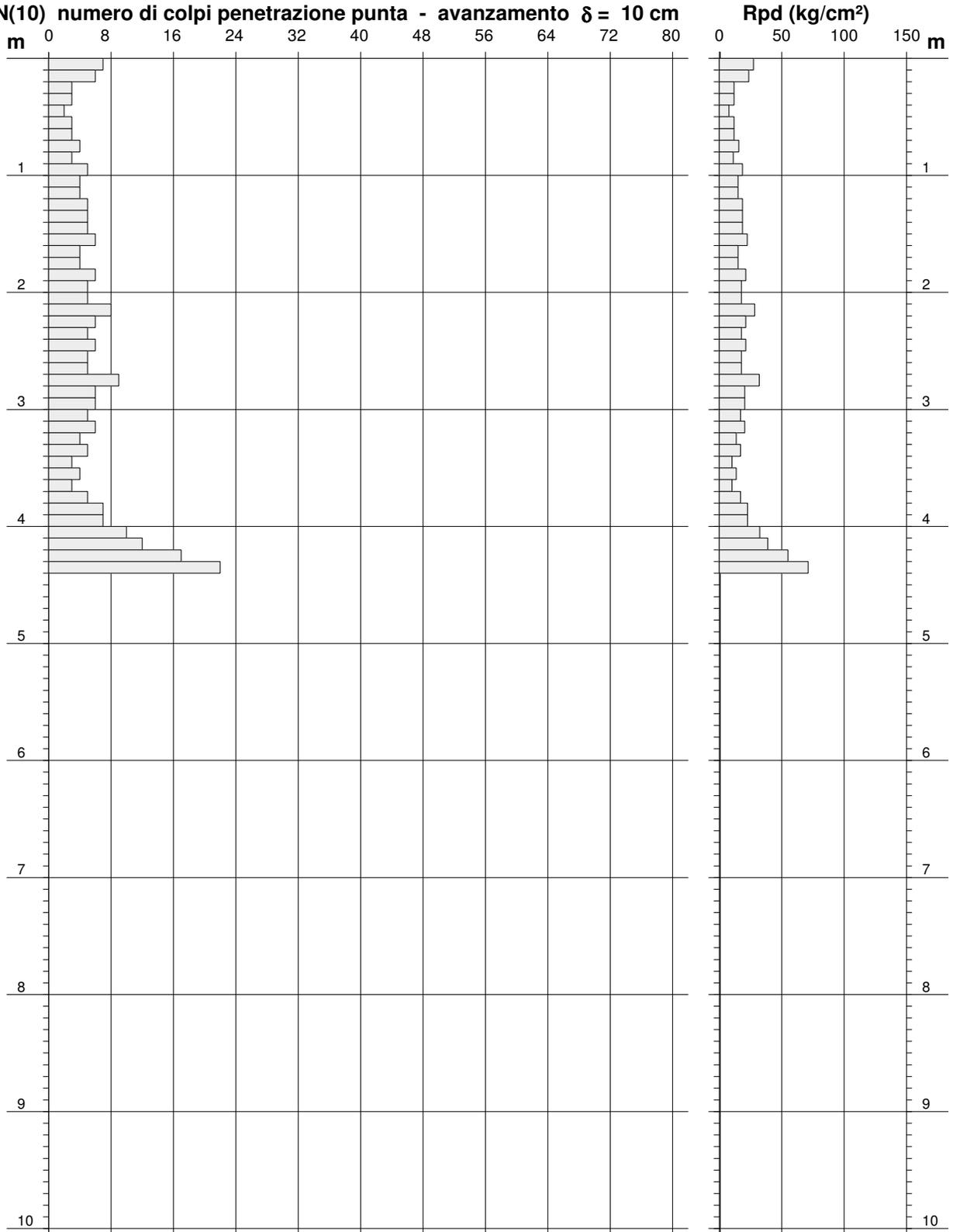
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 4**

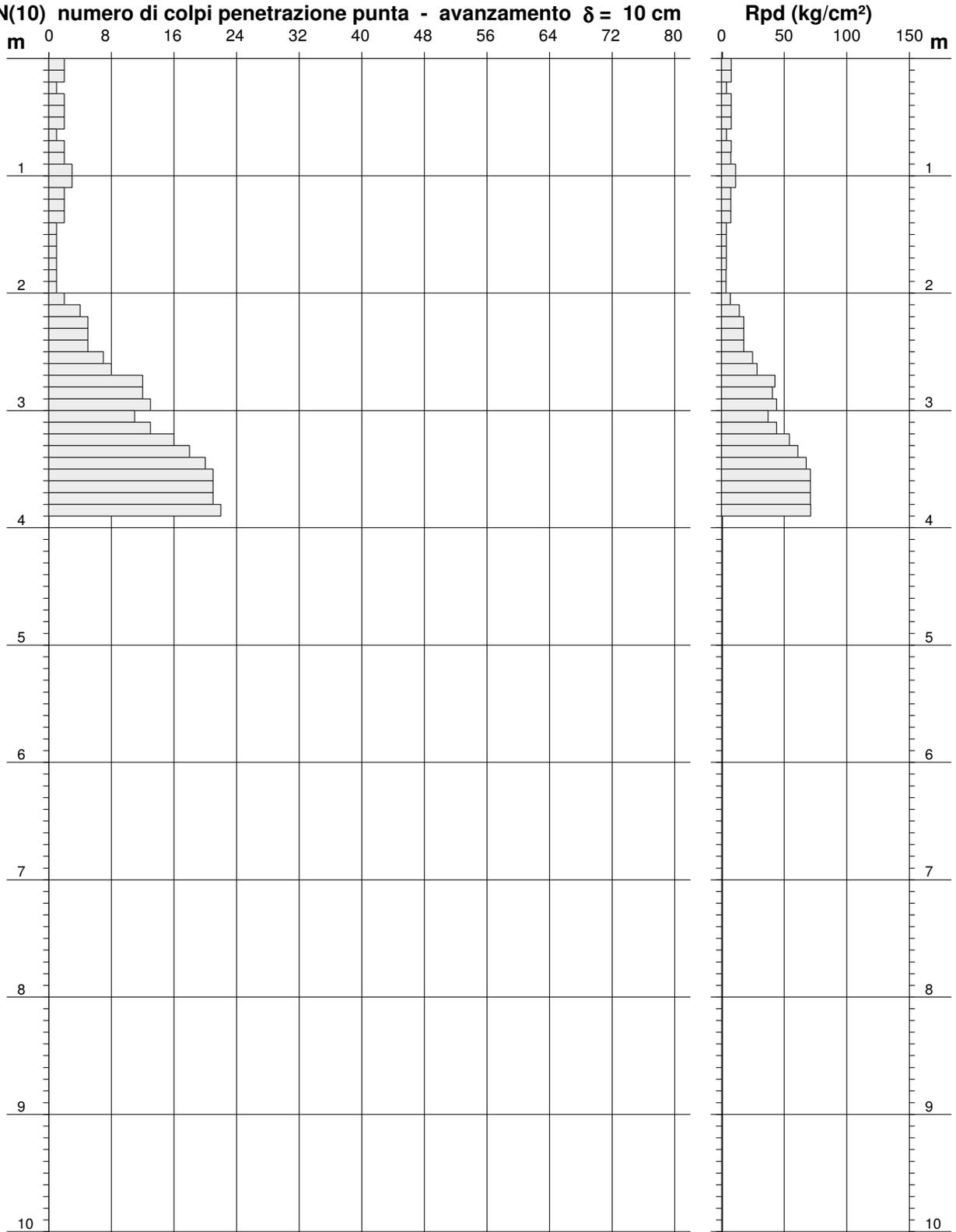
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 5**

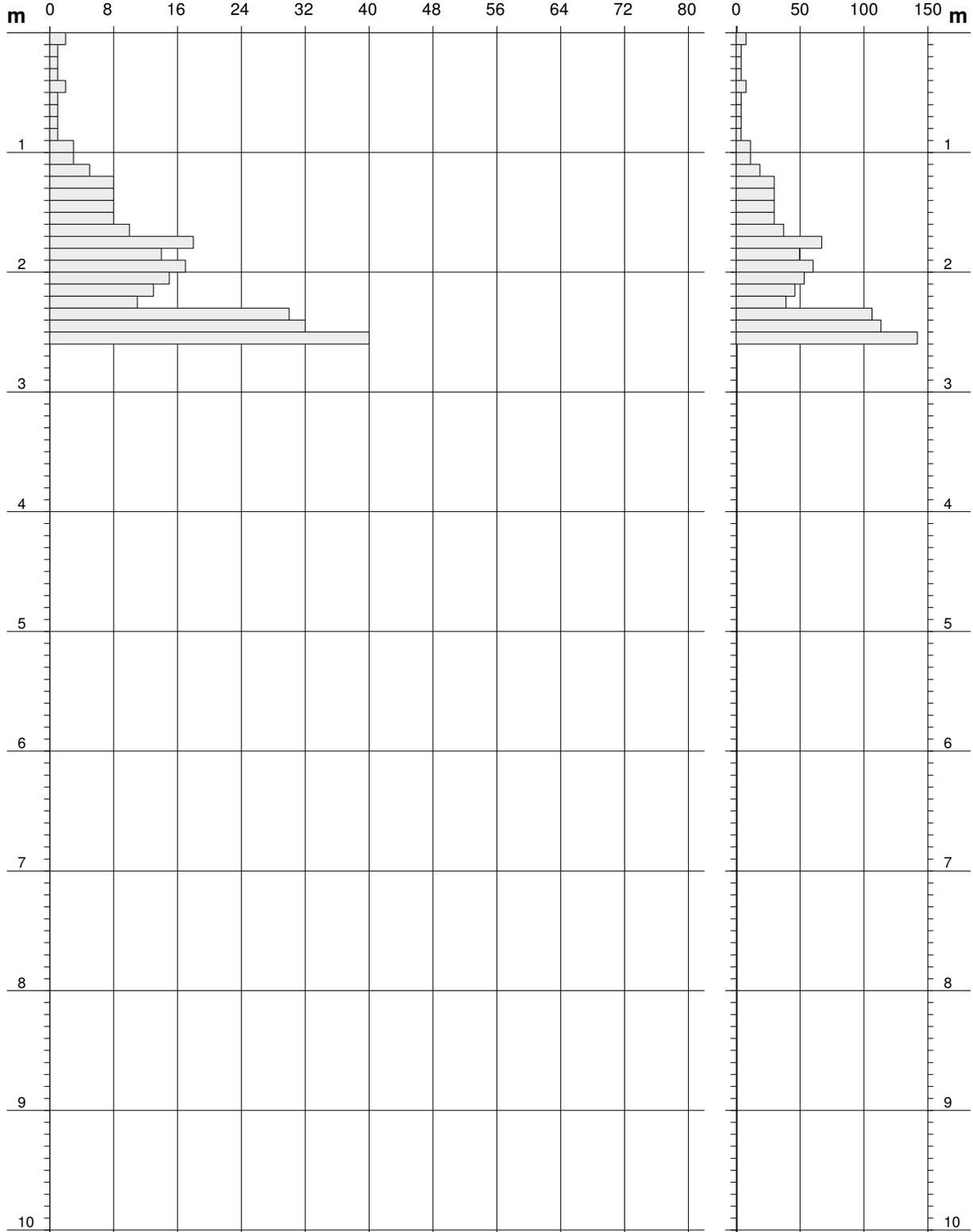
Scala 1: 50

- cantiere : Salamone 2  
 - lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
 - località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
 - quota inizio :  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - data emiss. : 27/05/2021

- note :

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**



# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA   | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|-------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |       |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 1,00 | N         | 1,7                     | 1   | 3   | 1,4                   | ---  | ---  | 2,5   | 2       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 6,5                     | 4   | 11  | 5,2                   | 3,0  | 3,5  | 9,6   |         |      |     |
| 2  | 1,00           | 1,80 | N         | 8,4                     | 5   | 18  | 6,7                   | 4,6  | 3,8  | 13,0  | 8       | 0,77 | 6   |
|    |                |      | Rpd       | 31,1                    | 19  | 67  | 24,9                  | 17,1 | 14,1 | 48,2  |         |      |     |
| 3  | 1,80           | 2,90 | N         | 29,8                    | 22  | 35  | 25,9                  | 4,2  | 25,6 | 34,0  | 30      | 0,77 | 23  |
|    |                |      | Rpd       | 105,1                   | 78  | 121 | 91,5                  | 14,2 | 90,9 | 119,4 |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                  | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|----------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                            |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 1.00 | Areato superficiale        | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 2  | 1.00     | 1.80 | Argille limose             | 6    | 21.7             | 24.5    | 238 | 1.89 | 1.43 | 0.38           | 1.85 | 37 | 1.000 |
| 3  | 1.80     | 2.90 | Argille limose consistenti | 23   | 54.5             | 33.6    | 369 | 2.01 | 1.62 | 1.44           | 2.06 | 23 | 0.610 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 1,40 | N         | 4,5                     | 3   | 6   | 3,8                   | ---- | 3,6  | 5,4  | 4       | 0,77 | 3   |
|    |                |      | Rpd       | 17,2                    | 12  | 22  | 14,5                  | 3,0  | 14,2 | 20,2 |         |      |     |
| 2  | 1,40           | 3,50 | N         | 7,6                     | 4   | 21  | 5,8                   | 4,0  | 3,6  | 11,6 | 8       | 0,77 | 6   |
|    |                |      | Rpd       | 27,1                    | 14  | 78  | 20,3                  | 15,2 | 12,0 | 42,3 |         |      |     |
| 3  | 3,50           | 4,90 | N         | 14,1                    | 8   | 23  | 11,0                  | 5,7  | 8,3  | 19,8 | 14      | 0,77 | 11  |
|    |                |      | Rpd       | 45,6                    | 27  | 71  | 36,3                  | 17,9 | 27,7 | 63,5 |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                      | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|--------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                                |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 1.40 | Areato superficiale            | 3    | 11.3             | 21.7    | 214 | 1.86 | 1.38 | 0.19           | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2  | 1.40     | 3.50 | Argille limose                 | 6    | 21.7             | 24.5    | 238 | 1.89 | 1.43 | 0.38           | 1.85 | 37 | 1.000 |
| 3  | 3.50     | 4.90 | Argille limose med consistenti | 11   | 36.5             | 27.8    | 276 | 1.94 | 1.51 | 0.69           | 1.91 | 32 | 0.867 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,90 | N         | 3,8                     | 2   | 7   | 2,9                   | 1,6  | 2,1  | 5,4  | 4       | 0,77 | 3   |
|    |                |      | Rpd       | 14,7                    | 8   | 27  | 11,3                  | 6,5  | 8,3  | 21,2 |         |      |     |
| 2  | 0,90           | 4,00 | N         | 5,3                     | 3   | 9   | 4,1                   | 1,3  | 3,9  | 6,6  | 5       | 0,77 | 4   |
|    |                |      | Rpd       | 18,5                    | 10  | 32  | 14,3                  | 4,5  | 14,0 | 23,0 |         |      |     |
| 3  | 4,00           | 4,40 | N         | 15,3                    | 10  | 22  | 12,6                  | ---- | ---- | ---- | 15      | 0,77 | 11  |
|    |                |      | Rpd       | 49,4                    | 32  | 71  | 40,9                  | ---- | ---- | ---- |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                       | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      | NATURA COESIVA |      |      |    |       |
|----|----------|------|---------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|----------------|------|------|----|-------|
|    |          |      |                                 |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd             | Cu   | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 0.90 | Areato superficiale             | 3    | 11.3             | 21.7    | 214 | 1.86 | 1.38           | 0.19 | 1.78 | 44 | 1.194 |
| 2  | 0.90     | 4.00 | Argille limose                  | 4    | 15.0             | 22.7    | 222 | 1.87 | 1.39           | 0.25 | 1.80 | 42 | 1.125 |
| 3  | 4.00     | 4.40 | Argille limose med. consistenti | 11   | 36.5             | 27.8    | 276 | 1.94 | 1.51           | 0.69 | 1.91 | 32 | 0.867 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,90 | N         | 1,8                     | 1   | 2   | 1,4                   | ---- | 1,3  | 2,2  | 2       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 6,9                     | 4   | 8   | 5,4                   | 1,7  | 5,2  | 8,6  |         |      |     |
| 2  | 0,90           | 2,20 | N         | 1,8                     | 1   | 4   | 1,4                   | 1,0  | ---- | 2,8  | 2       | 0,77 | 2   |
|    |                |      | Rpd       | 6,8                     | 4   | 14  | 5,2                   | 3,6  | 3,2  | 10,3 |         |      |     |
| 3  | 2,20           | 3,20 | N         | 9,1                     | 5   | 13  | 7,1                   | 3,4  | 5,7  | 12,5 | 9       | 0,77 | 7   |
|    |                |      | Rpd       | 31,5                    | 18  | 44  | 24,6                  | 11,4 | 20,0 | 42,9 |         |      |     |
| 4  | 3,20           | 3,90 | N         | 19,9                    | 16  | 22  | 17,9                  | 2,1  | 17,7 | 22,0 | 20      | 0,77 | 15  |
|    |                |      | Rpd       | 66,7                    | 54  | 71  | 60,4                  | 6,7  | 60,0 | 73,4 |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                      | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      |      | NATURA COESIVA |      |    |       |
|----|----------|------|--------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|------|----------------|------|----|-------|
|    |          |      |                                |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd   | Cu             | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0.00     | 0.90 | Areato superficiale            | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 2  | 0.90     | 2.20 | Argille limose                 | 2    | 7.5              | 20.5    | 207 | 1.85 | 1.36 | 0.13           | 1.75 | 47 | 1.267 |
| 3  | 2.20     | 3.20 | Argille limose med consistenti | 7    | 25.0             | 25.2    | 245 | 1.90 | 1.45 | 0.44           | 1.86 | 36 | 0.972 |
| 4  | 3.20     | 3.90 | Argille limose consistenti     | 15   | 42.5             | 30.0    | 307 | 1.96 | 1.54 | 0.94           | 1.96 | 29 | 0.773 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- cantiere : Salamone 2  
- lavoro : Impianto Agro-fotovoltaico  
- località : Nicosia (EN)

- data prova : 09/04/2021  
- quota inizio :  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- data emiss. : 27/05/2021

- note :

| n° | Profondità (m) |      | PARAMETRO | ELABORAZIONE STATISTICA |     |     |                       |      |      | VCA  | $\beta$ | Nspt |     |
|----|----------------|------|-----------|-------------------------|-----|-----|-----------------------|------|------|------|---------|------|-----|
|    |                |      |           | M                       | min | Max | $\frac{1}{2}(M+\min)$ | s    | M-s  |      |         |      | M+s |
| 1  | 0,00           | 0,90 | N         | 1,2                     | 1   | 2   | 1,1                   | ---  | ---  | 1,7  | 1       | 0,77 | 1   |
|    |                |      | Rpd       | 4,8                     | 4   | 8   | 4,2                   | 1,7  | 3,0  | 6,5  |         |      |     |
| 2  | 0,90           | 2,30 | N         | 10,1                    | 3   | 18  | 6,5                   | 4,8  | 5,2  | 14,9 | 10      | 0,77 | 8   |
|    |                |      | Rpd       | 36,6                    | 11  | 67  | 23,9                  | 17,2 | 19,4 | 53,7 |         |      |     |
| 3  | 2,30           | 2,60 | N         | 34,0                    | 30  | 40  | 32,0                  | ---  | ---  | ---  | 34      | 0,77 | 26  |
|    |                |      | Rpd       | 120,5                   | 106 | 142 | 113,4                 | ---  | ---  | ---  |         |      |     |

M: valore medio    min: valore minimo    Max: valore massimo    s: scarto quadratico medio    VCA: valore caratteristico assunto  
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm)    Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ )    Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

## Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

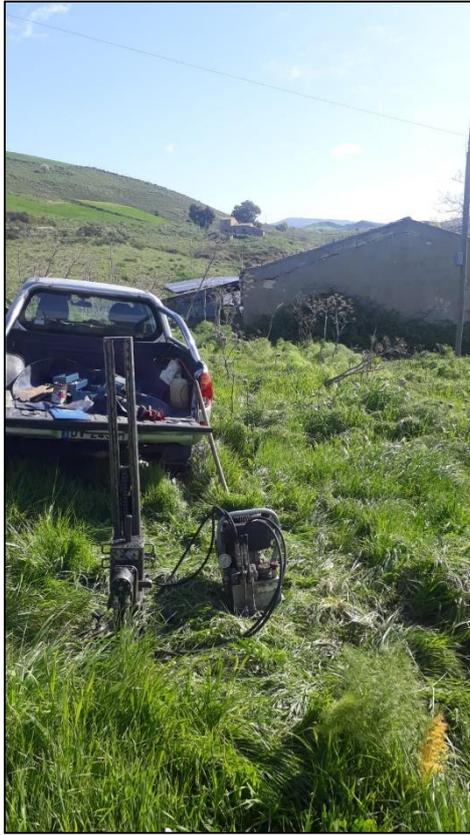
DIN 5

| n° | Prof.(m) |      | LITOLOGIA                      | Nspt | NATURA GRANULARE |         |     |      | NATURA COESIVA |      |      |    |       |
|----|----------|------|--------------------------------|------|------------------|---------|-----|------|----------------|------|------|----|-------|
|    |          |      |                                |      | DR               | $\phi'$ | E'  | Ysat | Yd             | Cu   | Ysat | W  | e     |
| 1  | 0,00     | 0,90 | Arato superficiale             | 1    | 3.8              | 18.9    | 199 | 1.84 | 1.34           | 0.06 | 1.68 | 56 | 1.519 |
| 2  | 0,90     | 2,30 | Argille limose med consistenti | 8    | 28.3             | 26.0    | 253 | 1.91 | 1.46           | 0.50 | 1.87 | 35 | 0.945 |
| 3  | 2,30     | 2,60 | Argille limose consistenti     | 26   | 59.0             | 34.7    | 392 | 2.03 | 1.65           | 1.63 | 2.09 | 21 | 0.556 |

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa     $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace    E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato    W% = contenuto d'acqua  
e (-) = indice dei vuoti    Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata    Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

# ***DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA***



**(Foto n° 1 – Prova penetrometrica Din\_01 )**



**(Foto n° 2 – Prova penetrometrica Din\_02 )**



***(Foto n° 3 – Prova penetrometrica Din\_03 )***

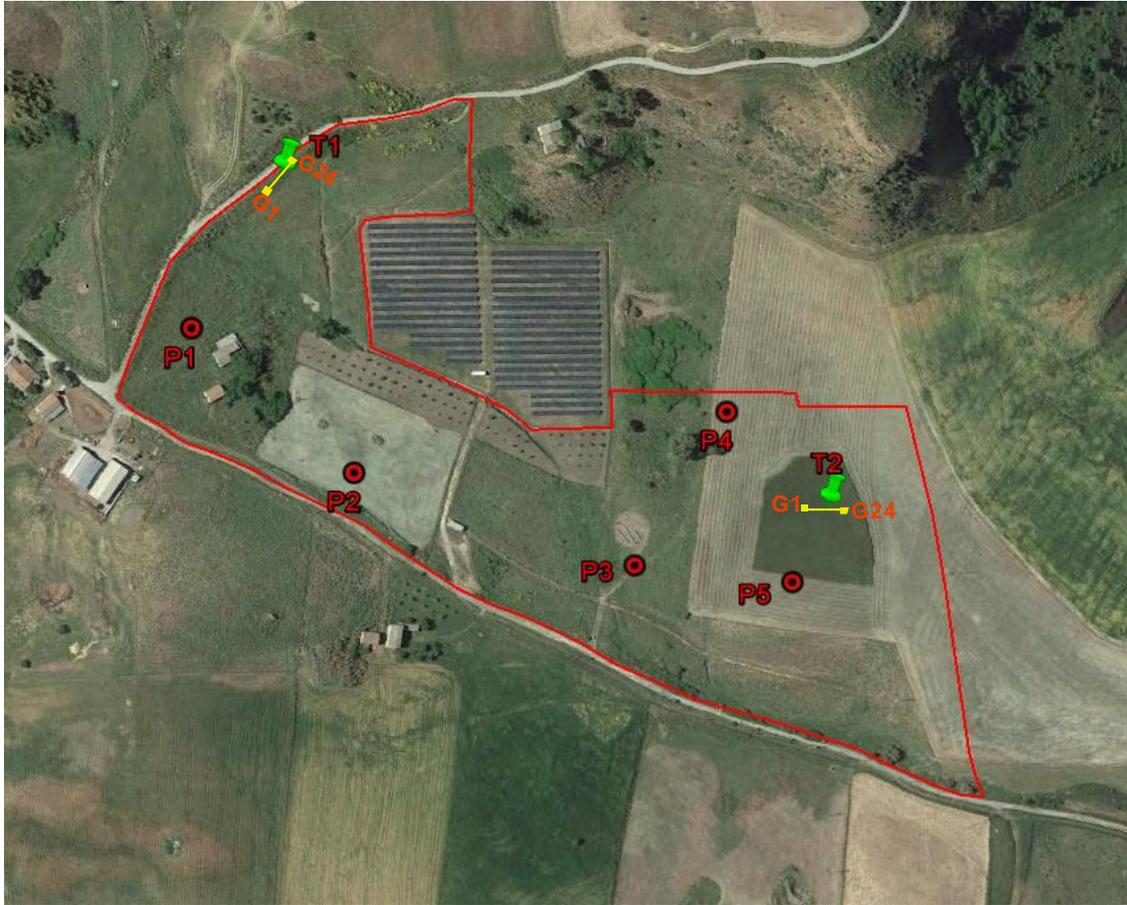


***(Foto n° 4 – Prova penetrometrica Din\_04 )***



***(Foto n° 4 – Prova penetrometrica Din\_05 )***

# Ubicazioni Schematica delle Indagini



**G1**  **G24** Stendimento di Tomografia Sismica Superficiale 2D

**G1**  **G24** Stendimento di Tomografia Sismica Superficiale e Masw

**P6** Ubicazione Indagine Penetrometrica Dinamica