

PROPONENTE  
**Repower Renewable Spa**  
Via Lavaredo, 44  
30174 Venezia



COORDINAMENTO

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants  
LAAP ARCHITECTS Srl  
via Francesco Laurana 28  
90143 - Palermo - Italia  
t 091.7834427 - fax 091.7834427  
laap.it - info@laap.it  
Numero di commessa laap: 338

PROGETTAZIONE

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants  
LAAP ARCHITECTS Srl  
via Francesco Laurana 28  
90143 - Palermo - Italia  
t 091.7834427 - fax 091.7834427  
laap.it - info@laap.it  
Numero di commessa laap: 338

Architetto e Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE

Dott. Geologo Salvatore Lo Verme



N° COMMESSA

**1518**

PARCO AGRIVOLTAICO "RACARRUME", 25 MW + 20 MW ACCUMULO  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI BUSETO PALIZZOLO (TP), VALDERICE (TP), ERICE (TP) TRAPANI E MISILISCEMI (TP)

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

CODICE ELABORATO

**PD.07**

NOME FILE: 338\_CARTIGLIO\_r00.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDAITTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	20/03/2023	PRIMA EMISSIONE	Dott. Geol. Salvatore Lo Verme	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. Antonino Palazzolo

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>3. IL SITO.....</b>	<b>6</b>
3.1. Inquadramento territoriale.....	7
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO .....</b>	<b>11</b>
4.1. Inquadramento geologico regionale .....	11
4.2. Tettonica.....	13
<b>5. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO. SISMICITÀ STORICA DELLA SICILIA CENTRO OCCIDENTALE .....</b>	<b>17</b>
5.1. Storia sismica .....	21
5.2. Pericolosità sismica del sito .....	25
<b>6. CATEGORIA TOPOGRAFICA.....</b>	<b>31</b>
<b>7. SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLODI FONDAZIONE .....</b>	<b>32</b>
<b>8. LIQUEFAZIONE.....</b>	<b>33</b>
8.1. Esclusione della verifica a liquefazione.....	33
<b>9. AZIONE SISMICA DEL SITO.....</b>	<b>34</b>
9.1. Amplificazione dell'azione sismica ed effetti cosismici.....	34
9.2. Stima della pericolosità sismica locale .....	37
9.3. Sismicità del sito .....	39
<b>10. RAPPORTRO INDAGINI SISMICHE MASW.....</b>	<b>40</b>
10.1. Indagine sismica Masw Campo Est .....	42
10.2. Indagine sismica Masw Campo Ovest.....	45
10.3. Indagine sismica Masw SU Ovest.....	48
10.4. Indagine sismica Masw SE Terna .....	51
<b>11. GEOTECNICA e sismica racarrume .....</b>	<b>54</b>
11.1. Report Indagini penetrometriche .....	56
<b>12. CONCLUSIONI.....</b>	<b>79</b>

## 1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo del parco agrivoltaico denominato "Racarrume", di potenza pari a **25 MW** e integrato da un sistema di accumulo da **20 MW**, per una potenza totale richiesta in immissione di 45 MW., ubicato nei Comuni di Buseto Palizzolo (TP), Valderice (TP), Erice (TP), Trapani e Misiliscemi (TP) in Provincia di Trapani e proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia via Lavaredo 44/52 cap 30174, d'ora in avanti chiamato **Proponente**.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Un impianto agrivoltaico** che si estende su di un'area di 49,5 ettari sita nel territorio comunale di Buseto Palizzolo (TP) e Valderice (TP), costituito da due tipologie di strutture ovvero: **tracker ad inseguimento monoassiale**, di altezza minima variabile tra 1,30 m per le aree ad attività zootecnica e di 2,10 m per le aree ad attività colturale, composti da 30 o 15 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila e **stringhe a telaio fisso**, di altezza minima 1,30 m per l'attività zootecnica, composti da 24 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su tre file.

L'impianto è stato suddiviso in 3 impianti così nominati:

- **Impianto "Specchia"** (composto da 4 porzioni autonome denominate RS1, RS2, RS3 e RS4)
- **Impianto "Popoli"** (composto da 4 porzioni autonome denominate RP1, RP2, RP3 e RP4)
- **Impianto "Belloverde"** (composto da 3 porzioni autonome denominate RB1, RB2 e RB3)

Al loro interno sono previste:

- **mantenimento e ampliamento dell'attività colturale e zootecnica**
- **opere di mitigazione** come fasce arboree/arbustive lungo il perimetro esterno dell'impianto
- **opere civili e idrauliche** a servizio dell'impianto e della produzione agricola

Da un punto di vista elettromeccanico l'impianto è costituito da **6 sottocampi** in tecnologia mista e per ogni sottocampo è previsto un sistema di conversione DC/AC del tipo distribuito con inverter di piccola taglia (250 e 350 kW) installati in modo distribuito. Il sistema di trasformazione prevede l'installazione di trasformatori 36/08 kV della taglia di 2.5 MVA e 1.25 MVA ubicati all'interno di apposite cabine di trasformazione all'interno del campo stesso (cabine di campo). Tutte le cabine di campo saranno collegate ad una cabina principale di raccolta utente (CR) dalla quale partiranno i cavidotti a 36 kV verso la sottostazione utente SSEU.

2. **Cavidotti interrati interni al sito 36 kV** per collegare le cabine di campo alla cabina di raccolta CR. Verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di raccolta;
3. **Cavidotti interrati esterni al sito 36 kV** per il collegamento tra la cabina di raccolta CR sita all'interno del campo agrivoltaico RS1 "Specchia" e l'edificio utente sito all'interno della sottostazione utente SSEU;
4. **Sottostazione Utente SSEU** ubicata nel comune di Buseto Palizzolo (TP), contenente l'edificio utente per la raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dalla cabina di raccolta del parco agrivoltaico dalla quale partirà un successivo cavidotto

che verrà collegato alla stazione RTN tramite inserimento in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione Terna a 150/36 kV. All'interno della sottostazione utente sarà ubicato inoltre un **sistema di accumulo elettrochimico BESS** avente una potenza nominale di 20MW.

5. Una nuova **stazione elettrica Terna di trasformazione a 150/36 kV** denominata **"Buseto 2"**, ubicata nel comune di Buseto Palizzolo (TP), da inserire in doppio entra-esce alla due linee RTN 150 kV "Buseto Palizzolo – Fulgatore" e "Buseto Palizzolo – Castellammare del Golfo";
6. Un nuovo **elettrodotto RTN a 150 kV** di collegamento tra la SE "Buseto 2" e la Cabina Primaria di Ospedaletto, presso la quale dovrà essere realizzato uno stallo 150 kV;
7. Un **ampliamento** della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

Le opere descritte ai punti 1), 2), 3) e 4) verranno trattate nella sezione **Progetto Definitivo** del parco agrivoltaico di cui il presente documento si propone come relazione descrittiva.

Le opere ai punti 5), 6) e 7) verranno trattate nella sezione **Piano Tecnico Opere di Rete (PTO)** di cui la medesima società Repower Renewable s.p.a. ne è Capofila.

La connessione alla RTN è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica 202202432, ricevuta per l'impianto in oggetto da Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.

Il presente documento si propone di fornire una descrizione delle caratteristiche geotecniche e sismiche dell'area interessata dal progetto definitivo del parco agrivoltaico volto al rilascio, da parte delle Autorità competenti, delle autorizzazioni e concessioni necessarie alla sua realizzazione. Ai fini della descrizione delle analisi svolte, nella trattazione che segue il parco agrivoltaico è stato suddiviso in due magrogruppi ovvero **Campo Est** (Impianto "Specchia") e **Campo Ovest** (Impianto "Popoli e Impianto "Belloverde").

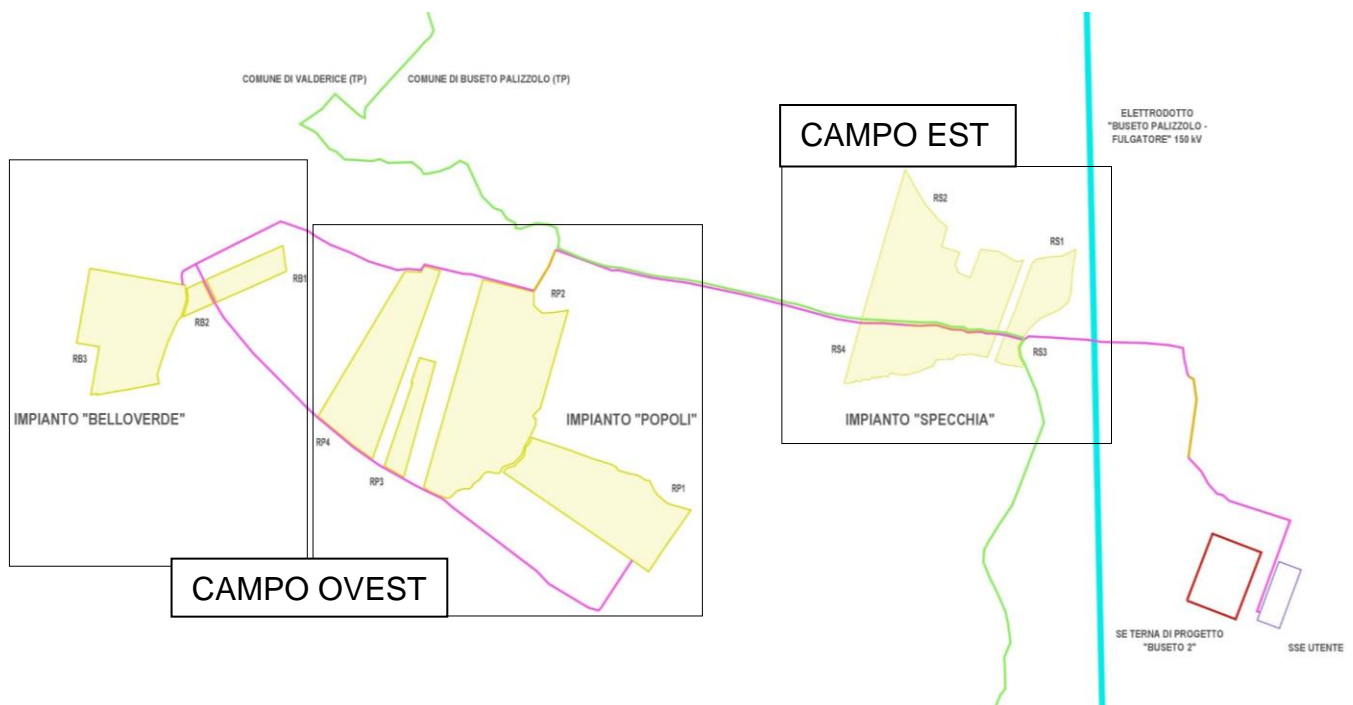


Figura 1. Parco Agrivoltaico Racarrume con denominazione impianti

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente studio geologico a supporto del progetto in oggetto si è fatto riferimento alla seguente normativa:

**Piano Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, denominato anche P.A.I.**, redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

**Norme di attuazione sostituita dal D.P. n. 9 del 06/05/2021** - APPROVAZIONE "MODIFICHE ALLA RELAZIONE GENERALE - PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE SICILIANA" - REDATTA NEL 2004 E TABELLA ELEMENTI A RISCHIO - D.P. N. 9/ADB DEL 06/05/2021.

**Circolare applicativa del 22/02/2023 Prot. N. 4036**; Semplificazione e snellimento delle procedure di rilascio dei pareri di compatibilità geomorfologica e idraulica di cui gli articoli da 17 a 31 delle Norme di Attuazione del PAI – D.P. Reg. 6 Maggio 2021 n. 9

### **D.M. 17 Gennaio 2018**

Norme tecniche per le costruzioni. Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti.

**Circolare Applicativa** – norme tecniche per le costruzioni. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Circolare 21/gennaio/2019, n. 7 C.S.LL.PP.

**Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". (Capitolo 6. Progettazione geotecnica).

**Circolare n. 3 del 20 Giugno 2014** "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici" in particolare all'allegato D (Guida schematica alla definizione di unità litotecniche).

**Compatibilità geomorfologica ai sensi dell'art 15; legge regionale 16/16 redatto ai sensi della circolare ARTA n. 3 del 20/06/2014**

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.", modificata dall'O.P. C. M. 3431 del 03/05/2005.

### **Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003**

"Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19 Dicembre 2003" pubblicato sulla GURS n. 7 del 13/02/2004".

**Aggiornamento della classificazione sismica regionale** con i criteri dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/04/2006 n. 3519.

Linea guida **(Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).**

**Deliberazione della giunta regionale 24/02/2022 n. 81** del dirigente generale del DRPC Sicilia 11/03/2022 n. 64

### 3. IL SITO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto

REPOWER RENEWABLE S.P.A	
<b>Luogo di installazione:</b>	Località: Racarrume, Comune di Valderice (TP) e Comune di Buseto Palizzolo (TP)
<b>Denominazione impianto:</b>	Impianto Agrivoltaico Racarrume
<b>Dati area di progetto:</b>	Impianto Agrivoltaico: Comune di Valderice (TP) e Comune di Buseto Palizzolo (TP)
<b>Informazioni generali del sito:</b>	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
<b>Potenza (MW):</b>	Impianto fotovoltaico: 25 MW BESS: 20 MW
<b>Superficie totale (STotale)</b>	49,5 ha
<b>Superficie Agricola (SAgricola)</b>	42,3 ha
<b>Superficie dei moduli (SModuli)</b>	11,8 ha
<b>SAgricola/STotale &gt; 70%</b>	85,4%
<b>LAOR (Smoduli/STotale) &lt; 40%</b>	24%
<b>Producibilità elettrica minima (FVagri ≥ 0,6 x FVstandard)</b>	83,3%
<b>Tipo strutture di sostegno:</b>	Strutture in materiale metallico ad inseguimento solare mono-assiali Strutture in materiale metallico del tipo a telaio fisso
<b>Inclinazione piano dei moduli (Tilt):</b>	Le strutture fisse avranno un angolo di tilt di circa 30° rispetto al piano orizzontale
<b>Caratterizz. - urbanistico/vincolistica:</b>	Piano Regolatore di Valderice; Piano Regolatore di Buseto Palizzolo; Piano Paesaggistico dell'Ambito 1 Provincia di Trapani
<b>Connessione:</b>	Connessione ad uno stallo a 36 kV della stazione TERNA "Buseto 2"
<b>Rete di collegamento:</b>	LINEA AAT RTN a 150 kV "Buseto Palizzolo - Fulgatore" e "Buseto Palizzolo – Castellammare Golfo"
<b>Coordinate Parco Agrivoltaico</b>	Punto baricentrico al parco: 37°59'50.65"N, 12°40'14.46"E SSE Utente: 37°59'34.50"N, 12°41'38.75"E

### 3.1. Inquadramento territoriale

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto agrivoltaico da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Racarrume nei comuni di Valderice (TP) e Buseto Palizzolo (TP). Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Buseto Palizzolo è interessato da parte dell'impianto "Specchia" (RS1 e RS2), da alcuni tratti del cavidotto interrato di connessione alla RTN, dalla Sottostazione Utente (SSEU), dalla Stazione Elettrica SE Terna e da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Valderice è interessato dalla restante parte dell'impianto, dai restanti tratti del cavidotto interrato di connessione alla RTN e da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Erice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Trapani è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto e dallo stallo a 150 kV ad Ospedaletto.
- Il Comune di Misiliscemi è interessato dall'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

In generale, l'area deputata all'installazione dell'impianto agrivoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo in quanto presenta una buona esposizione alla radiazione solare ed è facilmente accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti. Di seguito le coordinate di un punto baricentrico del campo fotovoltaico:

**37°59'50.65"N**

**12°40'14.46"E**

L'impianto si trova all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 248-III-SE-Erice e 257-IV-NE -Dattilo.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 592160, 593130, 605040 e 606010.
- Fogli di mappa nn. 21, 29 nel Comune di Buseto Palizzolo (TP) e nn. 67,68, 69, 70 nel Comune di Valderice

Di seguito una tabella che riassume le particelle interessate dalla realizzazione dell'impianto:

Tabella 2. Particelle catastali interessate dalla realizzazione dell'impianto

Impianto		Comune	Foglio	Particelle
<b>Impianto "Specchia"</b>	RS1	Buseto Palizzolo	21	65
	RS2	Buseto Palizzolo	21	58, 60, 63, 71, 72, 73, 119, 121, 122, 123, 124, 155, 156, 209, 210, 229, 230, 231, 232, 237
	RS3	Valderice	70	19, 20 ,333
	RS4	Valderice	70	12, 13, 14, 15, 16, 257, 268, 272, 287, 290, 334, 363, 364, 365, 366
<b>Impianto "Popoli"</b>	RP1	Valderice	69	54, 57, 58, 59, 76, 77, 231, 232, 251, 252
	RP2	Valderice	68	67, 170, 213, 215, 217
	RP3	Valderice	68	60, 61, 62, 63, 64, 116, 125, 126, 127, 128, 166, 177, 182
	RP4	Valderice	68	135, 202, 227, 228, 229, 231, 232, 233,
<b>Impianto "Belloverde"</b>	RB1	Valderice	68	82, 162
	RB2	Valderice	67	11, 241
	RB3	Valderice	67	13, 15, 16, 17, 20, 23, 212, 213, 214
<b>SSE Utente</b>		Buseto Palizzolo	29	139, 140, 141, 142, 157, 237



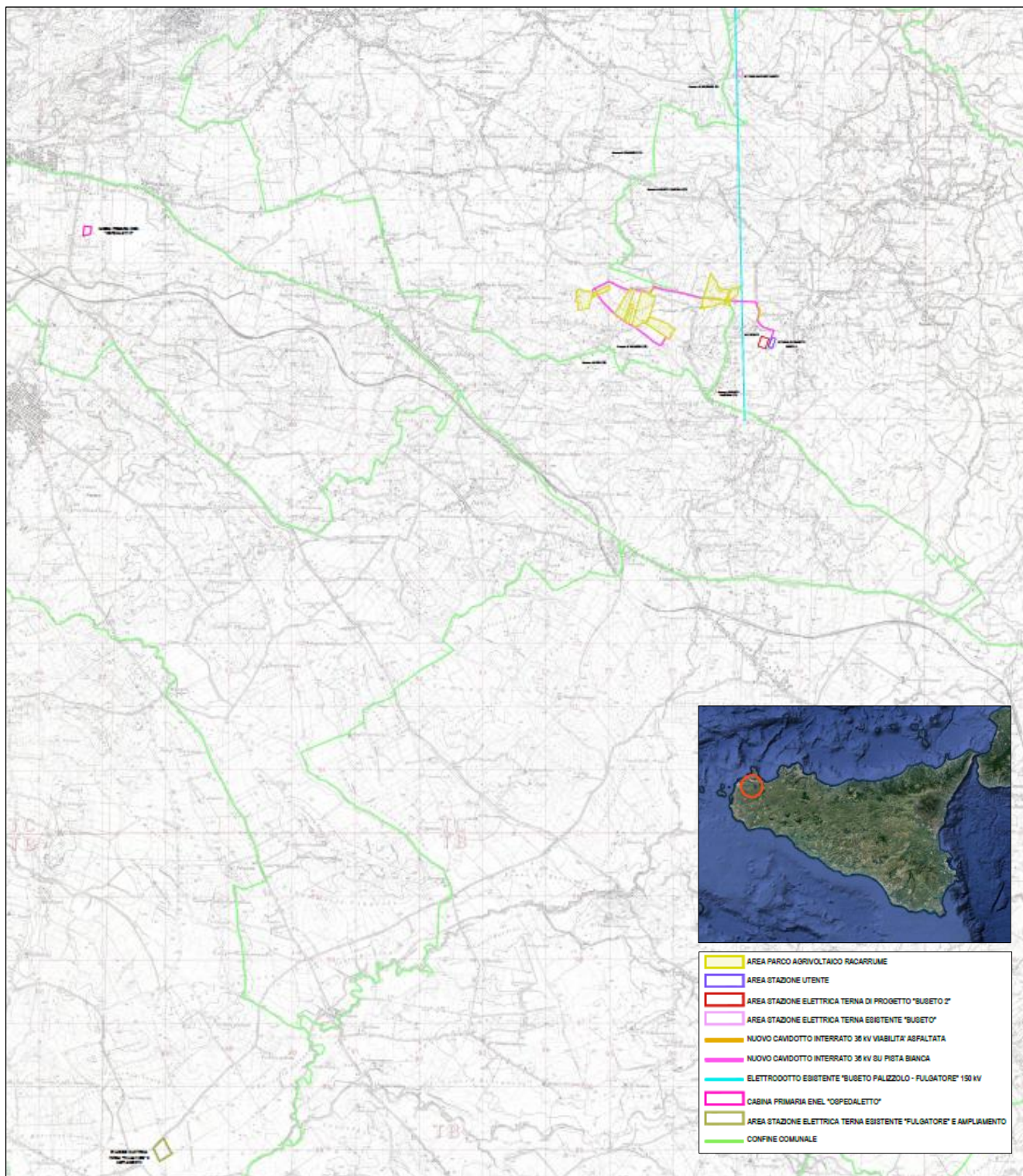


Figura 2. Localizzazione del sito e Inquadramento IGM (Scala 1:250000) delle opere in progetto

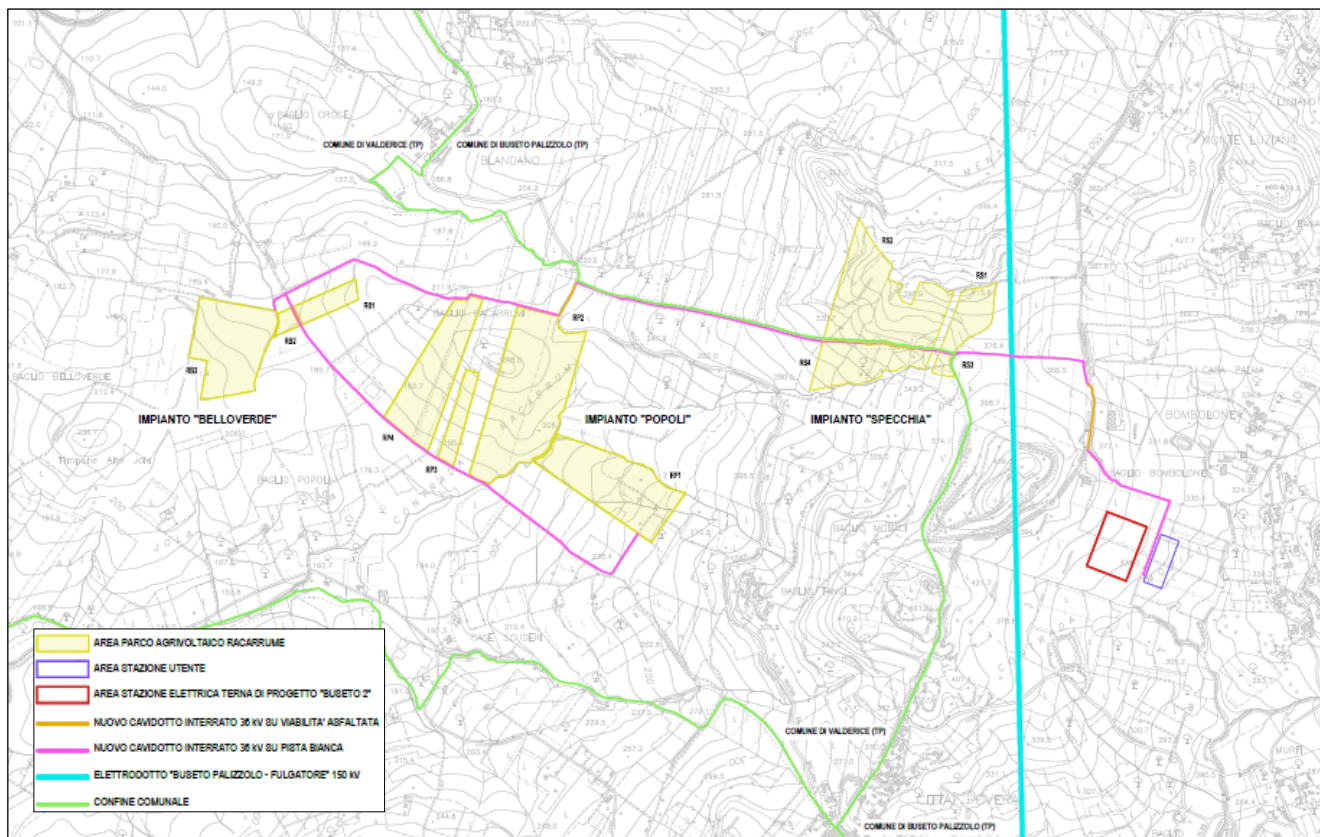


Figura 3. Inquadramento opere in progetto su CTR (Scala 1:10000)

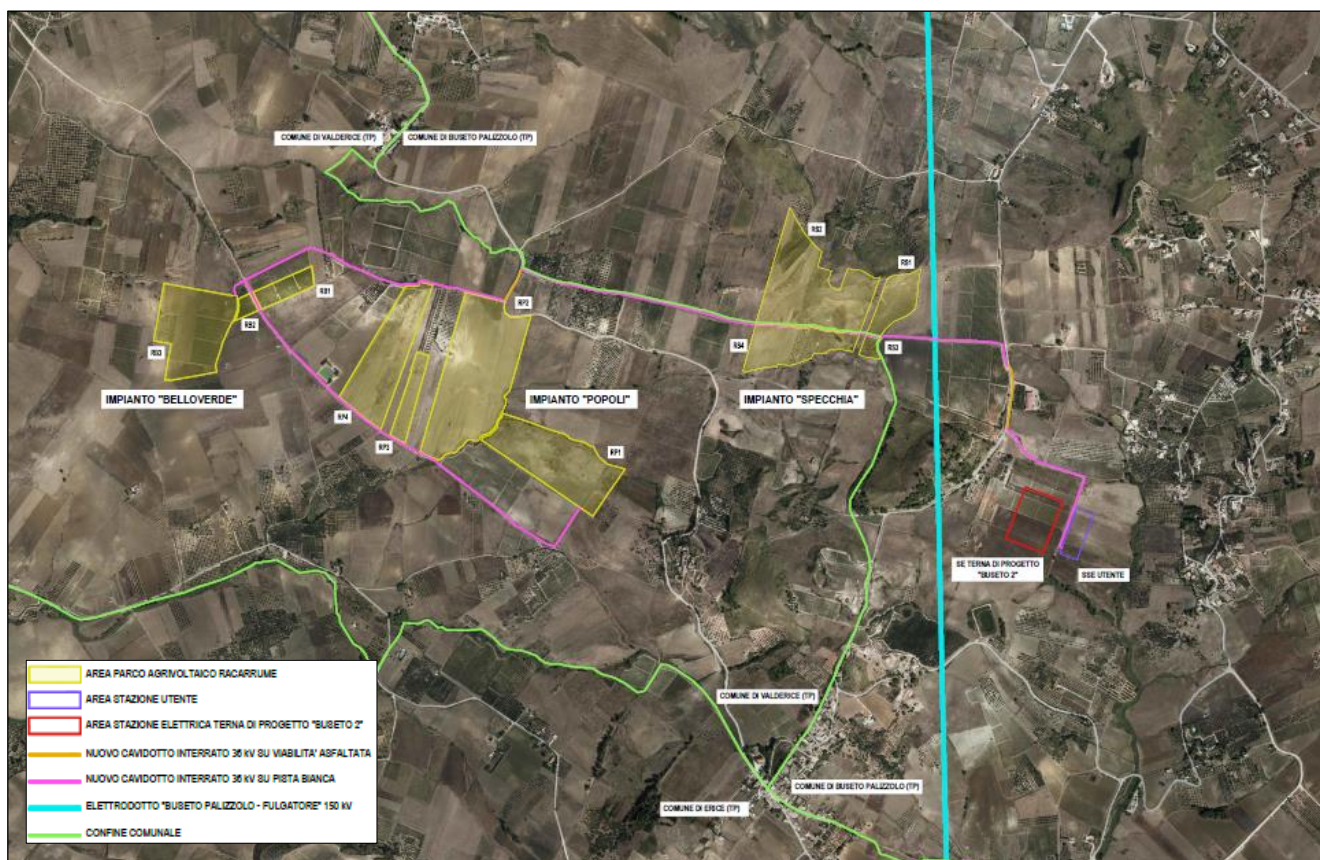


Figura 4. Inquadramento opere in progetto su Ortofoto (Scala 1:10000)

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

### 4.1. Inquadramento geologico regionale

I territori comunali di Buseto Palizzolo e Valderice rientrano nella porzione più occidentale della Sicilia. Nel contesto geologico regionale, l'isola siciliana rappresenta una porzione della megasutura che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, con una porzione di catena che attraverso la Sicilia collega gli Appennini e la Calabria con le Maghrebidi.

La storia geologica dell'area ha visto una prima fase orogenica alpina paleogenica, cui sono seguiti i movimenti compressivi legati alla rotazione antioraria oligo-miocenica del blocco sardo-corso, la cui collisione con il margine continentale africano è generalmente considerata la causa della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana.

All'interno del complesso collisionale siciliano e del suo prolungamento in mare si riconoscono tre elementi principali:

- Avampaese, affiorante nella zona sud-orientale della Sicilia e presente anche nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca;
- Avanfossa recente, in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela, sita nell'offshore meridionale della Sicilia e nel Plateau Ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese;
- Catena complessa con vergenza E-SE spessa anche più di 15 km, costituita dalle Unità calabro-peloritane e dalle Unità appenniniche siciliane.

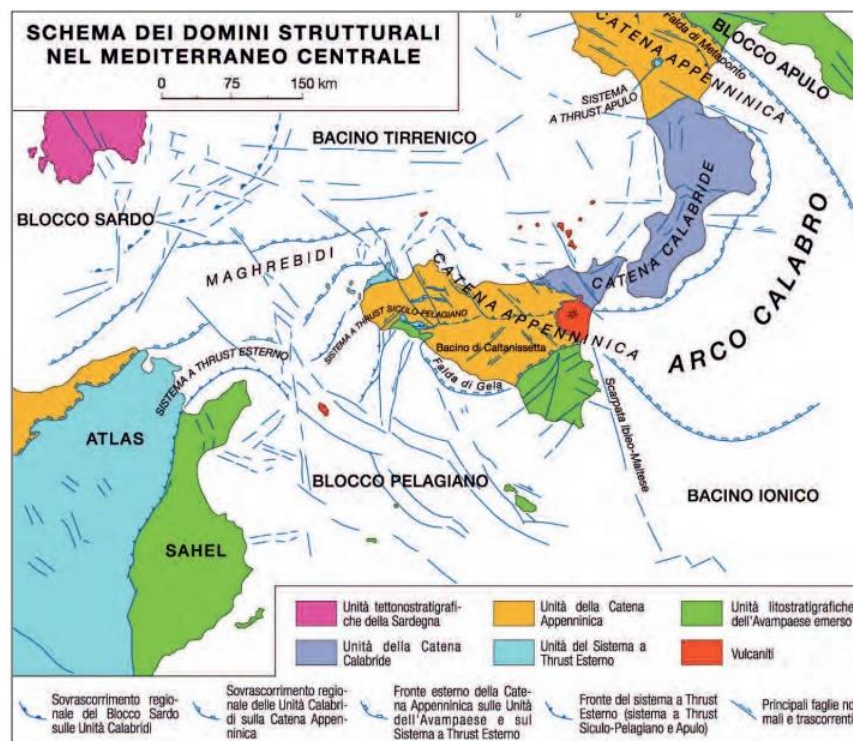


Figura 5. Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato)

Gran parte della Sicilia centrale ed occidentale rientrano nelle Unità della Catena Appenninica, e nello specifico l'area del trapanese è interessata dalle Unità del Sistema a Thrust Esterno da quelle appartenenti al Sistema a Thrust Siculo-Pelagico (PSTB). Quest'ultimo si è strutturato nel periodo Miocene superiore-Pleistocene, contemporaneamente all'apertura tirrenica.

Passando ad analizzare nel dettaglio l'assetto litologico e geo-stratigrafico dei siti in esame, si riporta di seguito un estratto cartografico dell'inquadramento geologico regionale tratto dalla cartografia geologica ufficiale (foglio 539Castellammare del Golfo, Carta

Geologica d'Italia scala 1:50'000), in cui si nota la presenza in zona sostanzialmente delle Unità Prepanormidi date dalle marne ed arenarie glauconitiche di Monte Luziano e dalle Calcilutiti di Dattilo.

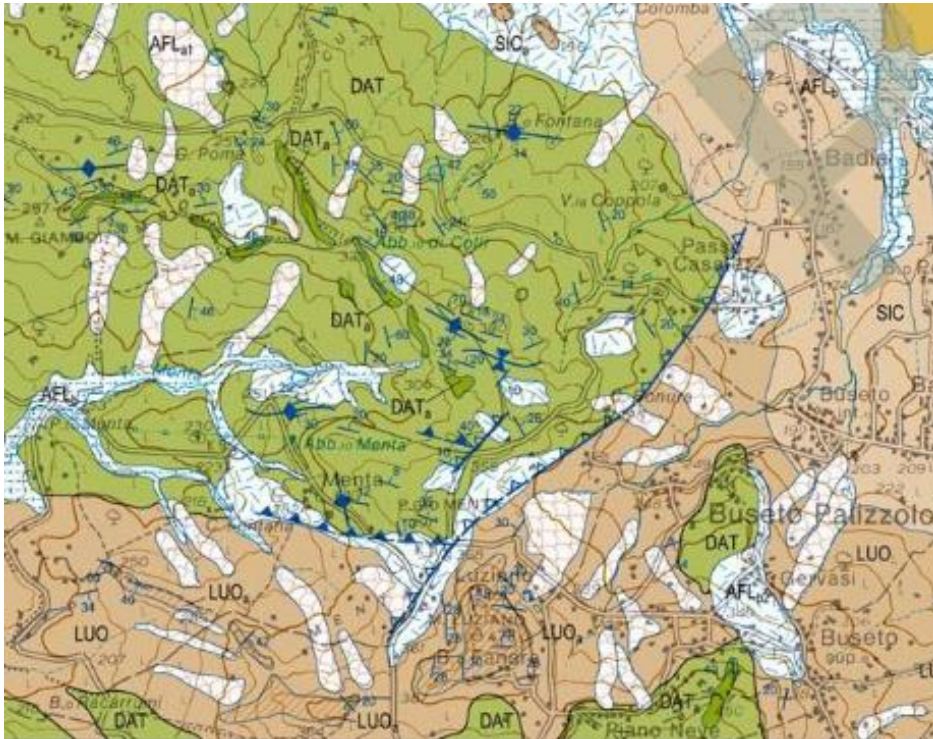


Figura 6. Schema di inquadratura regionale (foglio 593Castellammare del Golfo, Carta Geologica d'Italia scala 1:50'000),

**SUCCESSIONI DEL DOMINIO PREPANORMIDE**

**MARNE ED ARENARIE GLAUCONITICHE DI MONTE LUZIANO**



**LUO**  
**LUO<sub>2</sub>**  
 Marne brune laminare, calcilutiti cui si intercalano brecciuole glauconitiche a base erosiva seguite verso l'alto da marne a plancton calcareo ed arenarie glauconitiche a bioclasti, talora torbiditiche (LUO<sub>2</sub>). Il contenuto fossilifero è dato da foraminiferi planctonici (biozona a *Cassigerinella chipolensis* - *Pseudohastigerina micra*, *Globorotalia kugleri*, *Globoquadrina dehiscens dehiscens*-*Catapsydrax dissimilis*, *Gl. trilobus* e *Praeorbulina glomerosa* s.l. (pars)), nanofossili calcarei (biozona NP21-NP23) e foraminiferi bentonici arenacei. Spessore 50-120 m. Limite inferiore discordante o disarmonico su DAT e su BCO. Ambiente di scarpata-base di scarpata.  
 OLIGOCENE INFERIORE - MIOCENE INFERIORE

**CALCILUTITI DI DATILO**



**DAT**  
**DAT<sub>2</sub>**  
 Calcilutiti e calcisiltiti marnose rosse e verdastre a plancton calcareo e radiolari con intercalazioni di biocalcarenti torbiditiche decimetriche a bioclasti di mare basso. Spessore 80-120 m. Prismi di megabrecce carbonatiche (floatstone) ad elementi di piattaforma carbonatica (DAT<sub>2</sub>) dello spessore di 7-10 metri sono inseriti nelle calcilutiti di età campaniana (biozona a *Globotruncana ventricosa*). Calcilutiti e calcisiltiti marnose a foraminiferi planctonici (*Contusotruncana contusa*, *Morozovella subbotinae*, *Acarinina bullbrookii*, *Turborotalia cerroazulensis*) con intercalazioni di banchi di calcareniti e calcilutiti a frammenti di organismi di mare basso e foraminiferi bentonici rideposti (regione di Serra Conzari-Calatubo). Spessore massimo 70 m. Limite inferiore paraconforme o disarmonico su HYB. Ambiente deposizionale di piattaforma pelagica.  
 CRETACICO SUPERIORE - EOCENE

## 4.2. Tettonica

La Sicilia, con la sua posizione centrale nel Mediterraneo rappresenta un segmento dell'orogene Appenninico-Maghrebide, la quale collega l'Appennino al Nord Africa tramite l'Arco Calabro-Peloritano.

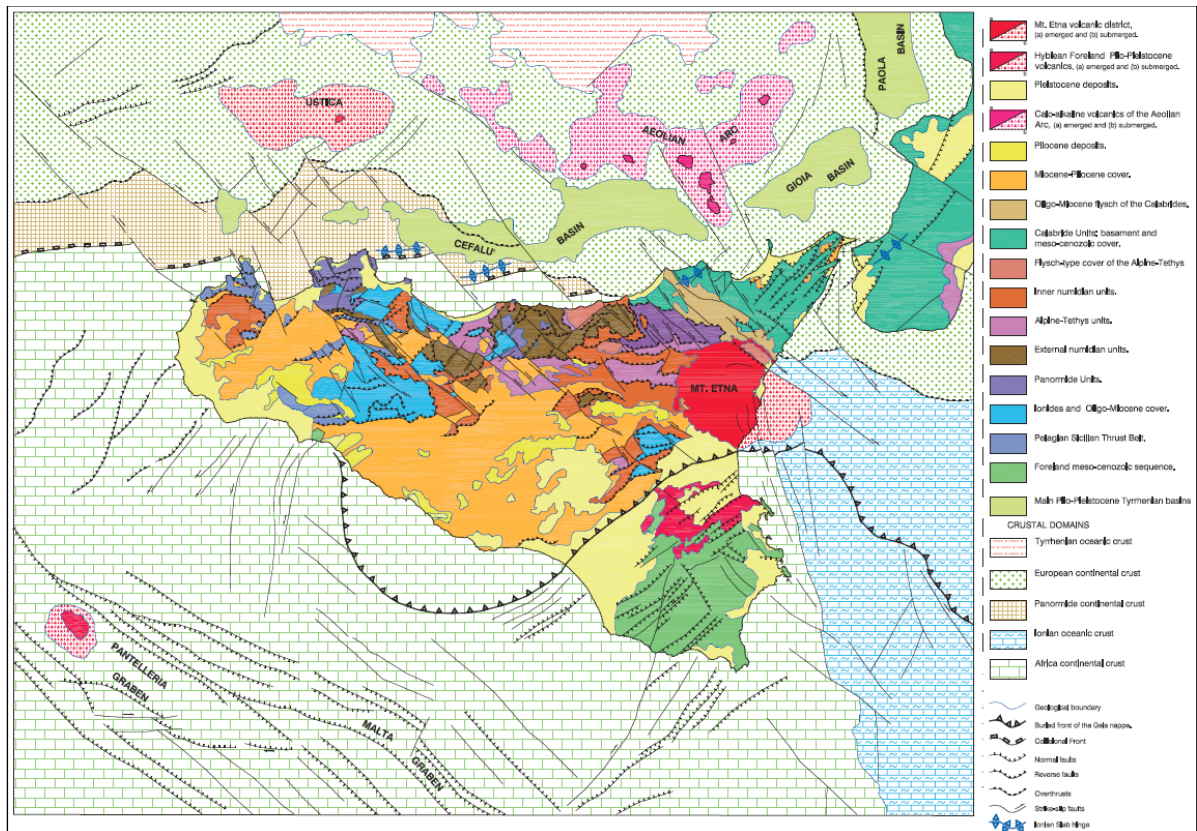


Figura 7. Schema strutturale Sicilia (Lentini et al., 2004)

L'area del Mediterraneo centrale è caratterizzata da un dominio di Avampaese e da uno Orogenico, a sua volta costituito da un edificio multistrato in cui si riconoscono dal basso verso l'alto un Sistema di Thrust Esterno, la Catena Appenninico-Maghrebide e la Catena Calabro-Peloritana. La fascia orogenica è caratterizzata dalla presenza di crosta oceanica ionica in subduzione e tirrenica in espansione.

Per quanto concerne il dominio di avampaese, questo comprende le aree indeformate della Placca Nord-Africana, rappresentata dal Blocco Pelagiano e dal Bacino Ionico, mentre il dominio orogenico si è originato mediante il tipico sistema "catena-avanfossa-avampaese", con un progressivo coinvolgimento spazio-temporale delle aree via via più esterne, per cui settori con ruolo di avampaese si sono trasformati in unità tettoniche inglobate nell'edificio orogenico, è questo il caso delle unità Panormidi originariamente aree di avampaese durante il Miocene inferiore e successivamente in ricoprimento sulle Ionidi. Queste ultime a loro volta si trasferiranno in ricoprimento sul Sistema Siculo Pelagiano in contemporanea con l'apertura del Bacino Tirrenico. Inoltre studi paleomagnetici hanno contribuito ad arricchire il quadro geodinamico delle varie unità tettoniche, affette da rotazioni orarie che hanno accompagnato il trasporto orogenico verso SE e Sud delle varie falde nell'intervallo cronologico mio-pliocenico.

Per comprendere la storia tettonica che ha portato alla formazione dell'attuale assetto strutturale e tettonico, si riporta di seguito una ricostruzione paleogeografica lungo un transetto orientato nord-sud dalla Sardegna al Canale di Sicilia, tratto dalle "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia, Cap. V Tettonica".

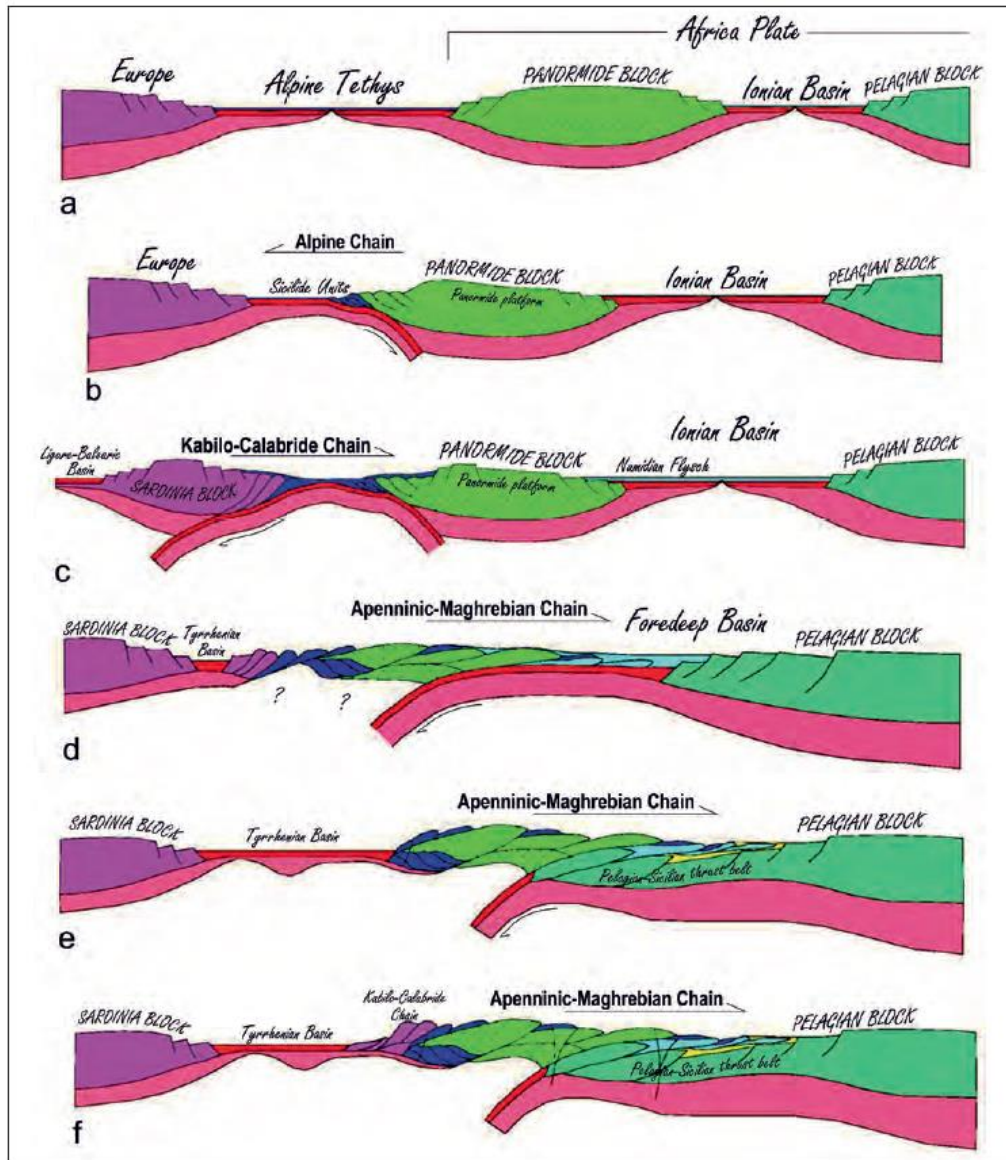


Figura 9. Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia)

Le fasi sopra rappresentate sono di seguito esposte:

- Durante il Giurassico superiore le placche Europa e quella Afro-Adriatica erano separate dal bacino oceanico Alpino-Tetideo;
- Durante lo stadio Eo-Alpino si formò l'orogene Alpino, guidato dalla subduzione verso sud della Tetide Alpina sotto la placca Afro-Adriatica durante il Cretacico-Eocene;
- A partire dall'Oligocene si attiva una subduzione verso nord che coinvolge ciò che rimane della crosta Alpino-Tetidea;
- La prima evidenza dell'inizio dell'apertura tirrenica si trova nei sedimenti del Miocene medio-superiore;
- Oceanizzazione del bacino del Vavilov a partire dal Pliocene;
- L'arretramento dello slab ionico ha causato la migrazione verso SE del sistema orogenico, accompagnata dallo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti destre (Sistema Sud-Tirrenico), connesso alla contemporanea collisione tra il blocco Panormide e quello Pelagiano ad ovest e la subduzione attiva sotto l'Arco Calabro-Peloritano ad est.

Passando nel dettaglio all'area del trapanese, si possono riconoscere tre sistemi di faglie derivanti dalle fasi tettoniche precedentemente descritte:

- Faglie con orientazione NE-SW e E-W a componente compressiva;
- Faglie subverticali destre con orientamento NW-SE che tagliano ed interrompono sovrascorrimenti e pieghe;
- Faglie con orientazione NE-SW ed E-W impostate su sistemi più antichi.

Le unità Pre-Panormidi presentano litologie a prevalente componente duttile, le quali hanno dato origine a strutture plicative marcate ed a numerosissime scaglie tettoniche impilate a formare struttura embricate. Per quanto concerne le strutture tettoniche dislocative, dalla consultazione del Catalogo delle faglie capaci (ITHACA), risulta che l'area in esame, così come la gran parte della provincia di Trapani, non è attraversata da faglie capaci, definite tali in quanto ritenute in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione o dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.

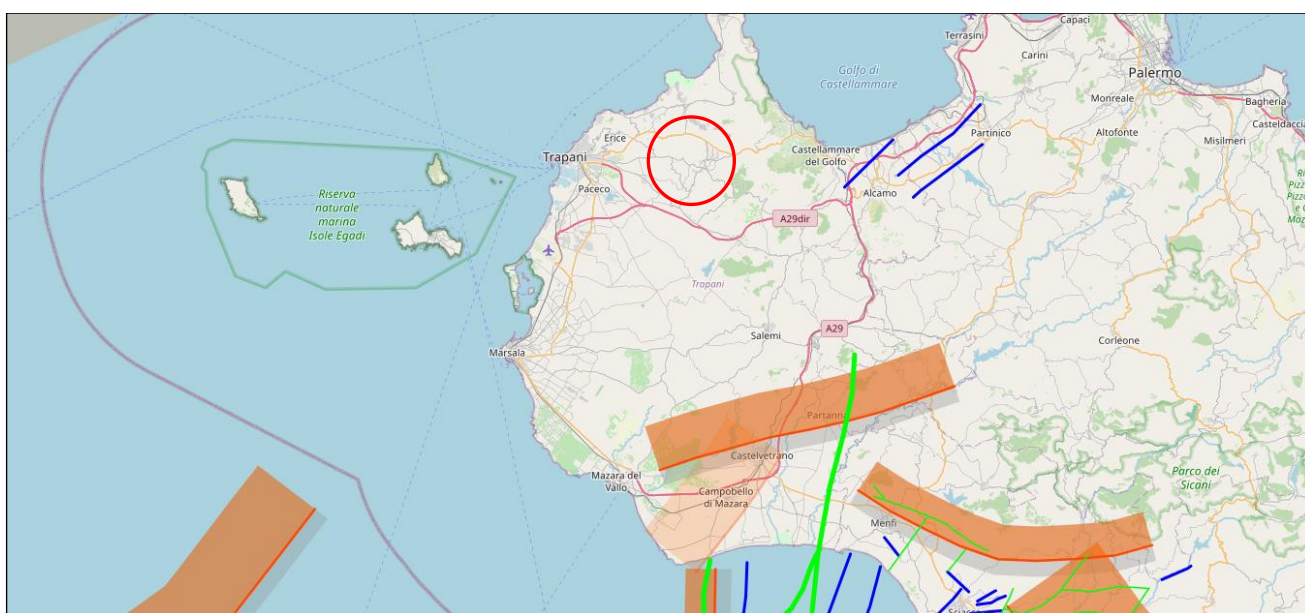


Figura 10. Faglie capaci (Progetto ITHACA)

## LEGENDA:

Interoperabilità ITHACA - DISS	
disclaimer - metodo - bibliografia	
Guasti attivi e capaci ( ITHACA )	
ACF connesso	<input checked="" type="checkbox"/> ACF non connesso
<input checked="" type="checkbox"/> primario	
<input checked="" type="checkbox"/> secondario	
<input checked="" type="checkbox"/> sconosciuto	
Fonti Sismogene ( DISS )	
<input checked="" type="checkbox"/> CSS connesso	
<input checked="" type="checkbox"/> CSS non connesso	

Area d'intervento

L'assenza di faglie capaci ha conferma anche nell'assenza di sorgenti sismogenetiche nelle aree di progetto, sia del parco agrivoltaico che della stazione Terna e Utente, come rappresentato dalla seguente figura, estratta dal DISS "Inventario delle sorgenti sismogenetiche" dell'INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.). Si segnala però la presenza di tre diverse faglie sorgenti sismogenetiche a sud-est delle aree di interesse:

- Faglia Mazara-Belice, orientata ENE-WSW, massima magnitudo 5,6;
- Faglia Castelvetro-Capo Granitola, orientata NE-SW, massima magnitudo 5,5;
- Faglia Monte Magaggiaro-Pizzo Telegrafo, orientata NW-SE, massima magnitudo 5,5.

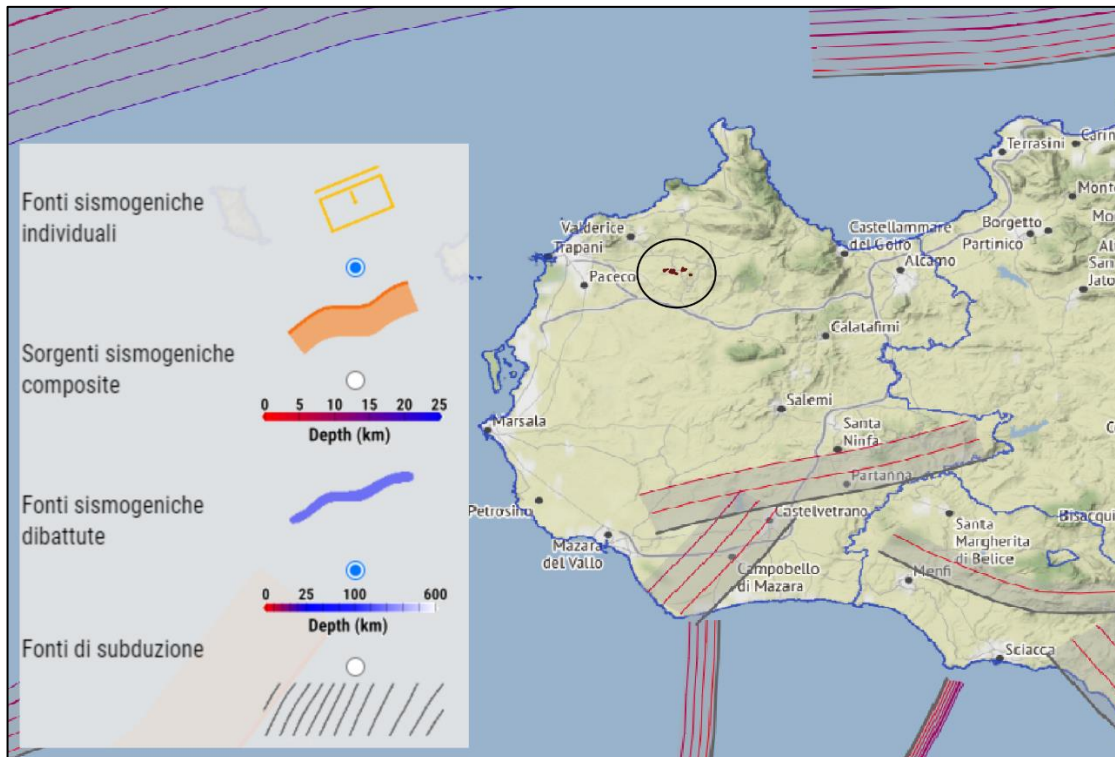


Figura 11. Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group)



## 5. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO. SISMICITÀ STORICA DELLA SICILIA CENTRO OCCIDENTALE

Numerosi sono i grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia occidentale in epoca storica. L'immagine estratta (Fig. 11) dal portale webGIS dell'INGV contiene i dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (*DBMI15 release 4.0; Locati et al., 2019*), che contiene i dati di intensità per tutti i terremoti della Sicilia Occidentale. I dati derivano da studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2019.

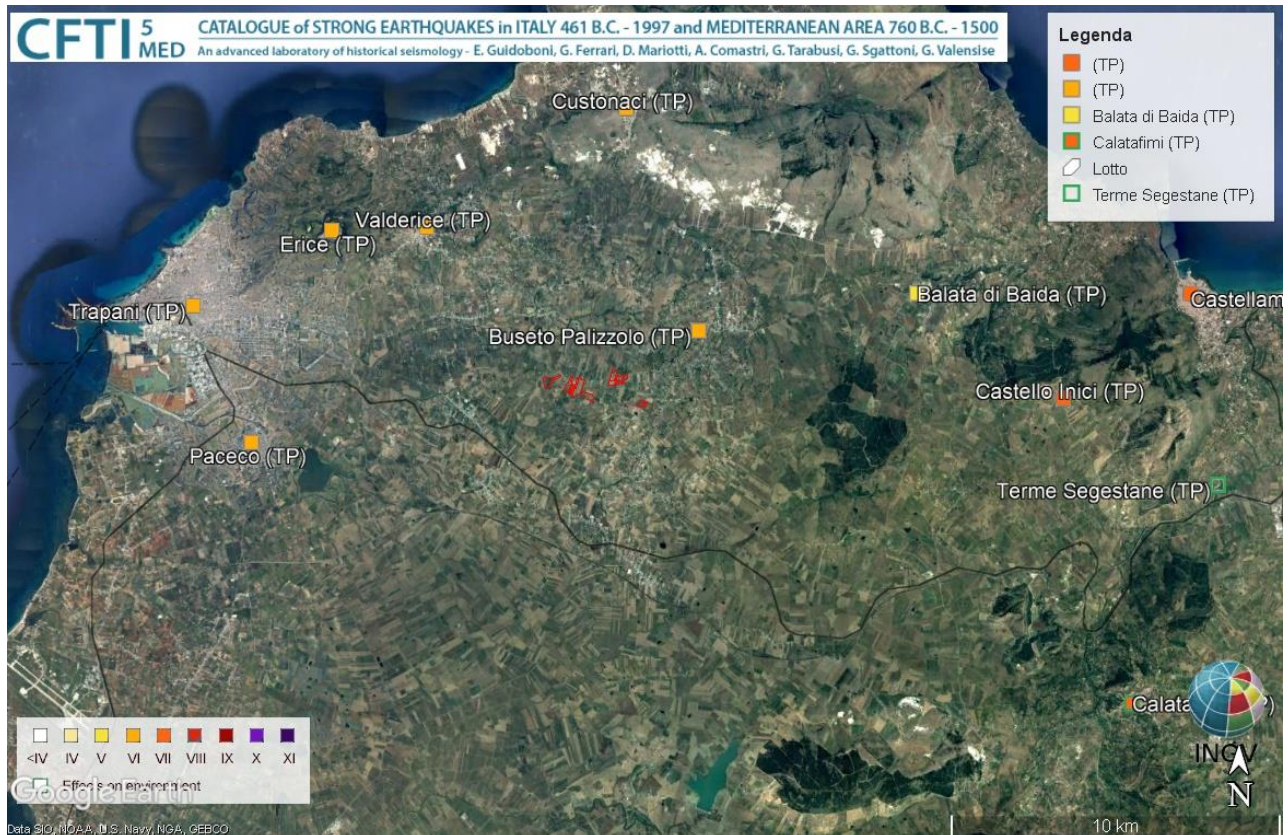


Figura 12. Epicentri dei forti terremoti (Guidoboni et al., 2007) e massime intensità macrosismiche risentite (Locati et al., 2011) in Sicilia occidentale

Vengono di seguito descritti i principali terremoti storici che hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia occidentale. Le informazioni di seguito riportate sono state estratte dal catalogo dei forti terremoti CFTI (Guidoboni et al., 2007) al quale si rimanda per maggiori dettagli.

### SELINUNTE (TP)

Lat.: **37.584** -Lon.: **12.825**

Intensità Epicentrale: **8.5**

Intensità Massima: **8.5**

Magnitudo Equivalente: **5.8**

Numero di osservazioni macrosismiche: **1**

Dall'analisi dei dati archeologici riguardanti il sito, non privi di elementi discordanti, è emersa una forte ipotesi per un evento sismico accaduto in un periodo non precisabile, probabilmente compreso fra l'VIII e il XII secolo d.C. Questo terremoto, avvenuto in una fase di lungo abbandono e depredazione del sito, ebbe un effetto devastante: furono rovesciati in direzione nord ed est templi di dimensioni, alzata e volume considerevole, e fu quasi accartocciato su se stesso il grande tempio G, dalle spettacolari dimensioni.

Di questo evento sismico è possibile recuperare evidenza presso i templi C e D, presso la fortezza bizantina (templi A e O, in particolare il lato nord del tempio A) – tutti situati sull'acropoli – presso il tempio G sulla collina orientale, presso il tempio M sulla collina della Gaggera; possibili evidenze di difficile valutazione provengono anche dal tempio di Demetra e dal "témenos" di Zeus Meilichios, entrambi sulla collina della Gaggera. L'indeterminatezza dei dati, ma insieme l'omogeneità delle fasi di frequentazione post-classica (attestate concordemente dagli studiosi dell'Ottocento e degli inizi del Novecento), oltre che una certa uniformità delle modalità di caduta inducono a considerare queste evidenze come esito di un unico evento sismico.

### **SELINUNTE (TP)**

Lat.: **37.584** -Lon.: **12.825**

Intensità Epicentrale: **7.5**

Intensità Massima: **7.5**

Magnitudo-Equivalente: **5.4**

Numero di osservazioni macrosismiche: **1**

Dall'analisi dei dati archeologici riguardanti il sito, non privi di elementi discordanti, è emersa una forte ipotesi per un evento sismico, databile tra il IV e il III secolo a.C., che causò crolli, ma non l'abbandono totale dei siti interessati. Il primo sito nel quale è stato individuato un crollo sicuramente attribuibile a un evento sismico è il tempio A (situato sull'acropoli) con la caduta del colonnato coperto che circondava a sud e a est il tempio: qui, il crollo sigilla gli strati sabbiosi di abbandono della fase punica, tradizionalmente datato alla metà del III secolo a.C. Il dato coincide con il "témenos" di Zeus Meilichios (situato sulla collina della Gaggera), dove si riscontra un crollo di epoca post-punica. In entrambi i casi si tratta di un collasso parziale di strutture templari, che si daterebbe a un periodo compreso fra l'abbandono della Selinunte punica (250 a.C.) e la sua rioccupazione tardoantica e bizantina (IV-IX secolo d.C.). Un elemento utile a restringere l'arco di tempo è presente nel tempio E (situato sulla collina orientale) dove si individua un crollo parziale dell'alzato sopra i resti di un insediamento punico. Altre indicazioni provengono dall'"Heraion" di Triolo Nord (a sud-est della collina della Gaggera), dove si rileva un crollo totale del piccolo edificio templare intorno alla metà del IV secolo a.C., seguito dall'immediata ripresa della frequentazione culturale sulle rovine del crollo; coincide con i dati del tempio A ed E la fase di abbandono del sito, che si data alla metà del III secolo a.C. Attorno a questa data, sono anche documentate lesioni strutturali al tempio M (situato a nordovest della collina della Gaggera). È possibile, secondo l'interpretazione accolta per la necropoli a nord del tempio C, che questo primo evento abbia causato danni anche al tempio C.

### **Terremoti della Valle del Belice – 15/01/1968 ore 01:33:02.00**

Il periodo sismico della Sicilia occidentale iniziato nel pomeriggio del 14 gennaio 1968 fu caratterizzato da una serie di scosse molto violente che causarono estesi effetti macrosismici: 800 abitazioni danneggiate nelle località interessate, nella notte tra il 14 ed il 15 gennaio, dall'evento sismico di maggiore intensità. Tra la prima scossa e quella principale intercorsero circa 13 ore.

La scossa principale fu seguita da una serie di repliche, alcune delle quali rovinose, che si protrassero sino al febbraio del 1969. Il periodo sismico, complessivamente, dopo la rapida successione delle scosse rovinose e dell'evento distruttivo, fu caratterizzato da periodi di diminuzione nella frequenza e nella intensità delle scosse (17 gennaio-24 gennaio; 13 febbraio-29 marzo) interrotti da repliche rovinose o molto forti. Si verificò anche un periodo di continua attività sismica di modesta intensità (25 gennaio- 11 feb-

braio) conclusosi con la forte replica del 12 febbraio; dal 7 al 22 maggio non si registrarono eventi sismici, le scosse ripresero il 29 maggio e il giorno 31 dello stesso mese si ebbe una forte replica. In seguito si verificarono solo rare scosse di lieve intensità.

Complessivamente, a partire dal 14 gennaio 1968 sino al 10 giugno successivo, si registrarono strumentalmente 345 scosse. Nel periodo 14 gennaio 1968-1 settembre 1968 le scosse di magnitudo pari o superiore a 3 furono 81.

Quasi tutta la zona altimetrica di collina della Sicilia occidentale 6.200 kmq secondo la classificazione ISTAT fu interessata dal terremoto. L'area dei massimi effetti delle scosse più intense si localizzò nel medio e basso bacino del fiume Belice e comprese 14 centri abitati, per una superficie di 1.100 kmq e una popolazione residente al 31 gennaio 1967 di 96.951 abitanti. La successione ravvicinata di numerose scosse di portata distruttiva rende quasi impossibile la valutazione degli effetti dei singoli eventi, difficoltà accentuata dall'assenza di una indagine macrosismica, precedente la rovinosa replica del 25 gennaio. Le osservazioni scientifiche condotte nelle località interessate dal terremoto e i dati ufficiali comunicati dall'"Ispettorato generale per le zone colpite dai terremoti del gennaio 1968" evidenziano che il quadro delle distruzioni rappresentò la somma degli effetti di varie scosse distruttive. A Gibellina e Salaparuta, le scosse che precedettero quella principale produssero lesioni e compromisero la stabilità degli edifici, la cui completa distruzione avvenne in seguito al succedersi delle scosse del pomeriggio del 14 gennaio, e soprattutto di quelle delle prime ore del 15. Diverso il quadro relativo a Montevago, dove le scosse del 14 gennaio ebbero intensità minore, tale da non spingere la popolazione ad abbandonare il centro abitato e quindi maggiore fu il numero dei morti.

La scossa delle ore 1:33 GMT del 15 gennaio causò il crollo di alcuni edifici a Poggioreale, Gibellina, Salaparuta, Montevago, Santa Margherita di Belice; fu avvertita in tutta la Sicilia occidentale e centrale e anche nell'isola di Pantelleria.

La scossa delle ore 2:01 GMT e le frequentissime, violente repliche successive, oltre alla quasi totale distruzione delle località di Gibellina, Montevago e Salaparuta, causarono danni, dissesti e crolli nelle costruzioni rurali e negli edifici di Alcamo, Campobello di Mazara, Campofiorito, Castelvetrano, Contessa Entellina, Corleone, Menfi, Partanna, Poggioreale, Salemi, Sambuca di Sicilia, San Giuseppe Jato, Santa Margherita di Belice, Santa Ninfa e Vita. Interruzioni delle linee ferroviarie furono rilevate tra Castelvetrano e Alcamo, e tra Castelvetrano e Salaparuta, dove al km 29 crollò parzialmente una galleria. All'epoca del terremoto, le regioni colpite non figuravano, sulla scorta dei parametri di regionalizzazione sismica allora adottati, tra quelle a elevato rischio sismico.

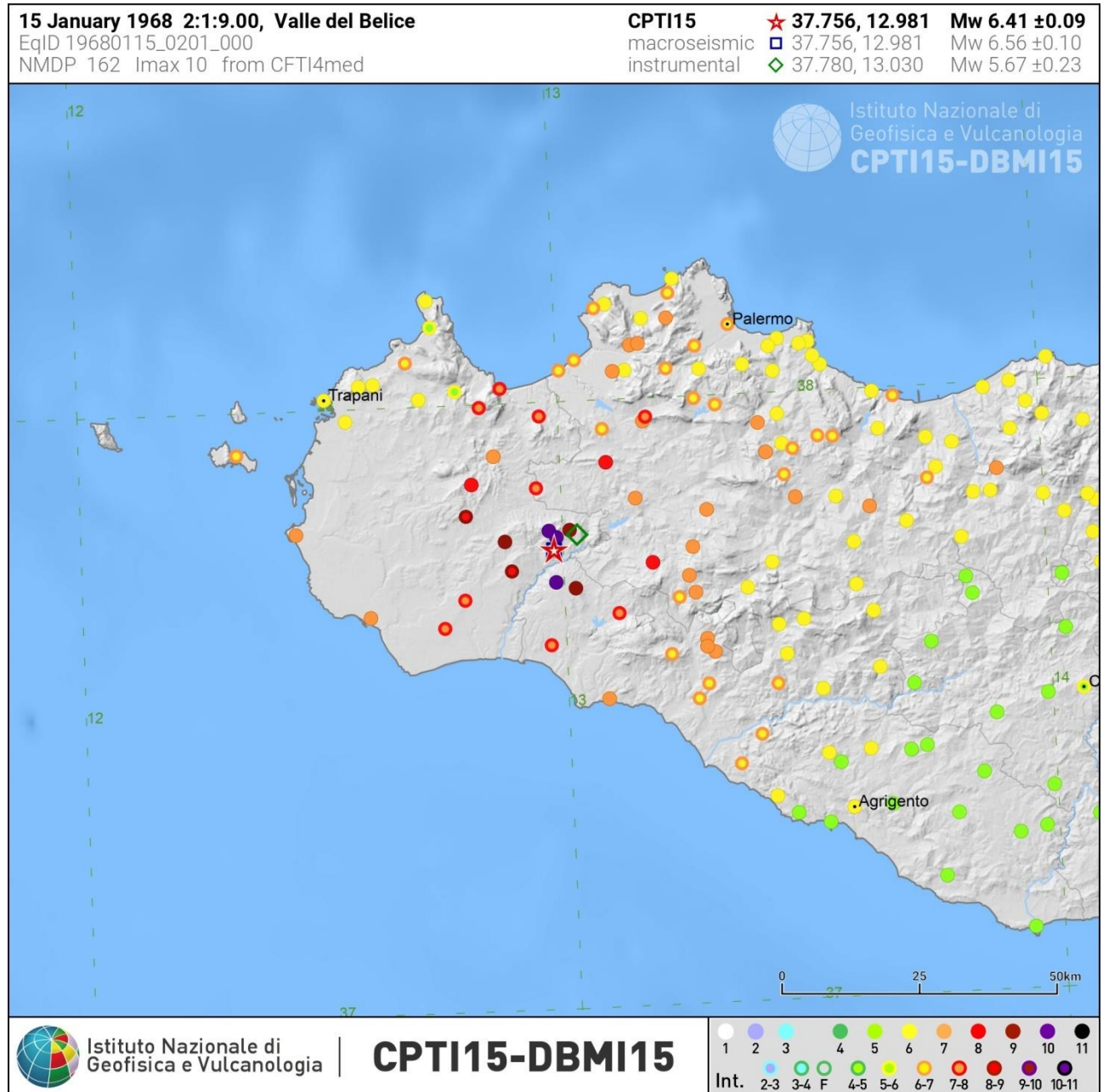
Secondo i dati ufficiali resi noti dalla stampa nazionale, il periodo sismico causò la distruzione completa di 2.960 case rurali con la perdita di 1.156 tonnellate di sementi, mangimi e foraggi. Nell'area epicentrale e in vaste zone della Sicilia occidentale fu distrutto il 90% dei fabbricati rurali; analoga percentuale di distruzione riguardò i fabbricati sociali, mentre fu distrutto l'85% delle strutture fondiarie. Nella campagna palermitana crollarono, secondo le stime fornite dalla Prefettura, 400 case coloniche; in conseguenza di ciò l'economia agricola fu travagliata da una grave crisi. Altrettanto accadde nella provincia di Trapani.

Le scosse della sequenza sismica iniziata il 14 gennaio 1968 attivarono movimenti franosi, l'apertura di fenditure nel terreno accompagnate da fuoriuscita di fango e, in taluni casi, esalazioni gassose e variazioni nel regime delle acque sotterranee. Gli effetti più rilevanti furono osservati nei territori comunali di Gibellina, Montevago, Partanna, Camporeale, Contessa Entellina. Le frane per crollo innescate direttamente dalle scosse, di portata limitata, furono rilevate in corrispondenza di superfici di discordanza; altri modesti movimenti franosi si manifestarono, in forma di scoscendimenti, in aree già interessate da eventi analoghi o in versanti caratterizzati da un precario equilibrio statico preesistente. Nei terreni circostanti le Terme Segestane scaturirono nuove sorgenti di acqua calda.

La forte replica delle del 16 gennaio (ore 16:43 GMT) fu avvertita anche in mare da un peschereccio di Sciacca, in navigazione nel Canale di Sicilia a 10 km dalla costa. I pescatori dichiararono che nel momento della scossa, per un movimento vorticoso delle acque del mare, era stato loro impossibile governare la barca.

## 5.1. Storia sismica

Il “*Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997*” dell'INGV permette di individuare più di venti forti terremoti con epicentro in Sicilia che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell'Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto nell'area di studio effetti macrosismici di notevole intensità ( $I > 6$  MCS) (Fig 12)



Il “*Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997*” dell'INGV permette di individuare più di venti forti terremoti con epicentro in Sicilia che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell'Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto nell'area di studio effetti macrosismici di notevole intensità ( $I > 6$  MCS) (Fig.12 ) Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) – CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). Doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>

L'analisi della "storia sismica" è stata eseguita consultando il sito <http://emidius.mi.ingv.it>; nella tabella 2 e 3 e nella figura 13 vengono riportati gli eventi sismici storici relativi al comune di **Buseto Palizzolo e Valderice**, areale dove ricade l'area dell'impianto.

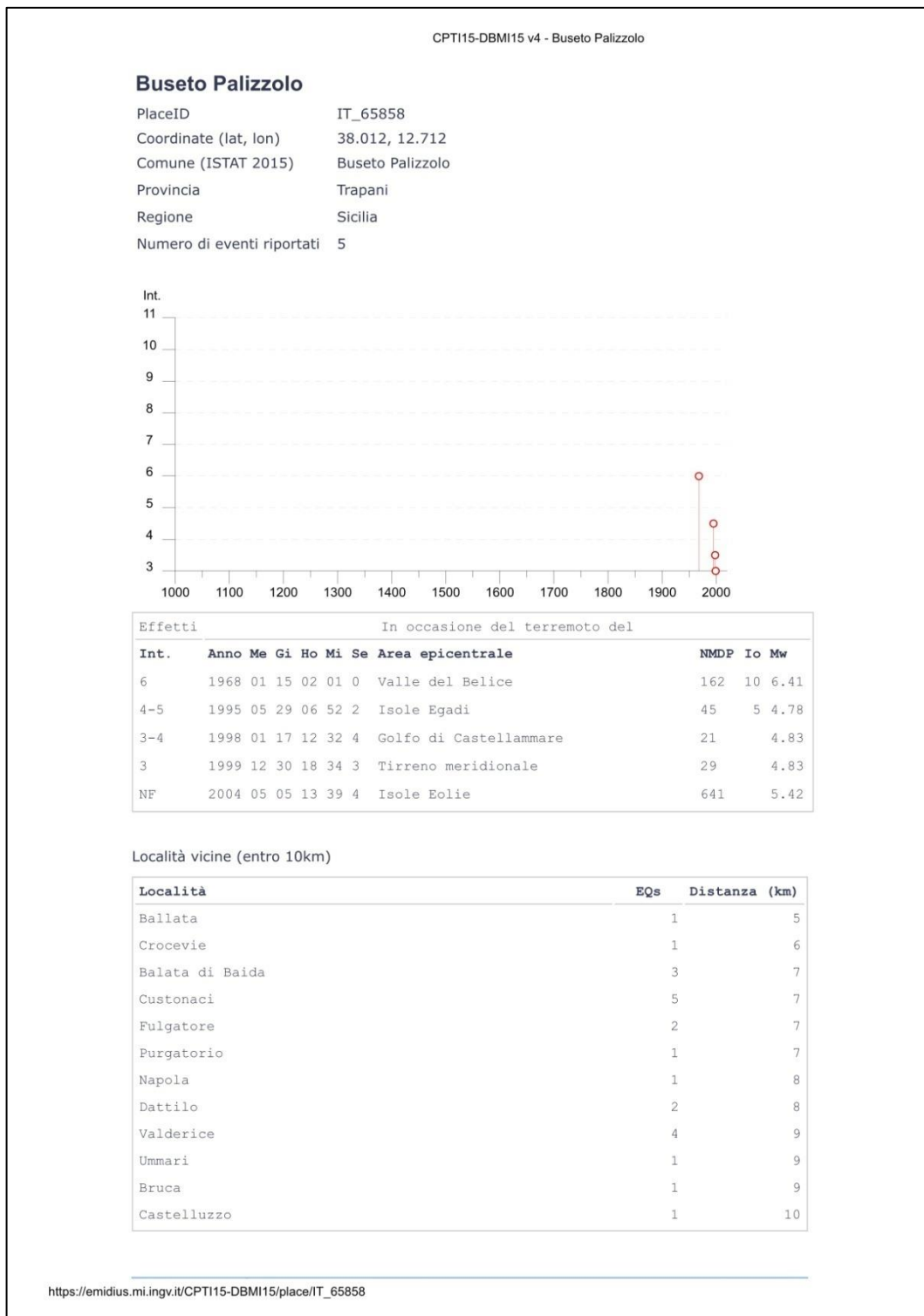
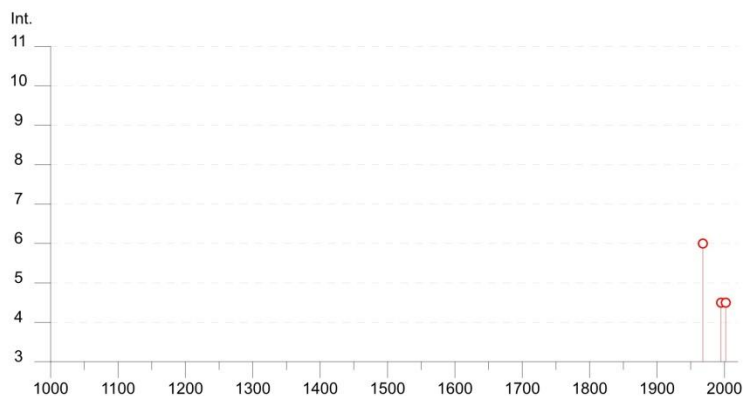


Tabella 2

CPTI15-DBMI15 v4 - Valderice

### Valderice

PlaceID IT\_66386  
 Coordinate (lat, lon) 38.039, 12.618  
 Comune (ISTAT 2015) Valderice  
 Provincia Trapani  
 Regione Sicilia  
 Numero di eventi riportati 4



Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
4-5	1995	05	29	06	52	2	Isole Egadi	45	5	4.78
NF	1999	12	30	18	34	3	Tirreno meridionale	29		4.83
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92

#### Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Trapani	25	9
Erice	8	3
Paceco	6	8
Custonaci	5	7
Busetto Palizzolo	5	9
Dattilo	2	8
Sant'Andrea Bonagia	1	2
Crocevie	1	3
Napola	1	5
Ballata	1	10
Purgatorio	1	10

[https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT\\_65858](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/place/IT_65858)

Tabella 3

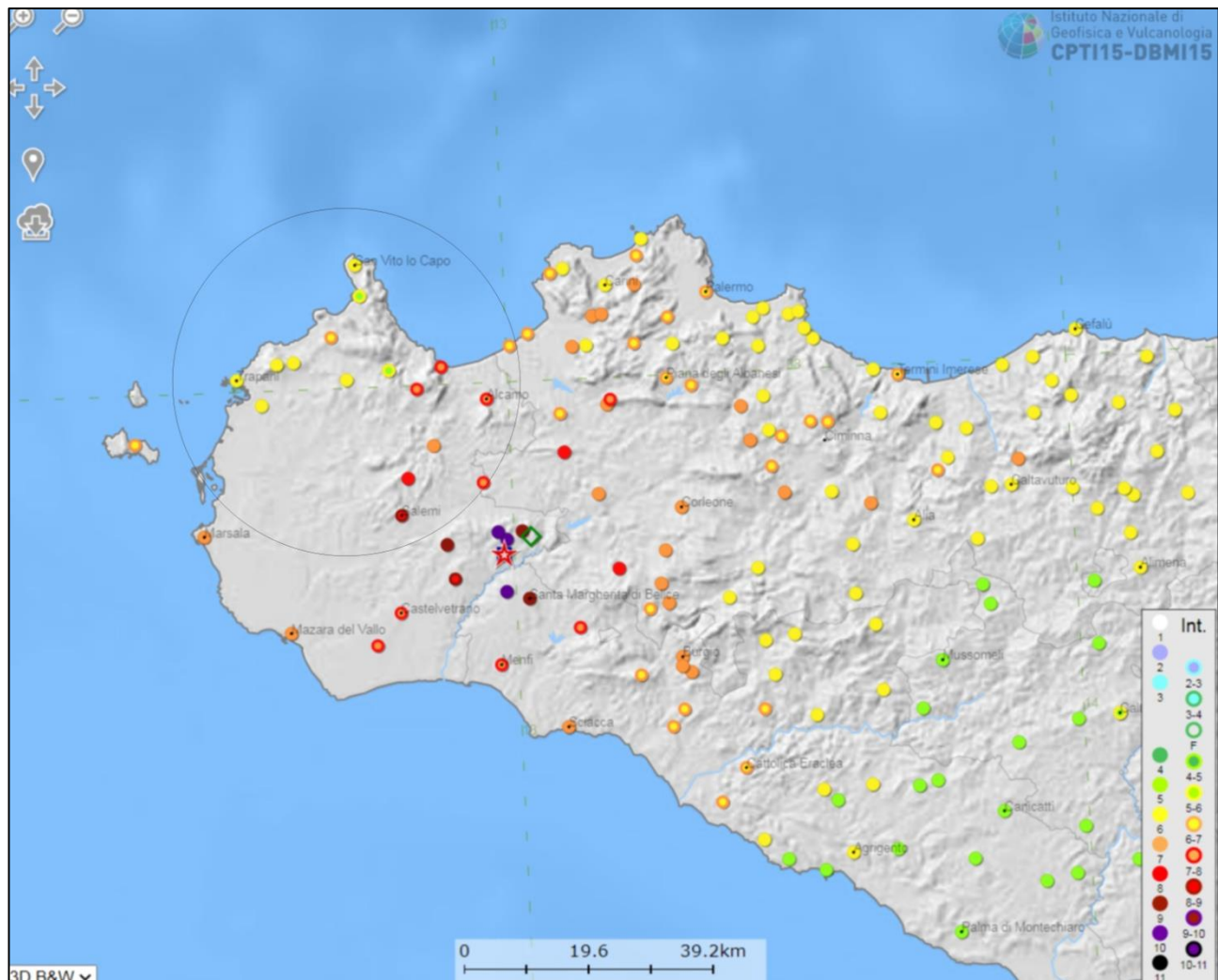


Figura 13

Dalla storia sismica si evince che gli eventi che hanno colpito e danneggiato l'areale di studio non hanno mai superato un'intensità pari a  $I_s = VI^{\circ}$  MCS (terremoto del 15 Gennaio 1968). Terremoto della Valle del Belice.



## 5.2. Pericolosità sismica del sito

Secondo l'UNDRO (United Nations Disaster Relief Office) con il termine Pericolosità sismica si definisce la probabilità del verificarsi in una determinata area e in un determinato periodo temporale, con una certa eccedenza, lo scuotimento atteso e generato da un evento sismico dannoso per le attività umane con l'insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi.

Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della "Pericolosità sismica" sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato. Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze.

La prima è l'intensità sismica, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le Scale *Mercalli Modificata* (MM), *Medvedev-Sponhenar-Karnik* (MSK) e *Mercalli-Cancani-Sieberg* (MCS) che si riferiscono a gradi macrosismici.

Un altro parametro, che viene attualmente molto utilizzato è il valore massimo dell'accelerazione  $a(t)$  al suolo (P.G.A.: Peak Ground Acceleration); l'accelerazione è misurata relativamente all'accelerazione di gravità ( $g = 9,80 \text{ m/sec}^2$ ), un valore di  $0,1g$  è già capace di generare danni.

Il parametro generalmente usato da Geologi e Geofisici per la quantificazione della pericolosità sismica è l'intensità macrosismica, per cui i valori di pericolosità possono essere espressi con riferimento sia all'uno che all'altro parametro.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione al suolo.

Dalla storia sismica del territorio si evince che gli eventi che hanno colpito l'area di studio non hanno mai superato un'intensità pari a  $Is = VI^{\circ}$  MCS (terremoto del 15 Gennaio 1968).

La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma.

Un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare in relazione alla distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda.

Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico).

Con l'emanazione della OPCM 3274/2003, seguita dall' Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519 e quindi dalle norme tecniche (NTC-2018), è stata introdotta un'importante evoluzione in materia di progettazione antisismica. Il territorio nazionale viene riclassificato in 4 zone sismiche a pericolosità decrescente, abbandonando il concetto di "categoria" e superando il problema dei limitiamministrativi<sup>1</sup>.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione sismica al suolo  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su suolo di Cat. A) che sostituisce il coefficiente S.

La pericolosità sismica del territorio italiano viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo come frazione dell'accelerazione di gravità ( $g$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ( $V_s \cdot eq > 800 \text{ m/sec} - \text{Cat A}$ ).

I valori base attribuiti di  $a_g$  per ciascuna zona del territorio siciliano sono quelli riportati nella tab. 2 e nella figura 14

<sup>1</sup>Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G. (2004). Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>

La mappa riportata in Fig 14 mostra come l'area di studio ricada in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a, compresa fra 0.050 g e 0.075 g. Questa è una scelta di parametri convenzionale e in particolare è il valore di riferimento per l'Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

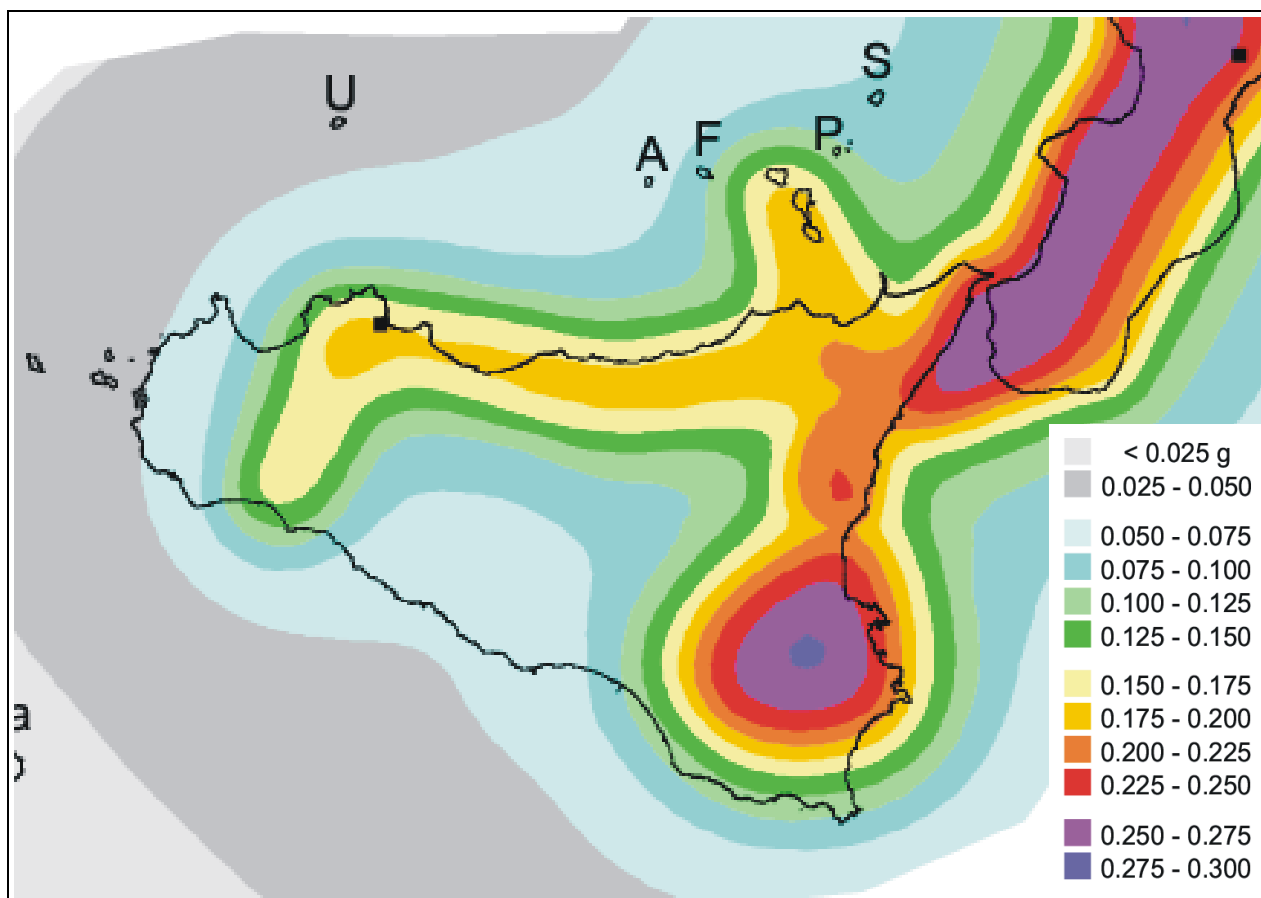


Figura 14 Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < ag \leq 0,35$ g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25$ g	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15$ g	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05$ g	0,05 g	1.791

Tabella 3

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n.81 del 24/02/2022, adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022, ha fornito alla Regione Siciliana uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella figura 15 sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della regione siciliana, con evidenziate anche le aree ricadenti in 2° categoria nelle quali gli studi relativi alle strutture strategiche devono essere condotti con un grado di approfondimento simile a quello della zona 1

Vista l'elevata pericolosità sismica del territorio di Trapani, il sito in esame ricade in Zona Sismica 2 (Fig.15).

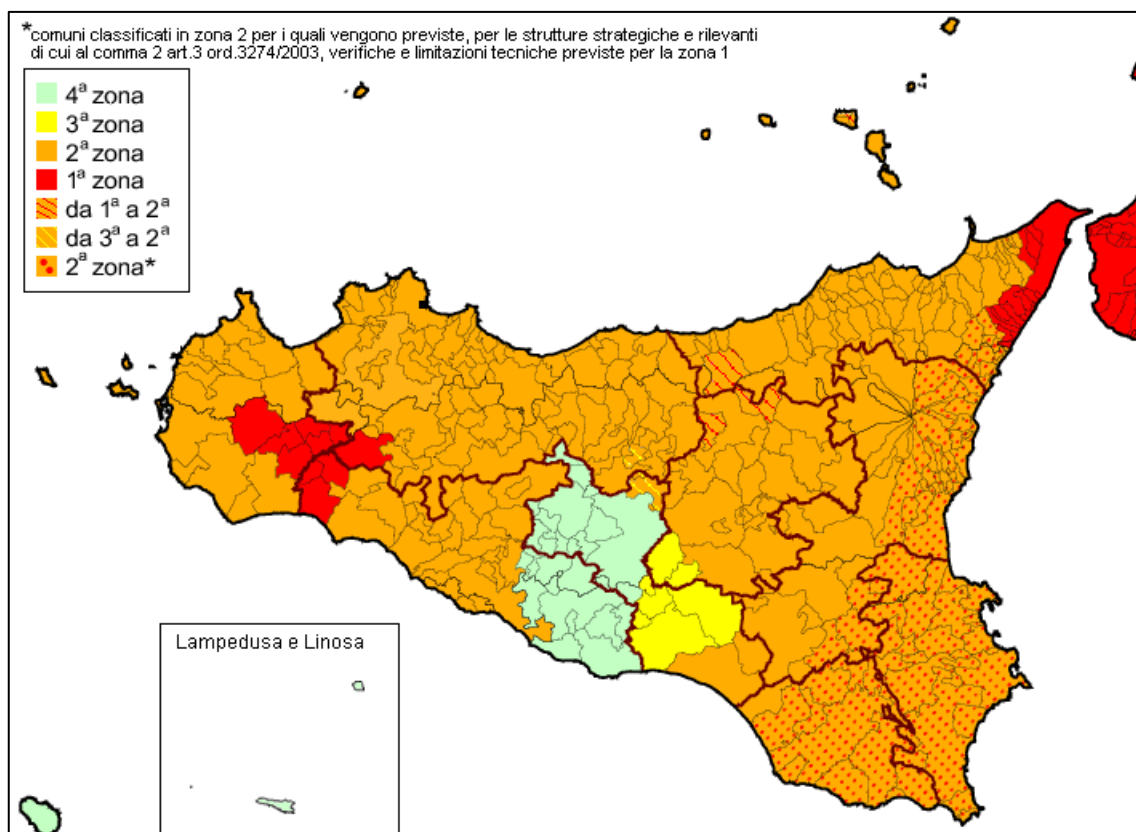


Figura 15. Classificazione sismica comunale, Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 81 del 24/02/2022, adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022.

L'INGV, insieme al Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo 0,05°, i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

I parametri significativi della pericolosità sismica sono disponibili, in forma interattiva, sul sito istituzionale del Progetto S1 dell'INGV.

Il sistema permette di ottenere anche, per ciascun nodo della griglia, il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (cioè il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del sito), nonché i valori medi di magnitudo.

La figura che segue e i datitabellati sono stati integralmente scaricati dal sito <https://esse1-gis.mi.ingv.it/> per l'area di studio tra 6 nodi della griglia di pericolosità sismica.

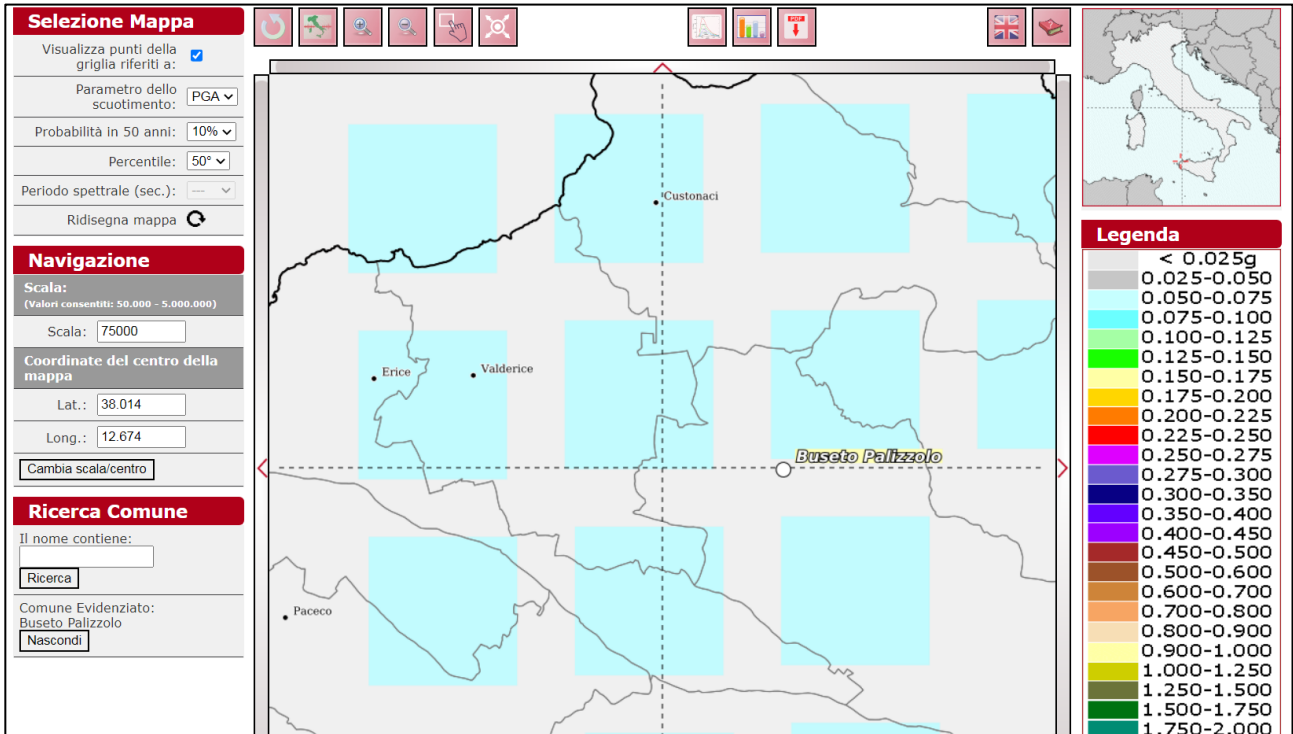


Figura 16. Es. griglia di pericolosità sismica per il sito (Lat. 38.014-Long. 12.674) con probabilità in 50 anni al 5% e percentile al 50

Le tabelle che seguono riportano i valori della pericolosità sismica relativi all'area di interesse, questa è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni, su suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b, estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>. Le stime di PGA sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti stimati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da Cornell (Cornell, 1968; Bender & Perkins, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e la loro incertezza è espressa mediante percentili, considerando il catalogo un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel luogo.

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.032 lon. 12.668 - id 45608)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0590	0.0994	0.1124
0.0010	0.0446	0.0760	0.0841
0.0021	0.0348	0.0600	0.0660
0.0050	0.0240	0.0446	0.0482
0.0071	0.0196	0.0386	0.0413
0.0099	0.0163	0.0342	0.0364
0.0139	0.0130	0.0297	0.0315
0.0199	0.0096	0.0249	0.0264
0.0332	0.0000	0.0184	0.0193

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.032 lon. 12.731 - id 45609)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0678	0.1116	0.1244
0.0010	0.0511	0.0843	0.0928
0.0021	0.0393	0.0665	0.0726
0.0050	0.0280	0.0492	0.0529
0.0071	0.0232	0.0425	0.0459
0.0099	0.0191	0.0373	0.0396
0.0139	0.0155	0.0326	0.0345
0.0199	0.0119	0.0275	0.0291
0.0332	0.0000	0.0203	0.0214

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.982 lon. 12.732 - id 45831)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0717	0.1173	0.1304
0.0010	0.0537	0.0880	0.0964
0.0021	0.0412	0.0689	0.0752
0.0050	0.0293	0.0507	0.0549
0.0071	0.0245	0.0439	0.0477
0.0099	0.0201	0.0383	0.0411
0.0139	0.0164	0.0335	0.0356
0.0199	0.0126	0.0283	0.0301
0.0332	0.0000	0.0210	0.0221

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.982 lon. 12.668 - id 45830)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0615	0.1037	0.1166
0.0010	0.0464	0.0785	0.0872
0.0021	0.0359	0.0618	0.0682
0.0050	0.0250	0.0459	0.0498
0.0071	0.0204	0.0395	0.0429
0.0099	0.0170	0.0351	0.0374
0.0139	0.0137	0.0305	0.0325
0.0199	0.0102	0.0256	0.0272
0.0332	0.0000	0.0189	0.0197

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.981 lon. 12.605 - id 45829)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0548	0.0937	0.1061
0.0010	0.0410	0.0719	0.0792
0.0021	0.0320	0.0570	0.0619
0.0050	0.0215	0.0418	0.0452
0.0071	0.0176	0.0366	0.0389
0.0099	0.0145	0.0323	0.0344
0.0139	0.0114	0.0279	0.0296
0.0199	0.0079	0.0231	0.0246
0.0332	0.0000	0.0171	0.0181

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.031 lon. 12.605 - id 45607)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0534	0.0907	0.1024
0.0010	0.0400	0.0699	0.0769
0.0021	0.0312	0.0557	0.0599
0.0050	0.0208	0.0407	0.0438
0.0071	0.0170	0.0358	0.0379
0.0099	0.0139	0.0316	0.0335
0.0139	0.0108	0.0272	0.0289
0.0199	0.0000	0.0225	0.0240
0.0332	0.0000	0.0167	0.0177

Valori di PGA stimati per l'area di studio per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati estratti dalla mappa digitale della pericolosità sismica presente al sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e risultano riferiti a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m).

## 6. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Dall'analisi delle pendenze delle aree su cui saranno montati i tracker è scaturito che la pendenza media dei versanti su cui insisteranno le strutture è inferiore a 15°. Essi risultano tutti localizzati su versanti con le caratteristiche di pendenza anzi descritte e pertanto essendo inferiori a 15° la categoria topografica è **T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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 $i > 30^\circ$

## 7. SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La normativa nazionale sulla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2002 e la riclassificazione sismica Regionale proposta con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 81 del 24/02/2022 adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022 colloca il territorio comunale di Buseto Palizzolo ed il territorio di Valderice nella "Zona sismica 2".

I territori comunali interessati dalle strutture progettuali sono classificati secondo il seguente schema illustrativo:

Struttura	Provincia	Comune	Classificazione sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274/2003	Classificazione sismica Delibera G.R. n. 81 del 24/02/2022
Campo Est - Stazione Utente e porz. di cavidotto	Trapani	Buseto Palizzolo	2	2
Campo Ovest e porzione di cavidotto	Trapani	Valderice	2	2

Al fine di valutare la velocità delle onde S nei primi 30 metri sono state eseguite quattro indagini sismiche di tipo MASW che analizzando la dispersione delle onde di Rayleigh hanno consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro Vs equivalente sul sito dell'impianto.

Pertanto in accordo con le norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018) le aree che saranno interessate dalla realizzazione delle strutture ricadono su terreni ascrivibili alla Categoria di sottosuolo di tipo **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.**



## 8. LIQUEFAZIONE

In fase di progettazione e di verifiche sismiche di un qualsiasi manufatto, è necessario che si riscontri la stabilità dello stesso alla liquefazione. La stessa definisce quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

### 8.1. Esclusione della verifica a liquefazione

Nel caso si manifesti almeno una delle circostanze indicate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica a liquefazione può essere omessa. Di seguito sono indicate le condizioni di riferimento:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.

Per il calcolo dell'accelerazione massima vanno considerate l'accelerazione di base  $a_g$  e l'amplificazione  $S$ , data dal prodotto tra l'amplificazione stratigrafica  $S_s$  e quella topografica  $S_t$ :

$$a_{max} = a_g * S = a_g * S_s * S_t$$

Dagli studi di pericolosità sismica l'accelerazione al suolo per lo stato limite SLV è pari a 0,073 g, i quali vengono ad essere moltiplicati per  $S_s$  e per  $S_t$ . Il sottosuolo appartiene alla categoria C, quindi il fattore di amplificazione stratigrafica  $S_s$  sarà pari a 1,500 mentre  $S_t$  sarà pari ad 1,0 essendo in categoria T1.

Così, il valore di  $a_{g,max}$  assumerebbe valore pari a 0,109 g, quindi superiore al limite definito di 0,1 g. Dunque questa circostanza risulta non verificata.

2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.

Circostanza verificata mediante esclusione di fondazioni superficiali in quanto le strutture saranno tutte fondate su pali e pertanto non saranno suscettibili a fenomeni di liquefazione.

3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

La circostanza non risulta verificata in quanto, verificando il valore della resistenza normalizzato  $(N1)60$  non risulta essere sempre maggiore del valore soglia di 30 indicato.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nella figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ . Non sono state effettuate delle analisi granulometriche sui terreni, ma la natura argillosa e marnosa dei depositi porta considerare che tali depositi siano esterni al fuso indicante la possibilità di liquefazione.

Come descritto, una delle quattro circostanze definite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 risulta verificata facendo sì che la verifica a liquefazione non sia necessaria in questa fase progettuale.

## 9. AZIONE SISMICA DEL SITO

### 9.1. Amplificazione dell'azione sismica ed effetti cosismici.

Da quanto sopra riportato emerge chiaramente che il territorio in cui ricade la zona di studio si colloca in un'area sismica in cui resta sicuramente confermato l'interesse a definire il pericolo sismico anche in relazione a possibili effetti sul suolo indotti dal passaggio delle onde sismiche.

L'analisi geologico-tecnica e sismica deve prestare attenzione agli scenari di hazard sismico, riconducibili alle seguenti situazioni:

- a - situazioni in cui gli effetti cosismici si possono risolvere in una amplificazione dell'azione sismica.
- b - situazioni in cui gli effetti cosismici sono rappresentati da rotture superficiali per faglie e da instabilità dei pendii;
- c - situazioni in cui gli effetti cosismici possono essere rappresentati da fenomeni di densificazione e/o liquefazione dei terreni;

La pericolosità sismica locale in termini di scuotibilità (Caso a) può essere influenzata dalla stratigrafia e dalla topografia. Pertanto si è reso necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, tenendo in considerazione la possibile amplificazione stratigrafica e topografica.

Le NTC 2018 individuano 5 "categorie di sottosuolo" (Tabella 3) la cui identificazione avviene mediante l'esecuzione di apposite indagini geofisiche (masw, Hvsr ecc.) e che consente di stimare il fattore  $S_s$  che interviene nelle espressioni utilizzate per la definizione degli spettri elastici di progetto.

<b>Categoria A</b> 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>Categoria B</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.
<b>Categoria C</b> Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>Categoria D</b> Depositati 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 m/s e 180 m/s.
<b>Categoria E</b> 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 30m.

Tabella 3

Tali effetti sono legati alla successione stratigrafica presente nei 30 metri sotto il piano di posa delle fondazioni ed in particolare sono legati oltre che alla successione stratigrafica anche alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno. I risultati delle masw eseguite hanno individuato una tipologia di suolo di fondazione riconducibile alle Categorie **C** i cui elaborati completi sono riportati di seguito al paragrafo indagini geofisiche.

Grazie alla conoscenza delle categorie di sottosuolo è possibile stimare i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$ , che entrano in gioco nel calcolo dell'accelerazione max del sito, secondo la seguente tabella di riferimento (tabella 3.2.IV delle NTC 2018).

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Gli “effetti topografici” sono legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno è dovuta alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all’interazione tra il campo d’onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l’altezza del rilievo e la sua larghezza. In base a questi presupposti si può classificare i vari siti di costruzione in funzione della tabella 4 di seguito riportata.

Tabella 4

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 $i > 30^\circ$

La classificazione delle categorie topografiche riportata in precedenza individua come categoria topografica la T1.

Grazie alla stima di questa categoria è stato possibile stimare il coefficiente  $S_t$  che entra in gioco nel calcolo dell’accelerazione max del sito, secondo la seguente tabella di riferimento (tabella 3.2.V delle NTC 2018).

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera e dell’intervento	$S_t$
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Con riferimento al “Caso B” è da escludere l'instaurarsi di faglie (rotture superficiali) perché come descritto al paragrafo 4.2 nell'area in esame e nelle aree circostanti non sono presenti faglie attive e capaci e non sono presenti sorgenti sismogenetiche. Per quanto concerne la instabilità dei pendii è un fenomeno da escludere per la totale assenza di fenomeni attivi o inattivi e cause innescanti (vedi relazione geologica).

Infine, con riferimento al “Caso C” valgono le considerazioni fatte al capitolo liquefazione che portano ad escludere la possibilità di fenomeni di densificazione e/o liquefazione dei terreni.

## 9.2. Stima della pericolosità sismica locale

Al fine di individuare le azioni sismiche è necessario caratterizzare le forme spettrali di sito. In accordo con quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, occorre preventivamente fissare:

- 1- la vita di riferimento VR della costruzione;
- 2- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Per il progetto in oggetto si considerano:

-Classe d'uso = 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).

-Coefficiente d'uso  $C_u = 2$ ;

-Vita nominale  $\geq 50$  anni;

-Periodo di riferimento per l'azione sismica VR = 100 anni;

-Categoria sottosuolo: C

-Categoria topografica: T1

Per il Sito (Vedi Fig. 17) di coordinate medie (ED50) lat. 38.014°, long. 12.674° si ricavano i seguenti parametri sismici.

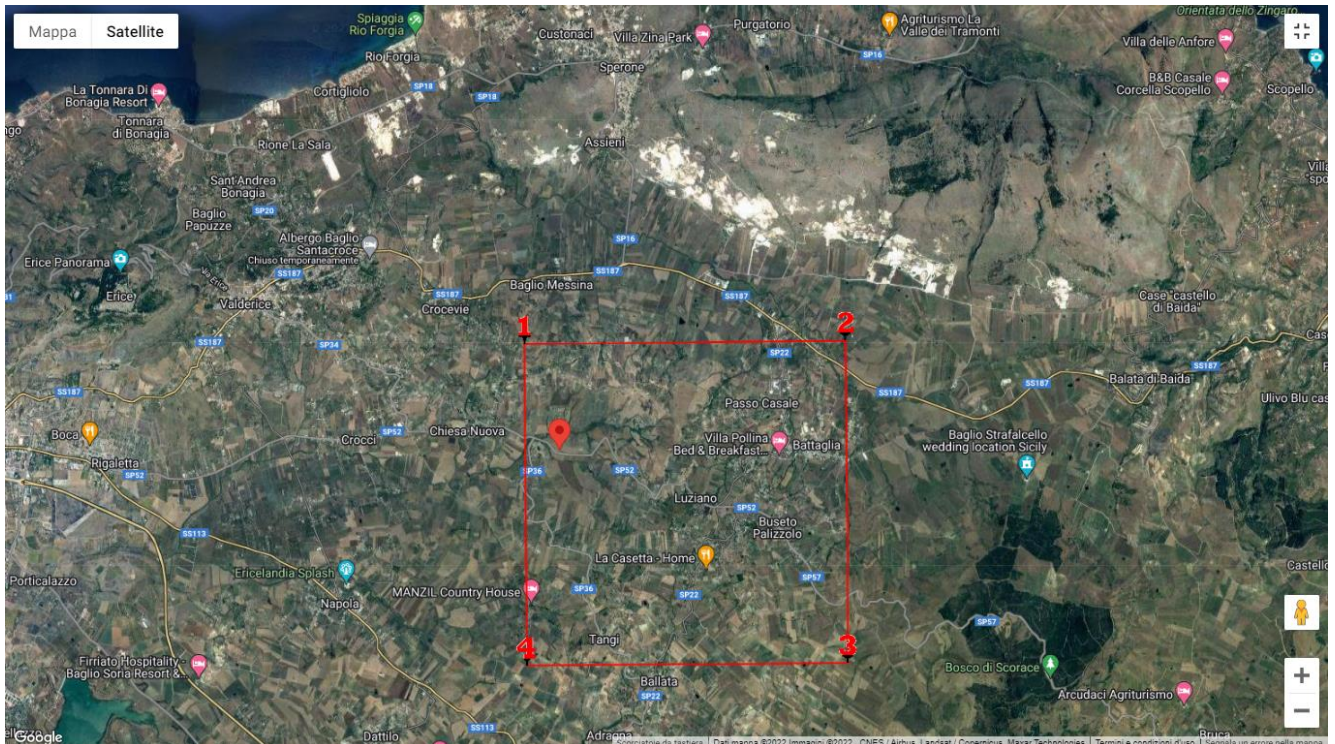


Figura 17

Sito 1	ID: 45608 Lat: 38,0318	Lon: 12,6679	Distanza: 1953,841
Sito 2	ID: 45609 Lat: 38,0322	Lon: 12,7312	Distanza: 5286,639
Sito 3	ID: 45831 Lat: 37,9822	Lon: 12,7317	Distanza: 6174,785
Sito 4	ID: 45830 Lat: 37,9818	Lon: 12,6685	Distanza: 3746,484

**Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
ag:	0,028	g
Fo:	2,442	
Tc*:	0,202	[s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
ag:	0,036	g
Fo:	2,481	
Tc*:	0,230	[s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
ag:	0,079	g
Fo:	2,611	
Tc*:	0,336	[s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1950	[anni]
ag:	0,098	g
Fo:	2,674	
Tc*:	0,355	[s]

Utilizzando i suddetti parametri si ottengono, ai fini dei calcoli per le fondazioni, i coefficienti sismici riportati di seguito.

**SLO:**

Ss:	1,500
Cc:	1,780
St:	1,200
Kh:	0,010
Kv:	0,005
Amax:	0,500
Beta:	0,200

**SLD:**

Ss:	1,500
Cc:	1,710
St:	1,200
Kh:	0,013
Kv:	0,006
Amax:	0,627
Beta:	0,200

**SLV:**

Ss:	1,500
Cc:	1,500
St:	1,200
Kh:	0,028
Kv:	0,014

Amax: 1,394  
Beta: 0,200  
SLC:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,480  
St: 1,200  
Kh: 0,035  
Kv: 0,018  
Amax: 1,728  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84

latitudine: 38.014000  
longitudine: 12.674000

### 9.3. Sismicità del sito

La normativa nazionale sulla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2002 e la riclassificazione sismica Regionale proposta con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 81 del 24/02/2022 adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022 colloca il territorio comunale di Buseto Palizzolo ed il territorio di Valderice nella "Zona sismica 2".

I territori comunali interessati dalle strutture progettuali sono classificati secondo il seguente schema illustrativo:

Struttura	Provincia	Comune	Classificazione sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274/2003	Classificazione sismica Delibera G.R. n. 81 del 24/02/2022
Campo Est - Stazione Utente e porzione di cavidotto	Trapani	Buseto Palizzolo	2	2
Campo Ovest e porzione di cavidotto	Trapani	Valderice	2	2

## 10. RAPPORTO INDAGINI SISMICHE MASW

La finalità delle indagini di seguito descritte è stata quella di accertare i valori di velocità delle onde S dei vari sismostrati, utili a ricavare la categoria di suolo di fondazione. In tale ottica si è proceduto alla esecuzione di n° 4 indagini sismiche di tipo masw di cui una eseguita in prossimità del campo Est, una in prossimità della stazione Utente e due nell'area del Campo Ovest.

### INDAGINI GEOFISICHE "metodo d'indagine MASW"

Il metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva) è una tecnica di indagine non invasiva per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs. Nel suo insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo con le norme tecniche per le costruzioni DM 17 gennaio 2018 (ex DM 14/01/2008 e sua circolare esplicativa 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni").

L'analisi dei dati ha consentito di definire i valori del profilo verticale VS ed ottenere una stima del Vs equivalente alla quota del piano di campagna.

Tale metodica si basa sulla misurazione e interpretazione di tre tipi di onde:

1. onde superficiali
2. onde di Rayleigh
3. onde di Love

(nel dominio del tempo) in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo e la successiva analisi nel dominio della frequenza. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo, come nel caso in esame, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo con mazza battente, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo (REMI) lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

### PRINCIPI DEL METODO DI PROVA

Come sopra detto questa metodologia consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS basandosi sulla misura delle onde superficiali. In particolare, quelle con bassi valori di lunghezze d'onda (alte frequenze) interessano gli strati superficiali, mentre quelle a maggior lunghezza d'onda (minore frequenza) interessano anche gli strati più profondi. Le onde di Rayleigh in un semispazio omogeneo sono non dispersive, mentre in presenza di un mezzo stratificato, l'avanzamento di un fronte d'onda si deforma in rapporto alla velocità di propagazione (nel singolo strato) in funzione della frequenza, quindi differenti frequenze hanno velocità di propagazione diverse (comportamento dispersivo).

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (Vr) e delle onde di taglio (Vs) sono dipendenti e sono legate dalla relazione (Richard et al. 1970):

$$Vr^6 - 8Vs^2 Vr^4 + (24 - 16Vs^2/Vp^2) Vs^4 Vr^2 + (16Vs^6/Vp^6 - 1) Vs^6 = 0$$

Pertanto, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh (Vr) è leggermente inferiore alla velocità delle onde di taglio (Vs), ovvero secondo Achenbach (1999):

$$Vr = (0.862 + 1.14 \nu / (1 + \nu)) Vs$$

$\nu$  = modulo di poisson



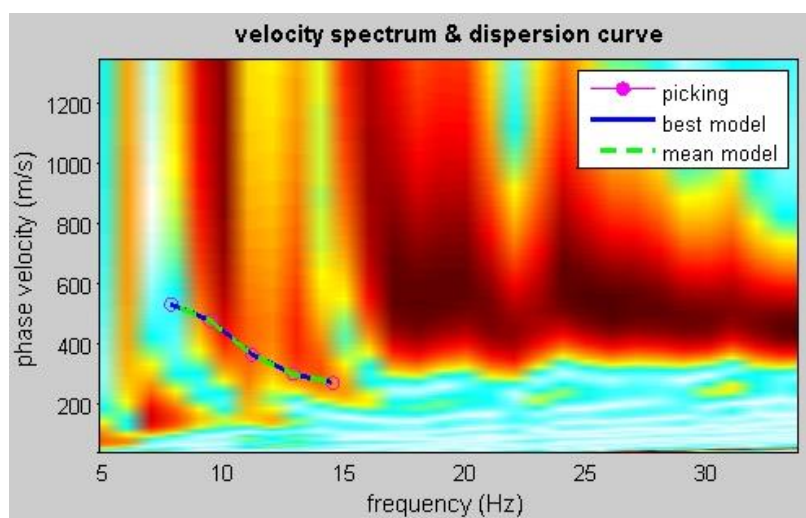
che significa che al variare di  $v$ , la  $V_r$  è inferiore rispetto alla  $V_s$  di un valore compreso tra 0.862 e 0.955 traducendosi nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile potendosi così scrivere la relazione  $V_r = 0.91V_s \pm 0.046$ .

### ANALISI DEI DATI

L'analisi dei dati è suddivisa in due stadi: la determinazione della "curva di dispersione" (calcolo della velocità di fase) e l'inversione della curva per ottenere un modello 1D velocità/profondità.

### CURVA DI DISPERSIONE

La "Curva di dispersione" si ottiene da una analisi spettrale del sismogramma che trasforma il moto misurato, dal dominio "spazio-tempo" al dominio frequenza-numero d'onda" e parallelamente al dominio "velocità di fase-frequenza". Sul diagramma di fig. 1 bisogna ricostruire la curva di dispersione sperimentale interpretando l'andamento delle massime ampiezze del modo fondamentale delle onde di Rayleigh (Ivanov et al., 2001), discriminando le riflessioni indotte da orizzonti più rigidi, riflessioni multiple, onde d'aria e onde guidate (Baker, 1999) che possono provocare gravi errori interpretativi.



**Fig. 1**

### INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE

Successivamente al riconoscimento ed al tracciamento della curva di dispersione, si passa alla ricostruzione della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ . Il modello di inversione verrà vincolato attraverso l'inserimento di un range di possibili spessori, di velocità delle onde  $V_s$  e di coefficienti di Poisson ( $\nu$ ). L'ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo. Il prodotto ottenuto sarà un diagramma che esprimerà valori delle velocità delle onde di taglio ( $S$ ) associati a spessori e profondità di un mezzo stratificato reale. La profondità d'indagine è direttamente dipendente dalla minima frequenza riconoscibile nella curva di dispersione.

### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E GEOMETRIA DELLO STRUMENTO

Per eseguire la prova sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Sismografo DOLANG modello DBS280 digitale, 24 canali, 24 bit ;
- 12 Trasduttori di velocità del moto del suolo a componente verticale con frequenza propria = 10 Hz (geofoni);

· Sistema di energizzazione costituito da massa battente di 8 kg dotata di starter piezoelettrico e piastra di battuta.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset (Sx) -5 m;
- passo temporale di campionamento pari a 1,2 msec ;
- tempo di acquisizione 1,24 sec.

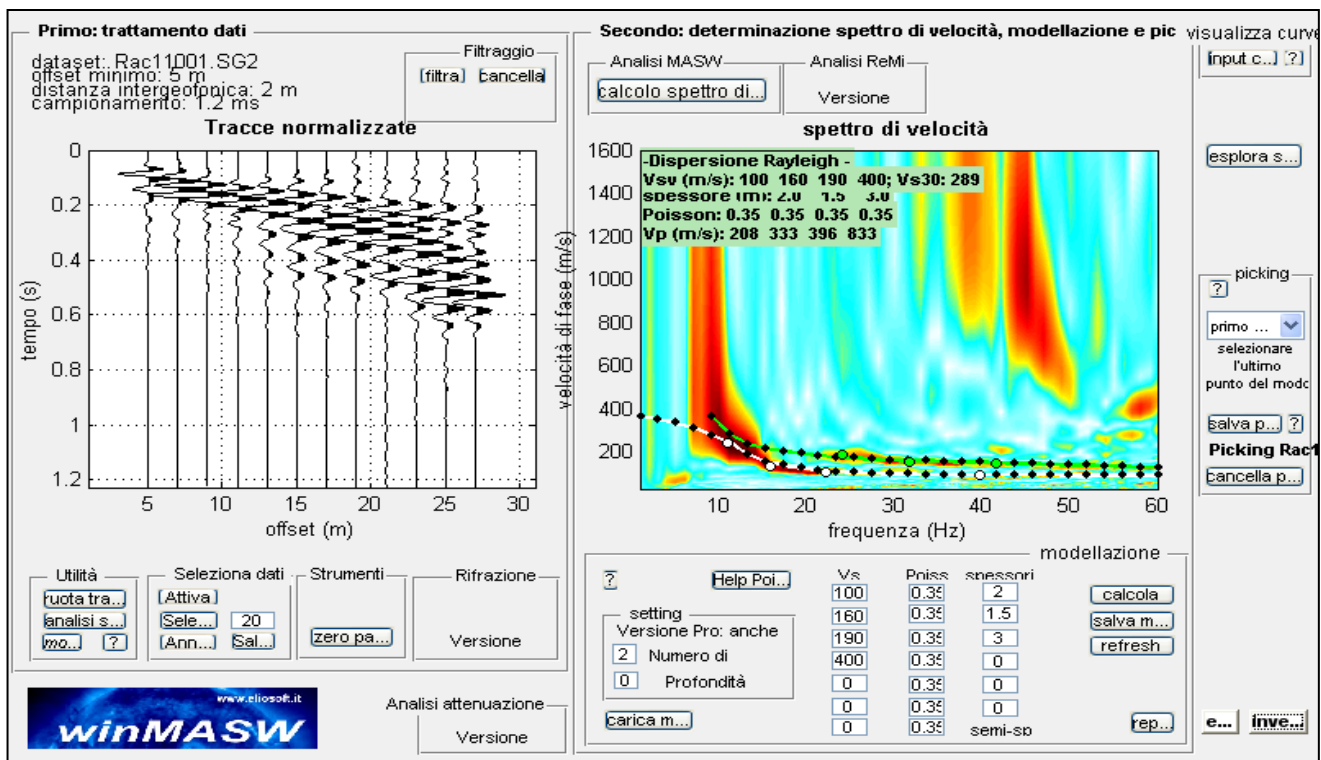
### ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione della prova è stato utilizzato il software "WinMASW 4.1 Std" della Eliosoft. I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).

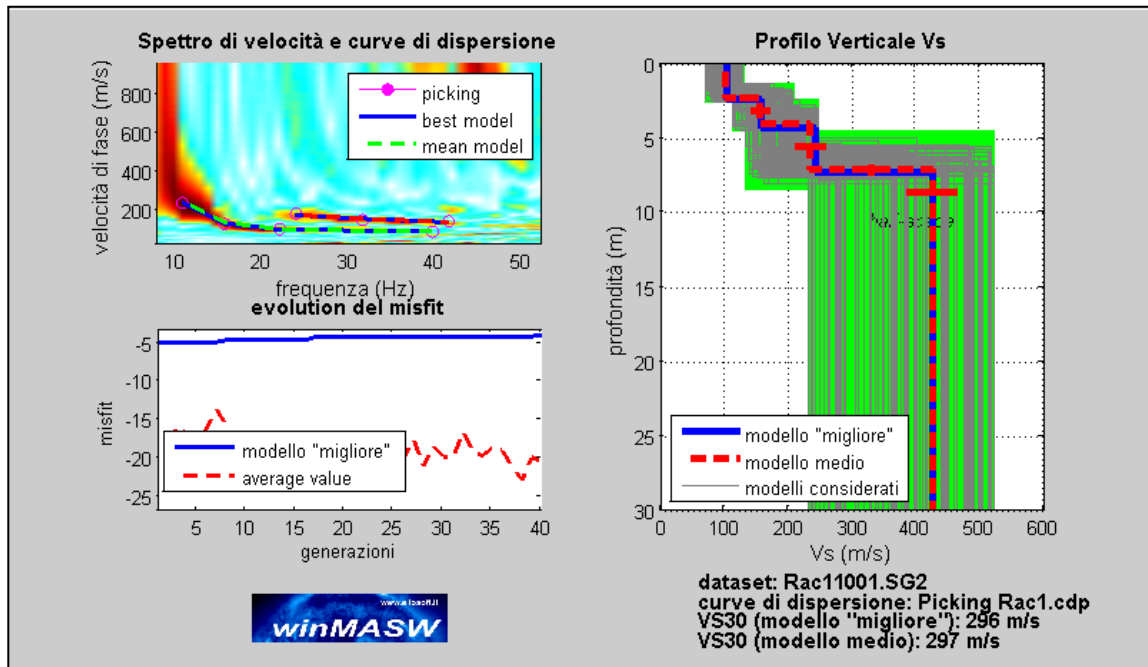
### 10.1. Indagine sismica Masw Campo Est

Lo stendimento masw è stato eseguito sull'area ove sarà realizzato l'omonimo campo con il seguente set-up:

- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 1 metro;
- n. 1 energizzazioni ad offset (Sx) -5 m;
- passo temporale di campionamento pari a 1,2 msec;
- tempo di acquisizione 1,2 sec

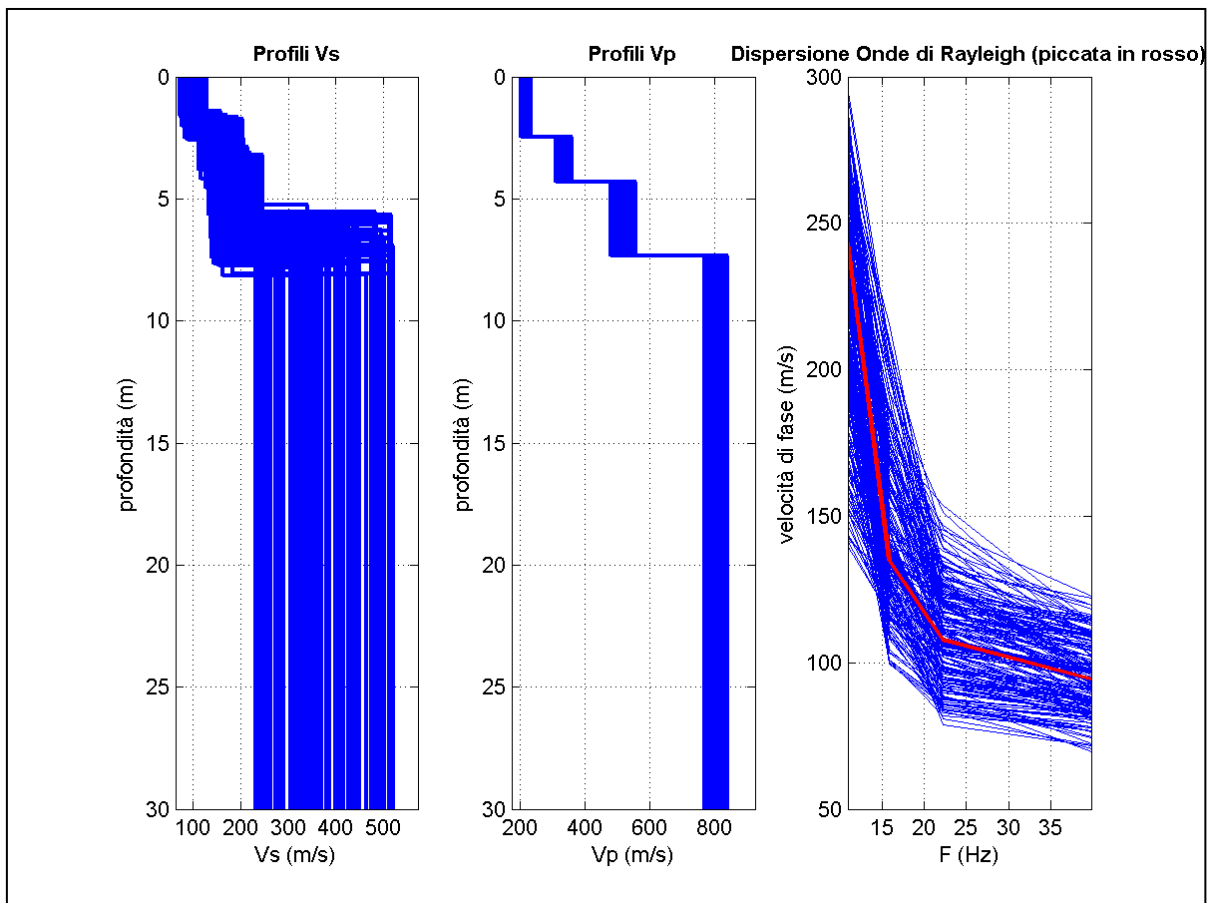


Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

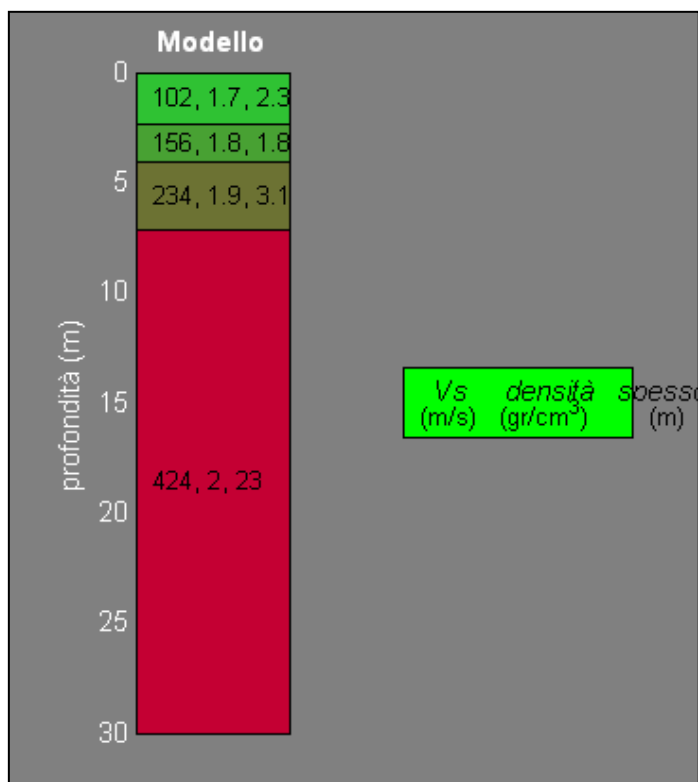


In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato

In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



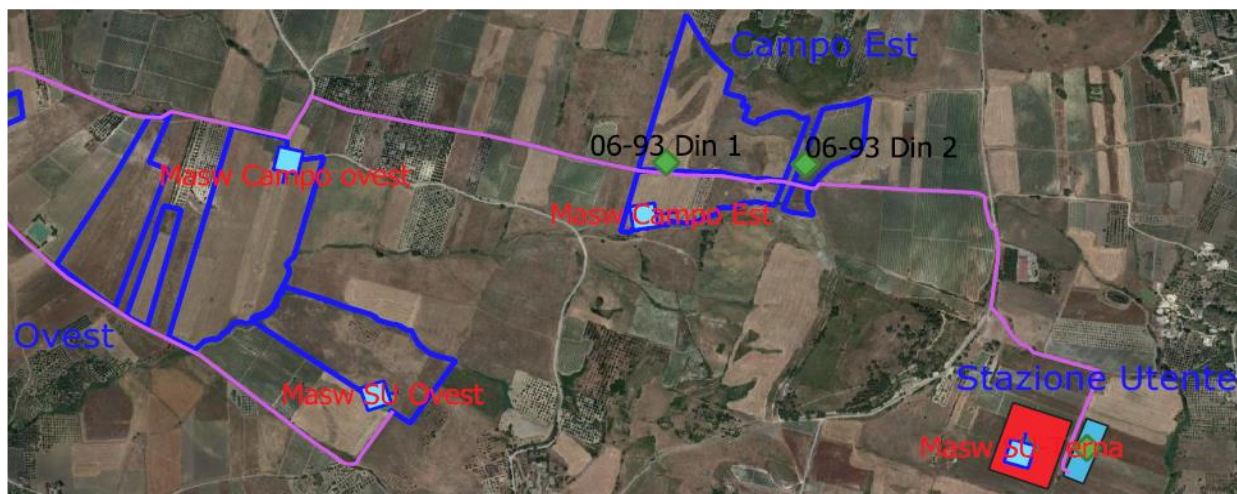
### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)	Modulo di taglio (Mpa)
1	2,3	2,3	102	18
2	4,1	1,8	156	44
3	7,1	3,1	234	103
4	30,0	semispazio	424	360

Considerato che entri i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto uno strato con velocità delle Vs > 800 m/s allora il Vs equivalente =  $V_{s30}$  è pertanto

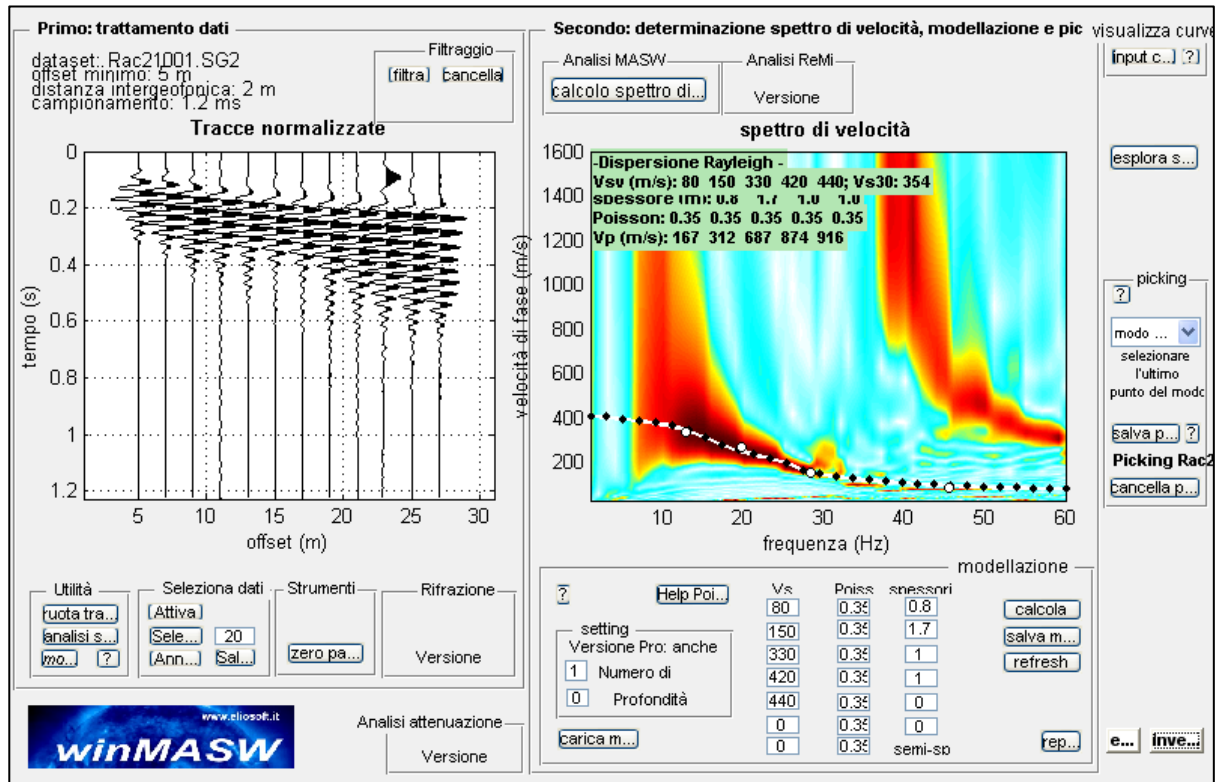
$V_{s30}$  al piano di campagna =  $V_s$  equivalente = **297 m/s**

Categoria di suolo di fondazione = **C**

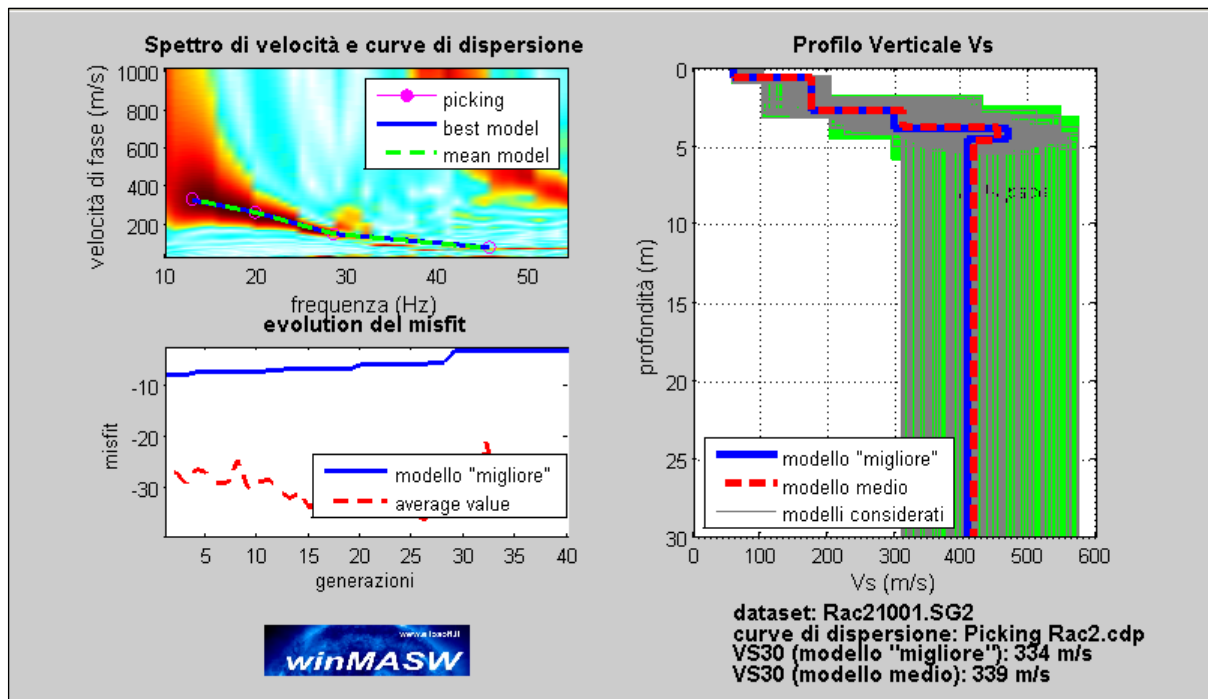


Stralci Google con ubicazione indagini

## 10.2. Indagine sismica Masw Campo Ovest

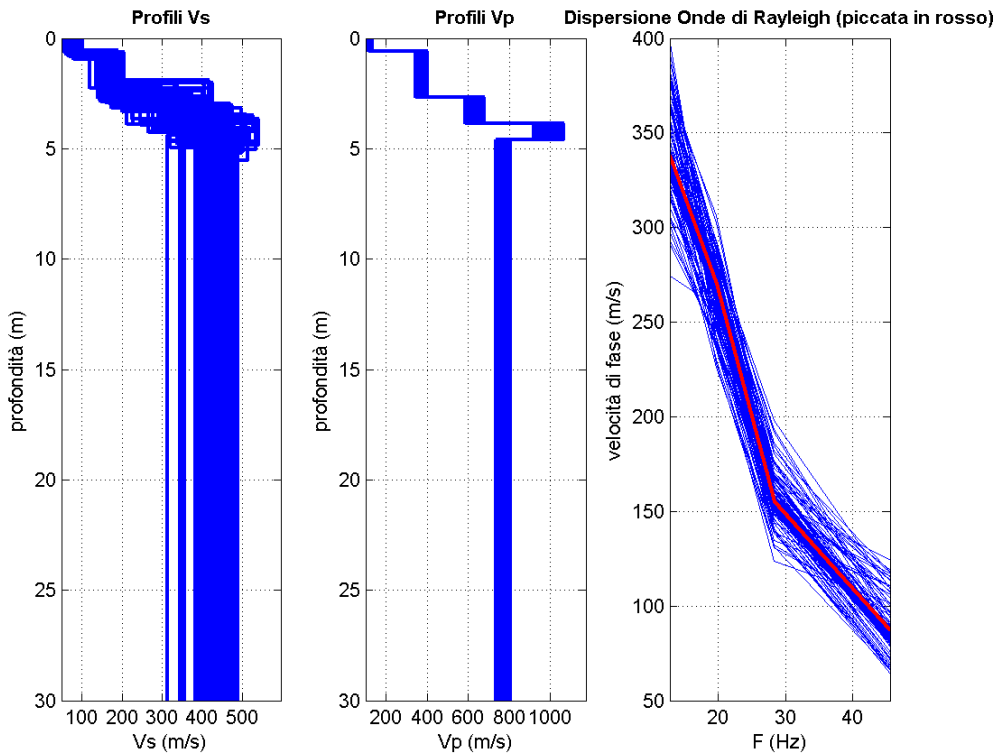


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

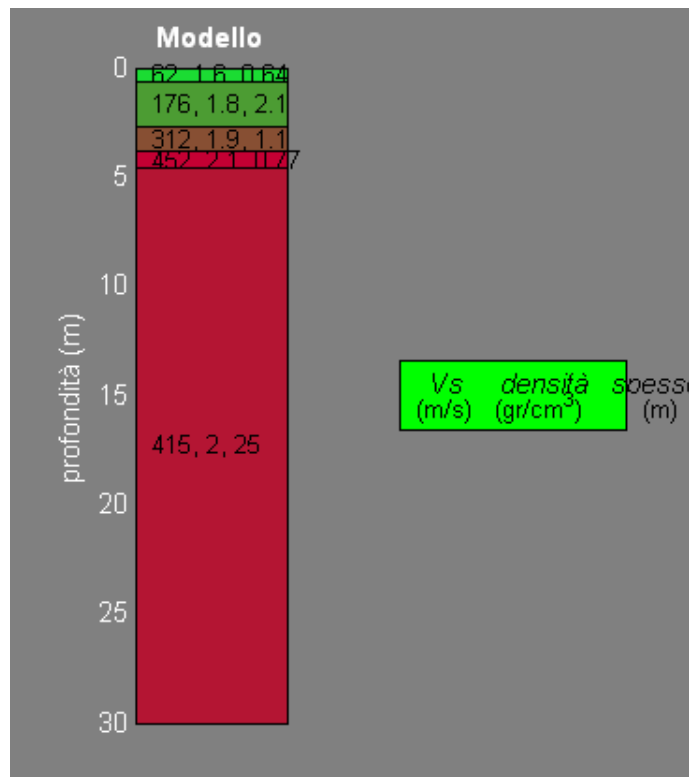


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi).

In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0.6	0.6	62
2	2.7	2.1	176
3	3.8	1.1	312
4	4.6	0.8	452
5	30	semispazio	415

### CALCOLO MODULI ELASTICI

Il software "WinMASW 4.1 Std" della [Eliosoft](#) permette di calcolare una serie di moduli elastici a partire dai valori Vp, Vs e densità. Si ricorda che la Vp stimata da analisi MASW non è da considerare reale in quanto calcolata in base al valore del modulo di Poisson impostato manualmente prima del lancio dell'inversione. L'unico modulo che possiamo considerare attendibile è il modulo di taglio, mentre tutti gli altri moduli possono essere considerati solo se:

1. In fase di elaborazione vengono inserite le Vp ricavate da altri metodi d'indagine;
2. In fase di elaborazione viene inserito il valore del Modulo di Poisson ricavato da prove di laboratorio.

<b>Modulo di Compressione</b> $\rho \cdot V_p^2 \cdot (k^2 - 4/3)$	<b>Modulo di Young</b> $\rho \cdot V_p^2 \cdot (4 - 3k^2) / (1 - k^2)$	<b>Modulo di Lamè</b> $\rho \cdot V_p^2 \cdot (k^2 - 2)$	<b>Modulo di Taglio</b> $\rho \cdot V_s^2$
---	---	---	---

### RIEPILOGO DATI

#### Modello medio

Vs (m/s): 62, 176, 312, 452, 415

Spessori (m): 0.6, 2.1, 1.1, 0.8

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

#### Stima approssimativa di Vp, densità e moduli elastici

Stima VP (m/s): 129, 368, 631, 986, 771

Stima densità (gr/cm3): 1.56, 1.81, 1.94, 2.05, 1.99

Stima modulo di Poisson: 0.35, 0.35, 0.34, 0.37, 0.30

Stima modulo di taglio (MPa): 6, 56, 189, 419, 343

Stima modulo di compressione (MPa): 18, 171, 521, 1435, 726

Stima modulo di Young (MPa): 16, 152, 506, 1145, 889

Stima modulo di Lamè (MPa): 14, 133, 395, 1156, 498

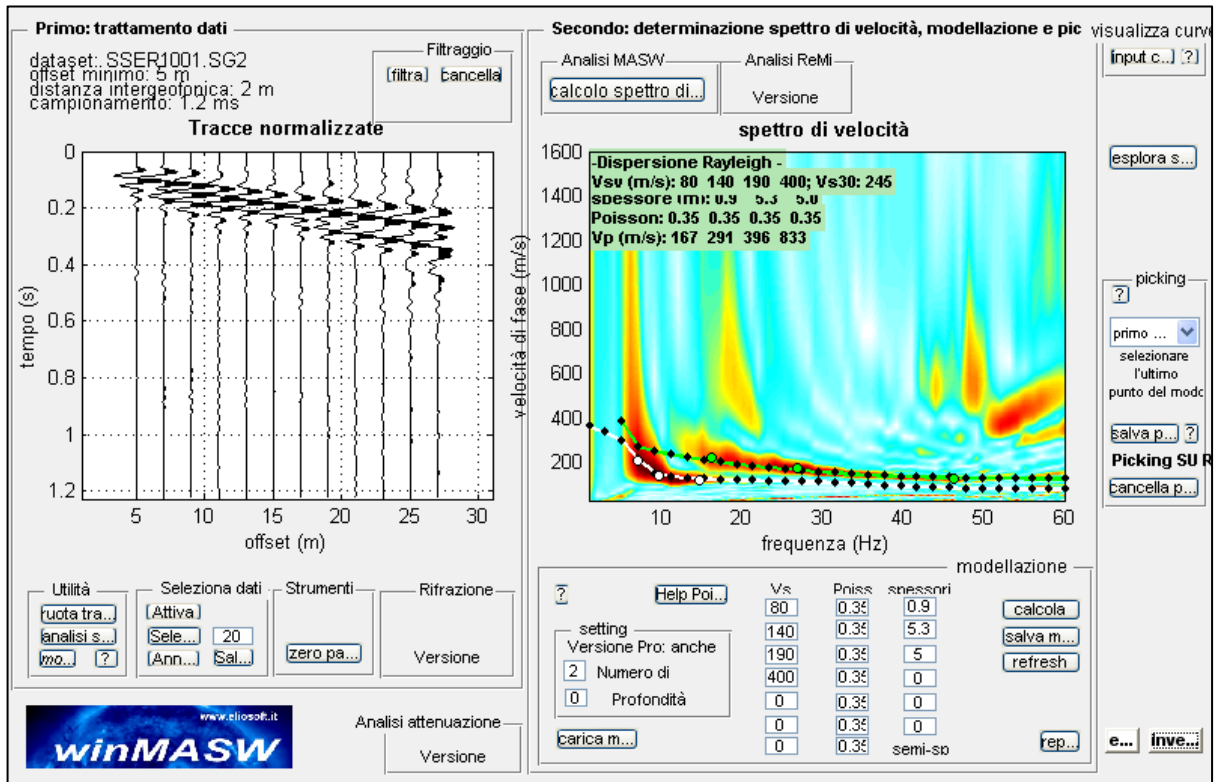
Considerato che nei primi 30 metri non è stato riconosciuto nessuno strato con  $V_s > 800$  m/s

$$V_s \text{ Equivalente} = V_{s30} = 339 \text{ m/s}$$

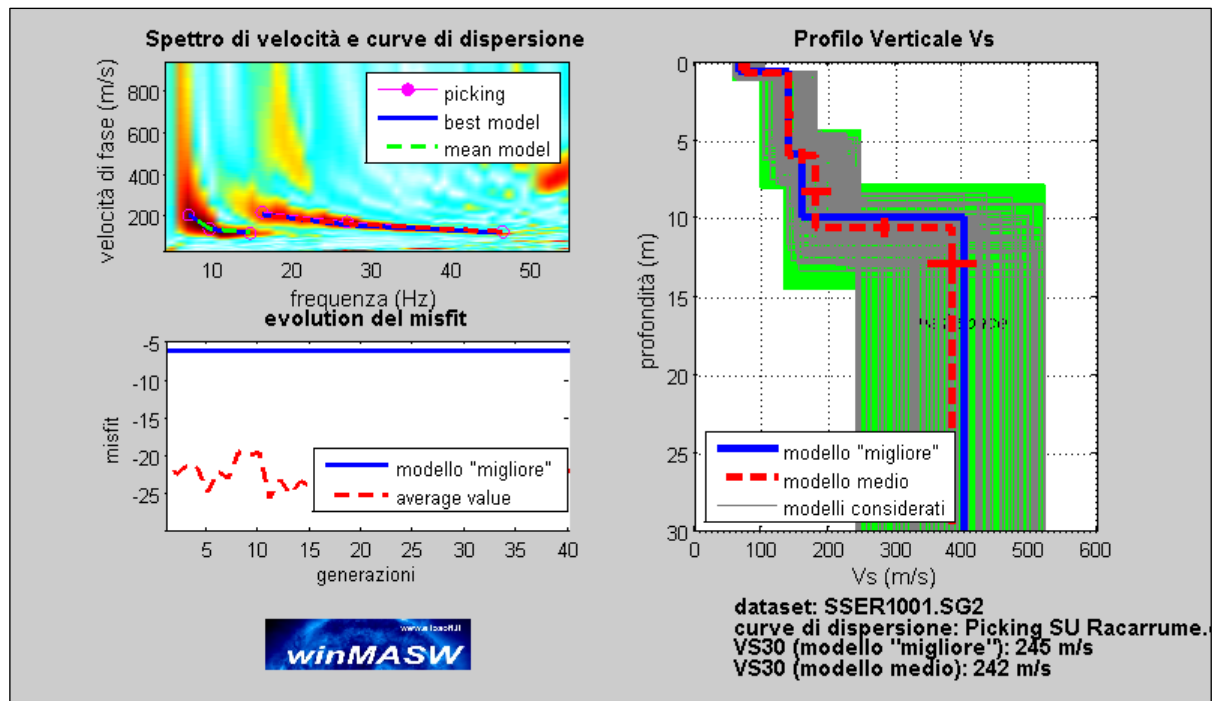
### CATEGORIA DI SUOLO DESUNTA

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro VsEquivalentecalcolato alla quota del piano di campagna restituendo un valore pari a **339 m/se** pertanto la categoria di suolo di fondazione è **C -**

### 10.3. Indagine sismica Masw SU Ovest



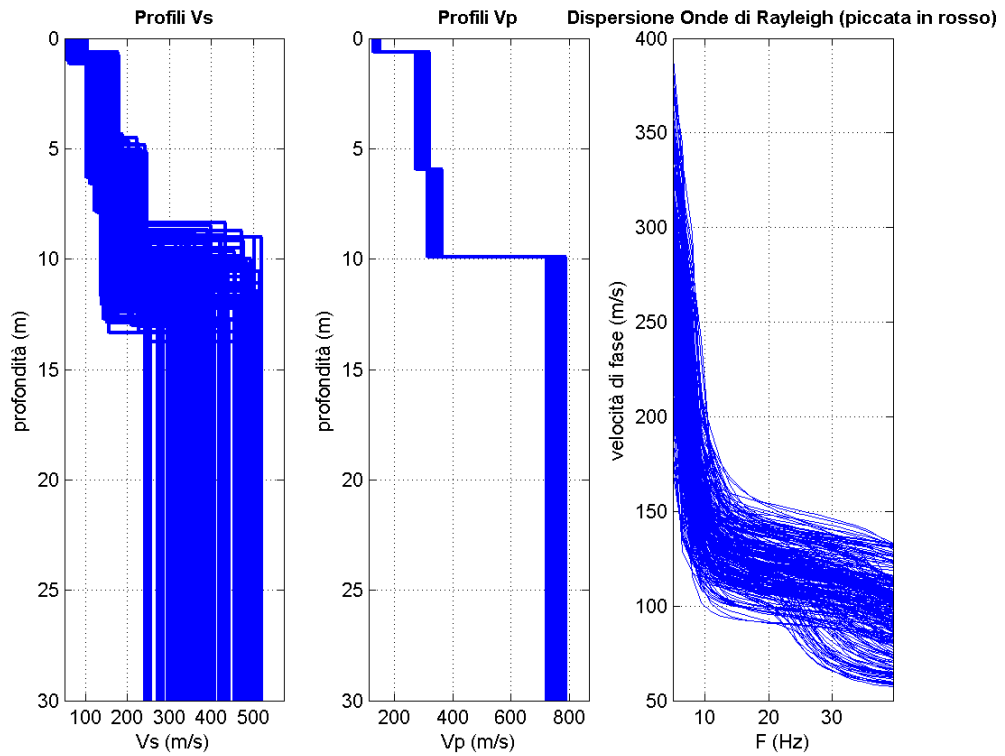
Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.



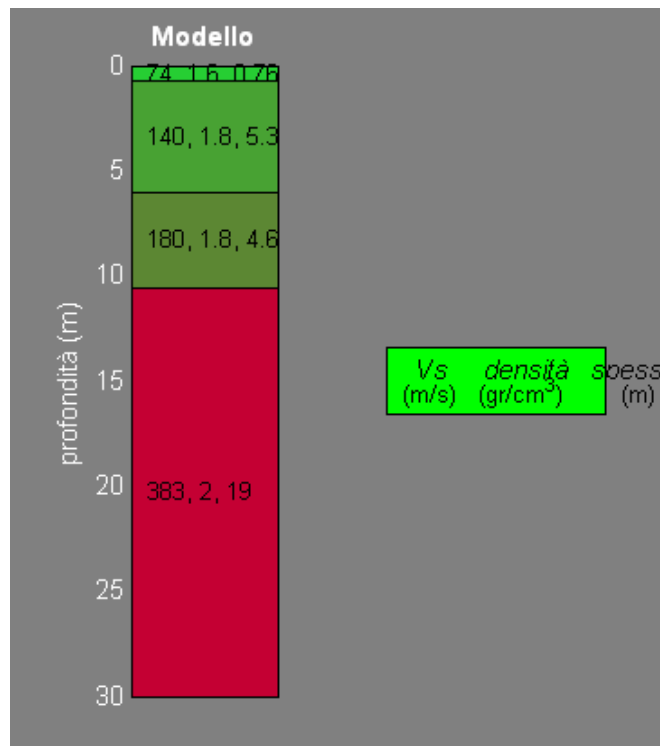
Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi).



In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0.8	0.8	74
2	6.1	5.3	140
3	10.7	4.6	180
4	30	semispazio	383

### CALCOLO MODULI ELASTICI

Il software "WinMASW 4.1 Std" della [Eliosoft](#) permette di calcolare una serie di moduli elastici a partire dai valori  $V_p$ ,  $V_s$  e densità. Si ricorda che la  $V_p$  stimata da analisi MASW non è da considerare reale in quanto calcolata in base al valore del modulo di Poisson impostato manualmente prima del lancio dell'inversione. L'unico modulo che possiamo considerare attendibile è il modulo di taglio, mentre tutti gli altri moduli possono essere considerati solo se:

1. In fase di elaborazione vengono inserite le  $V_p$  ricavate da altri metodi d'indagine;
2. In fase di elaborazione viene inserito il valore del Modulo di Poisson ricavato da prove di laboratorio.

<b>Modulo di Compressione</b> $\rho \cdot V_s^2 \cdot (k^2 - 4/3)$	<b>Modulo di Young</b> $\rho \cdot V_s^2 \cdot (4 - 3k^2)(1 - k^2)$	<b>Modulo di Lamé</b> $\rho \cdot V_s^2 \cdot (k^2 - 2)$	<b>Modulo di Taglio</b> $\rho \cdot V_s^2$
---	--	---	---

### RIEPILOGO DATI

#### Modello medio

$V_s$  (m/s): 74, 140, 180, 383

Spessori (m): 0.8, 5.3, 4.6

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

#### Stima approssimativa di $V_p$ , densità e moduli elastici

Stima  $V_p$  (m/s): 140, 300, 343, 751

Stima densità (gr/cm<sup>3</sup>): 1.58, 1.76, 1.80, 1.98

Stima modulo di Poisson: 0.31, 0.36, 0.31, 0.32

Stima modulo di taglio (MPa): 9, 35, 58, 291

Stima modulo di compressione (MPa): 19, 113, 134, 731

Stima modulo di Young (MPa): 23, 94, 152, 771

Stima modulo di Lamé (MPa): 14, 90, 95, 537

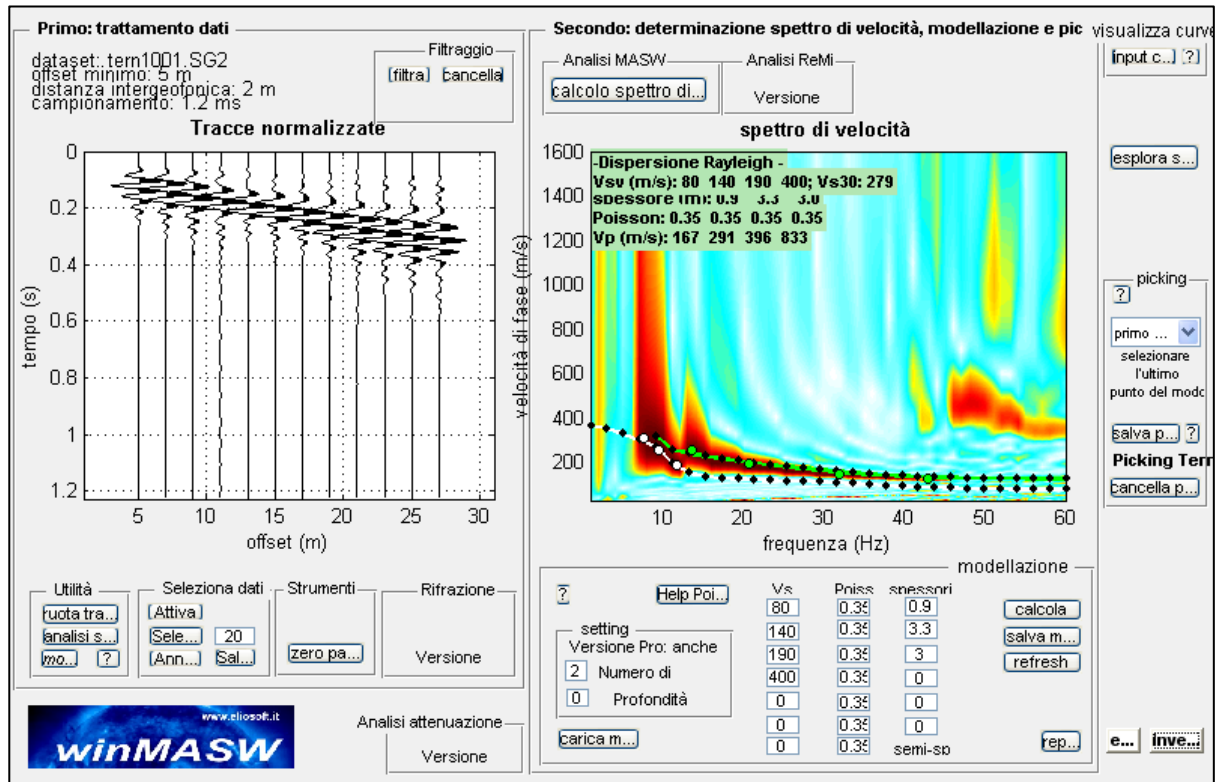
Considerato che nei primi 30 metri non è stato riconosciuto nessuno strato con  $V_s > 800$  m/s

$$V_s \text{ Equivalente} = V_{s30} = 242 \text{ m/s}$$

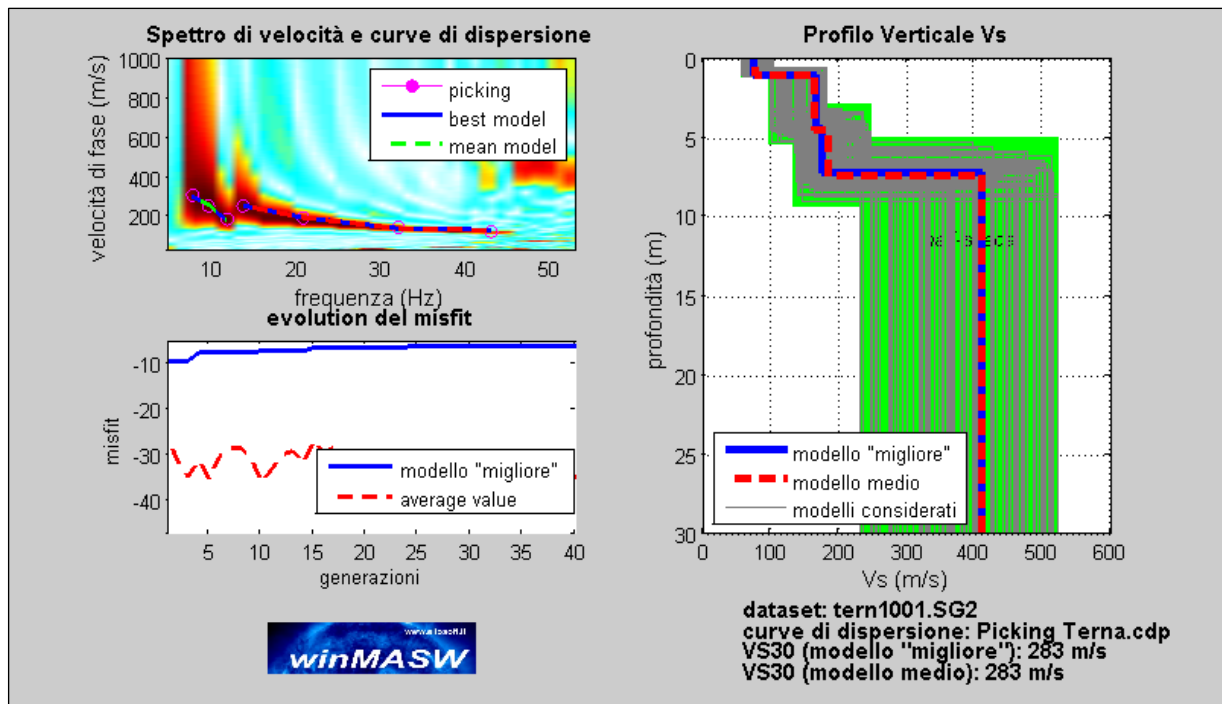
### CATEGORIA DI SUOLO DESUNTA

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della  $V_s$  e di conseguenza del parametro  $V_s$  Equivalente calcolato alla quota del piano di campagna restituendo un valore pari a **242 m/s** e pertanto la categoria di suolo di fondazione è **C** -

## 10.4. Indagine sismica Masw SE Terna

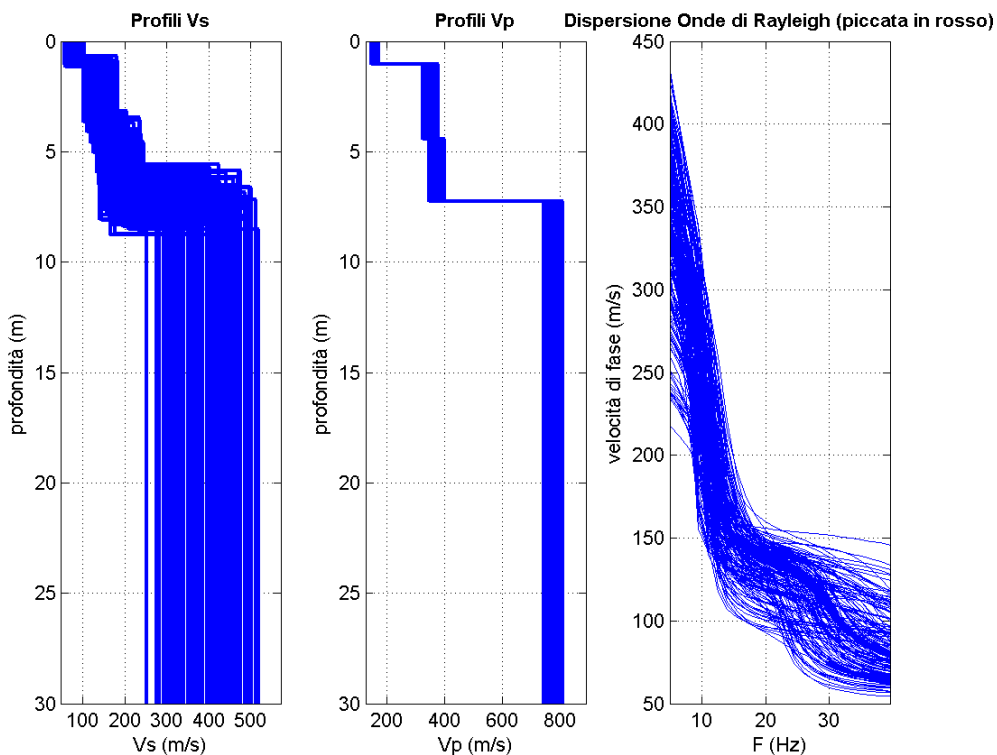


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

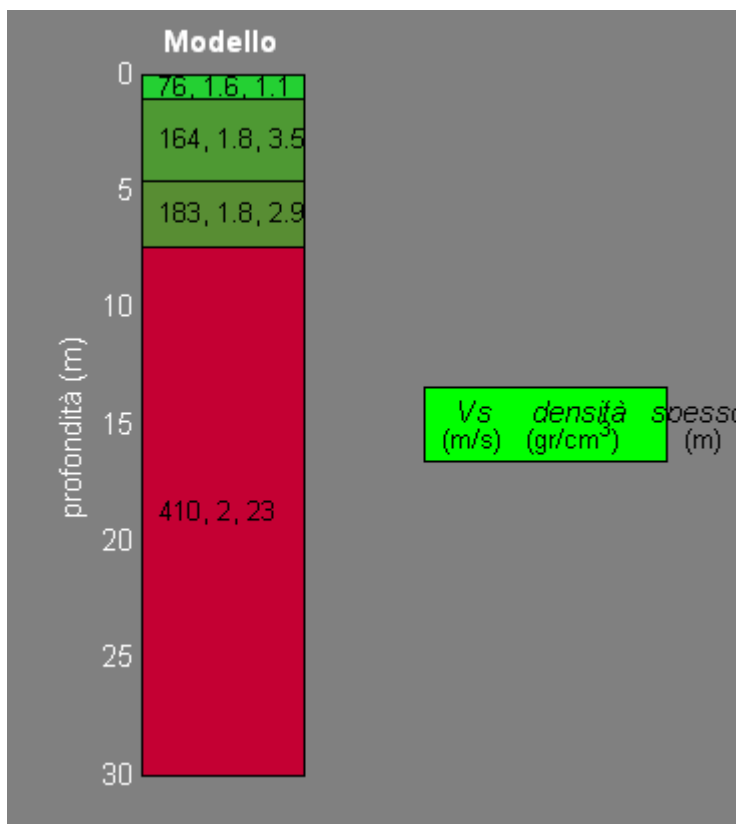


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi).

In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	1.1	1.1	76
2	4.6	3.5	164
3	7.5	2.9	183
4	30	semispazio	410

### CALCOLO MODULI ELASTICI

Il software "WinMASW 4.1 Std" della [Eliosoft](#) permette di calcolare una serie di moduli elastici a partire dai valori  $V_p$ ,  $V_s$  e densità. Si ricorda che la  $V_p$  stimata da analisi MASW non è da considerare reale in quanto calcolata in base al valore del modulo di Poisson impostato manualmente prima del lancio dell'inversione. L'unico modulo che possiamo considerare attendibile è il modulo di taglio, mentre tutti gli altri moduli possono essere considerati solo se:

- In fase di elaborazione vengono inserite le  $V_p$  ricavate da altri metodi d'indagine;
- In fase di elaborazione viene inserito il valore del Modulo di Poisson ricavato da prove di laboratorio.

<b>Modulo di Compressione</b> $\rho \cdot V_s^2 \cdot (k^2 - 4/3)$	<b>Modulo di Young</b> $\rho \cdot V_s^2 \cdot (4 - 3k^2) / (1 - k^2)$	<b>Modulo di Lamé</b> $\rho \cdot V_s^2 \cdot (k^2 - 2)$	<b>Modulo di Taglio</b> $\rho \cdot V_s^2$
---	---	---	---

### RIEPILOGO DATI

#### Modello medio

$V_s$  (m/s): 76, 164, 183, 410

Spessori (m): 1.1, 3.5, 2.9

Tipo di analisi: onde di Rayleigh

#### Stima approssimativa di $V_p$ , densità e moduli elastici

Stima  $V_p$  (m/s): 162, 343, 361, 766

Stima densità (gr/cm<sup>3</sup>): 1.61, 1.80, 1.81, 1.99

Stima modulo di Poisson: 0.36, 0.35, 0.33, 0.30

Stima modulo di taglio (MPa): 9, 48, 61, 334

Stima modulo di compressione (MPa): 30, 147, 155, 721

Stima modulo di Young (MPa): 25, 131, 161, 869

Stima modulo di Lamé (MPa): 24, 115, 115, 498

Considerato che nei primi 30 metri non è stato riconosciuto nessuno strato con  $V_s > 800$  m/s

$$V_s \text{ Equivalente} = V_{s30} = 283 \text{ m/s}$$

### CATEGORIA DI SUOLO DESUNTA

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della  $V_s$  e di conseguenza del parametro  $V_s$  Equivalentecalcolato alla quota del piano di campagna restituendo un valore pari a **283 m/se** pertanto la categoria di suolo di fondazione è **C -**

## 11. GEOTECNICA E SISMICA RACARRUME

Per la caratterizzazione dei luoghi costituenti l'area dell'impianto, in accordo con quanto previsto dalle NTC 2018 e Circolare Applicativa n° 7 del 21/01/2019, in prima istanza è stato eseguito un lavoro di ricerca e censimento dei dati di carattere geologico esistenti (sondaggi meccanici, prove di laboratorio e indagini penetrometriche). In particolare lo scrivente avendo redatto lo studio geologico del Parco Eolico Buseto e del Parco Eolico Giamboi-Blandano nei pressi del quale sarà realizzato l'impianto Fv Racarrume, ha utilizzato tutti i dati di carattere geognostico, geotecnico e geofisico ricavati in fase progettuale al fine di programmare la campagna d'indagini per la progettazione dell'impianto Fotovoltaico.

È stato elaborato un programma quali-quantitativo delle indagini necessarie a caratterizzare il substrato delle aree d'intervento. Sono state eseguite 4 prove penetrometriche dinamiche di tipo leggero (DL 030) che hanno consentito di caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente le aree d'intervento.

Nel dettaglio le prove Din 1 e Din 2 hanno consentito di caratterizzare i terreni presenti nella porzione Est dell'impianto mentre le prove Din 3 e Din 4 hanno consentito di caratterizzare la porzione ovest dell'impianto.

I risultati delle indagini eseguite hanno consentito di appurare che la porzione est dell'impianto è caratterizzata dalla presenza di un substrato resistente a circa 1,8 metri di profondità mentre nella porzione ovest le due prove eseguite hanno intercettato uno strato resistente a circa 2,8 metri evidenziando uno strato di alterazione più spesso.

### Campo Est

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C) Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 0,9	1.38	1.78	1.58	17,6	0,06	0,19
Da 0,9 a 1,7	1.39	1.88	1.64	17.8	0.08	0.25
Da 1,7 a 3,5	1.5	1.9	1.7	18.4	0.21	0.63
Da 3,5 in poi	1.67	2.12	1.90	19.6	0.38	1.75

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	116	0.39	0.25	214	1
Limi argillosi soffici	150	0.36	0	222	1
Limi argillosi duri	378	0.33	0	268	1
Argille molto dure	1050	0.3	0	407	1

### Categoria di suolo di fondazione Campo Est

Considerato che nei primi 30 metri non è stato riconosciuto nessuno strato con  $V_s > 800$  m/s

$$V_s \text{ Equivalente} = V_{s30} = 297 \text{ m/s}$$

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro  $V_s$  Equivalente calcolato alla quota del piano di campagna restituendo un valore pari a **297 m/se** pertanto la categoria di suolo di fondazione è **C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

### Campo Ovest

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C) Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 1,1	1.36	1.75	1.56	17,6	0,04	0,13
Da 1,1 a 2,4	1.43	1.85	1.64	17.9	0.13	0.38
Da 2,4 a 4,7	1.53	1.93	1.73	18.5	0.27	0.81
Da 4,7 in poi	1.65	2.09	1.87	19.3	0.34	1.63

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	116	0.39	0.25	207	1
Limi argillosi plastici	228	0.36	0	238	1
Limi argillosi duri	486	0.33	0	292	1
Argille molto dure	978	0.3	0	392	1

### Categoria di suolo di fondazione Campo Ovest

Considerato che nei primi 30 metri non è stato riconosciuto nessuno strato con  $V_s > 800$  m/s

$$V_s \text{ Equivalente} = V_{s30} = 339 \text{ m/s}$$

#### CATEGORIA DI SUOLO DESUNTA

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro VsEquivalente calcolato alla quota del piano di campagna restituendo un valore pari a **339 m/se** pertanto la categoria di suolo di fondazione è **C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.



## 11.1. Report Indagini penetrometriche

### Dispositivo per l'esecuzione delle indagini e sue caratteristiche

Dal punto di vista tecnico, la strumentazione utilizzata per eseguire le prove è data dal penetrometro dinamico medio del tipo DL30IT. Si tratta di un penetrometro dinamico medio - classificazione ISSMFE 1988 - con elevata capacità di acquisizione dati in ogni condizione d'uso. È dotato di estrattore idraulico e permette l'uso campionamento mediante coclea da  $\varnothing$  38mm.

I comandi sono posizionati sulla torre di infissione lasciando le mani libere, per una più agevole registrazione dei numeri di colpi in avanzamento.

#### Caratteristiche strumento

<b>Gruppo motore:</b>	Centralina oleodinamica a doppia funzione, poco ingombrante, leggera e potente; dotata di motore a scoppio, 3,5 Hp di potenza.
<b>Sistema d'infissione:</b>	Maglio oleodinamico del peso di 30 Kg con frequenza di battuta di 50-40 colpi/min, con base in acciaio trattato, dotata di alloggiamento per l'infissione di aste ( $\varnothing$ 22 mm). Altezza di caduta del maglio da 20 cm
<b>Colonna di guida ed estrattore idraulico:</b>	Struttura di guida per l'esecuzione della prova penetrometrica, per l'innalzamento automatico della massa battente, per l'estrazione idraulica delle aste, o del carotiere. Capacità estrazione circa 1500 kg.

### Esecuzione ed interpretazione delle indagini

Tale prova consiste nell'infiggere una punta conica avente angolo di 60° ed una superficie di 10 cm<sup>2</sup>, tramite una massa battente di 30 Kg. e volata 20 cm., contando il numero di colpi necessari per avanzare di 10 cm. L'utilizzo di più aste, giuntabili tra di loro, permette di raggiungere profondità di 10 metri e oltre misurando, durante l'avanzamento, la resistenza alla penetrazione.

Attraverso il conteggio del numero di colpi in avanzamento si riesce a desumere la resistenza alla penetrazione media per ogni strato. Durante la fase di interpretazione si procede all'individuazione dei vari strati discretizzando quelli accomunati dalla stessa resistenza alla penetrazione. Successivamente, tramite opportune formule, i valori di resistenza alla penetrazione sono trasformati in parametri fisici e meccanici caratterizzanti il terreno attraversato.

I parametri geotecnici riportati nelle tabelle riassuntive di seguito proposte sono stati ricavati da una elaborazione matematica dei dati di resistenza alla penetrazione registrati durante l'esecuzione della prova correlati ad un terreno con comportamento puramente coesivo o puramente granulare. Successivamente tali parametri dovranno essere opportunamente ridimensionati, attribuendo di volta in volta un fattore di ridimensionamento che tiene conto della natura coesiva, intermedia o granulare del terreno attraversato e del grado di consolidazione del deposito.



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

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente 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 1ª ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) ⇒ 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]                      M = peso massa battente (altezza caduta H)  
 e = infissione per colpo =  $\delta / N$                                       P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa ≈ 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

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	4	15,7	1	1,80 - 1,90	15	53,1	3
0,10 - 0,20	3	11,7	1	1,90 - 2,00	16	56,7	3
0,20 - 0,30	3	11,7	1	2,00 - 2,10	17	60,2	3
0,30 - 0,40	3	11,7	1	2,10 - 2,20	13	46,1	3
0,40 - 0,50	14	54,8	1	2,20 - 2,30	18	63,8	3
0,50 - 0,60	14	54,8	1	2,30 - 2,40	20	70,9	3
0,60 - 0,70	10	39,1	1	2,40 - 2,50	17	60,2	3
0,70 - 0,80	3	11,7	1	2,50 - 2,60	17	60,2	3
0,80 - 0,90	2	7,4	2	2,60 - 2,70	17	60,2	3
0,90 - 1,00	2	7,4	2	2,70 - 2,80	15	53,1	3
1,00 - 1,10	3	11,2	2	2,80 - 2,90	18	60,9	4
1,10 - 1,20	3	11,2	2	2,90 - 3,00	30	101,5	4
1,20 - 1,30	3	11,2	2	3,00 - 3,10	28	94,7	4
1,30 - 1,40	4	14,9	2	3,10 - 3,20	31	104,9	4
1,40 - 1,50	4	14,9	2	3,20 - 3,30	40	135,3	4
1,50 - 1,60	3	11,2	2	3,30 - 3,40	40	135,3	4
1,60 - 1,70	7	26,0	2	3,40 - 3,50	46	155,6	4
1,70 - 1,80	15	55,8	2	3,50 - 3,60	50	169,2	4

- 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) [  $\delta = 10 \text{ cm}$  ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Busetto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	1,90 - 2,00	16	56,7	3
0,10 - 0,20	4	15,7	1	2,00 - 2,10	14	49,6	3
0,20 - 0,30	4	15,7	1	2,10 - 2,20	10	35,4	3
0,30 - 0,40	4	15,7	1	2,20 - 2,30	9	31,9	3
0,40 - 0,50	4	15,7	1	2,30 - 2,40	9	31,9	3
0,50 - 0,60	4	15,7	1	2,40 - 2,50	11	39,0	3
0,60 - 0,70	4	15,7	1	2,50 - 2,60	11	39,0	3
0,70 - 0,80	4	15,7	1	2,60 - 2,70	11	39,0	3
0,80 - 0,90	4	14,9	2	2,70 - 2,80	12	42,5	3
0,90 - 1,00	5	18,6	2	2,80 - 2,90	12	40,6	4
1,00 - 1,10	5	18,6	2	2,90 - 3,00	10	33,8	4
1,10 - 1,20	4	14,9	2	3,00 - 3,10	13	44,0	4
1,20 - 1,30	6	22,3	2	3,10 - 3,20	18	60,9	4
1,30 - 1,40	6	22,3	2	3,20 - 3,30	18	60,9	4
1,40 - 1,50	5	18,6	2	3,30 - 3,40	16	54,1	4
1,50 - 1,60	5	18,6	2	3,40 - 3,50	20	67,7	4
1,60 - 1,70	6	22,3	2	3,50 - 3,60	31	104,9	4
1,70 - 1,80	12	44,6	2	3,60 - 3,70	36	121,8	4
1,80 - 1,90	15	53,1	3	3,70 - 3,80	42	142,1	4

- 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**

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Busetto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	2,90 - 3,00	17	57,5	4
0,10 - 0,20	1	3,9	1	3,00 - 3,10	18	60,9	4
0,20 - 0,30	1	3,9	1	3,10 - 3,20	18	60,9	4
0,30 - 0,40	1	3,9	1	3,20 - 3,30	19	64,3	4
0,40 - 0,50	1	3,9	1	3,30 - 3,40	18	60,9	4
0,50 - 0,60	2	7,8	1	3,40 - 3,50	17	57,5	4
0,60 - 0,70	3	11,7	1	3,50 - 3,60	16	54,1	4
0,70 - 0,80	3	11,7	1	3,60 - 3,70	15	50,8	4
0,80 - 0,90	3	11,2	2	3,70 - 3,80	15	50,8	4
0,90 - 1,00	4	14,9	2	3,80 - 3,90	16	51,8	5
1,00 - 1,10	4	14,9	2	3,90 - 4,00	17	55,0	5
1,10 - 1,20	5	18,6	2	4,00 - 4,10	18	58,3	5
1,20 - 1,30	7	26,0	2	4,10 - 4,20	21	68,0	5
1,30 - 1,40	8	29,8	2	4,20 - 4,30	22	71,2	5
1,40 - 1,50	9	33,5	2	4,30 - 4,40	22	71,2	5
1,50 - 1,60	7	26,0	2	4,40 - 4,50	23	74,5	5
1,60 - 1,70	7	26,0	2	4,50 - 4,60	22	71,2	5
1,70 - 1,80	7	26,0	2	4,60 - 4,70	21	68,0	5
1,80 - 1,90	9	31,9	3	4,70 - 4,80	26	84,2	5
1,90 - 2,00	9	31,9	3	4,80 - 4,90	28	86,9	6
2,00 - 2,10	9	31,9	3	4,90 - 5,00	30	93,1	6
2,10 - 2,20	11	39,0	3	5,00 - 5,10	32	99,3	6
2,20 - 2,30	9	31,9	3	5,10 - 5,20	34	105,5	6
2,30 - 2,40	8	28,3	3	5,20 - 5,30	38	117,9	6
2,40 - 2,50	10	35,4	3	5,30 - 5,40	42	130,3	6
2,50 - 2,60	11	39,0	3	5,40 - 5,50	46	142,8	6
2,60 - 2,70	12	42,5	3	5,50 - 5,60	48	149,0	6
2,70 - 2,80	15	53,1	3	5,60 - 5,70	48	149,0	6
2,80 - 2,90	15	50,8	4	5,70 - 5,80	---	---	6

- 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) [δ = 10 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	2,90 - 3,00	15	50,8	4
0,10 - 0,20	1	3,9	1	3,00 - 3,10	15	50,8	4
0,20 - 0,30	2	7,8	1	3,10 - 3,20	16	54,1	4
0,30 - 0,40	1	3,9	1	3,20 - 3,30	18	60,9	4
0,40 - 0,50	1	3,9	1	3,30 - 3,40	18	60,9	4
0,50 - 0,60	2	7,8	1	3,40 - 3,50	17	57,5	4
0,60 - 0,70	1	3,9	1	3,50 - 3,60	16	54,1	4
0,70 - 0,80	2	7,8	1	3,60 - 3,70	17	57,5	4
0,80 - 0,90	2	7,4	2	3,70 - 3,80	15	50,8	4
0,90 - 1,00	4	14,9	2	3,80 - 3,90	15	48,6	5
1,00 - 1,10	5	18,6	2	3,90 - 4,00	16	51,8	5
1,10 - 1,20	5	18,6	2	4,00 - 4,10	17	55,0	5
1,20 - 1,30	6	22,3	2	4,10 - 4,20	19	61,5	5
1,30 - 1,40	7	26,0	2	4,20 - 4,30	20	64,7	5
1,40 - 1,50	7	26,0	2	4,30 - 4,40	20	64,7	5
1,50 - 1,60	8	29,8	2	4,40 - 4,50	22	71,2	5
1,60 - 1,70	7	26,0	2	4,50 - 4,60	21	68,0	5
1,70 - 1,80	7	26,0	2	4,60 - 4,70	20	64,7	5
1,80 - 1,90	8	28,3	3	4,70 - 4,80	22	71,2	5
1,90 - 2,00	7	24,8	3	4,80 - 4,90	23	71,4	6
2,00 - 2,10	8	28,3	3	4,90 - 5,00	24	74,5	6
2,10 - 2,20	9	31,9	3	5,00 - 5,10	26	80,7	6
2,20 - 2,30	10	35,4	3	5,10 - 5,20	29	90,0	6
2,30 - 2,40	10	35,4	3	5,20 - 5,30	32	99,3	6
2,40 - 2,50	10	35,4	3	5,30 - 5,40	33	102,4	6
2,50 - 2,60	9	31,9	3	5,40 - 5,50	35	108,6	6
2,60 - 2,70	11	39,0	3	5,50 - 5,60	39	121,0	6
2,70 - 2,80	12	42,5	3	5,60 - 5,70	44	136,6	6
2,80 - 2,90	13	44,0	4	5,70 - 5,80	48	149,0	6

- 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) [  $\delta = 10 \text{ cm}$  ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- committente :	Laap Architects	- data :	01/02/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Busetto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	2,40 - 2,50	15	53,1	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	2,50 - 2,60	15	53,1	3
0,20 - 0,30	1	3,9	1	2,60 - 2,70	15	53,1	3
0,30 - 0,40	1	3,9	1	2,70 - 2,80	15	53,1	3
0,40 - 0,50	2	7,8	1	2,80 - 2,90	17	57,5	4
0,50 - 0,60	3	11,7	1	2,90 - 3,00	24	81,2	4
0,60 - 0,70	5	19,6	1	3,00 - 3,10	17	57,5	4
0,70 - 0,80	6	23,5	1	3,10 - 3,20	14	47,4	4
0,80 - 0,90	6	22,3	2	3,20 - 3,30	14	47,4	4
0,90 - 1,00	6	22,3	2	3,30 - 3,40	12	40,6	4
1,00 - 1,10	6	22,3	2	3,40 - 3,50	17	57,5	4
1,10 - 1,20	6	22,3	2	3,50 - 3,60	27	91,4	4
1,20 - 1,30	21	78,1	2	3,60 - 3,70	32	108,3	4
1,30 - 1,40	11	40,9	2	3,70 - 3,80	32	108,3	4
1,40 - 1,50	8	29,8	2	3,80 - 3,90	34	110,1	5
1,50 - 1,60	7	26,0	2	3,90 - 4,00	32	103,6	5
1,60 - 1,70	7	26,0	2	4,00 - 4,10	30	97,1	5
1,70 - 1,80	10	37,2	2	4,10 - 4,20	32	103,6	5
1,80 - 1,90	11	39,0	3	4,20 - 4,30	34	110,1	5
1,90 - 2,00	12	42,5	3	4,30 - 4,40	35	113,3	5
2,00 - 2,10	14	49,6	3	4,40 - 4,50	36	116,5	5
2,10 - 2,20	13	46,1	3	4,50 - 4,60	38	123,0	5
2,20 - 2,30	21	74,4	3	4,60 - 4,70	42	136,0	5
2,30 - 2,40	18	63,8	3	4,70 - 4,80	44	142,4	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)** [  $\delta = 10 \text{ cm}$  ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 6**

- committente :	Laap Architects	- data :	01/02/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	1,60 - 1,70	10	37,2	2
0,10 - 0,20	1	3,9	1	1,70 - 1,80	11	40,9	2
0,20 - 0,30	1	3,9	1	1,80 - 1,90	9	31,9	3
0,30 - 0,40	1	3,9	1	1,90 - 2,00	10	35,4	3
0,40 - 0,50	1	3,9	1	2,00 - 2,10	9	31,9	3
0,50 - 0,60	2	7,8	1	2,10 - 2,20	9	31,9	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,20 - 2,30	13	46,1	3
0,70 - 0,80	2	7,8	1	2,30 - 2,40	12	42,5	3
0,80 - 0,90	2	7,4	2	2,40 - 2,50	23	81,5	3
0,90 - 1,00	3	11,2	2	2,50 - 2,60	21	74,4	3
1,00 - 1,10	3	11,2	2	2,60 - 2,70	18	63,8	3
1,10 - 1,20	3	11,2	2	2,70 - 2,80	40	141,7	3
1,20 - 1,30	2	7,4	2	2,80 - 2,90	45	152,3	4
1,30 - 1,40	3	11,2	2	2,90 - 3,00	46	155,6	4
1,40 - 1,50	3	11,2	2	3,00 - 3,10	52	175,9	4
1,50 - 1,60	5	18,6	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**) [δ = 10 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 7

- committente :	Laap Architects	- data :	01/02/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Busetto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	1,10 - 1,20	3	11,2	2
0,10 - 0,20	1	3,9	1	1,20 - 1,30	3	11,2	2
0,20 - 0,30	1	3,9	1	1,30 - 1,40	4	14,9	2
0,30 - 0,40	1	3,9	1	1,40 - 1,50	4	14,9	2
0,40 - 0,50	1	3,9	1	1,50 - 1,60	7	26,0	2
0,50 - 0,60	1	3,9	1	1,60 - 1,70	9	33,5	2
0,60 - 0,70	1	3,9	1	1,70 - 1,80	11	40,9	2
0,70 - 0,80	1	3,9	1	1,80 - 1,90	8	28,3	3
0,80 - 0,90	1	3,7	2	1,90 - 2,00	9	31,9	3
0,90 - 1,00	2	7,4	2	2,00 - 2,10	80	283,5	3
1,00 - 1,10	3	11,2	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 : **NO**



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

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

**DIN 1**

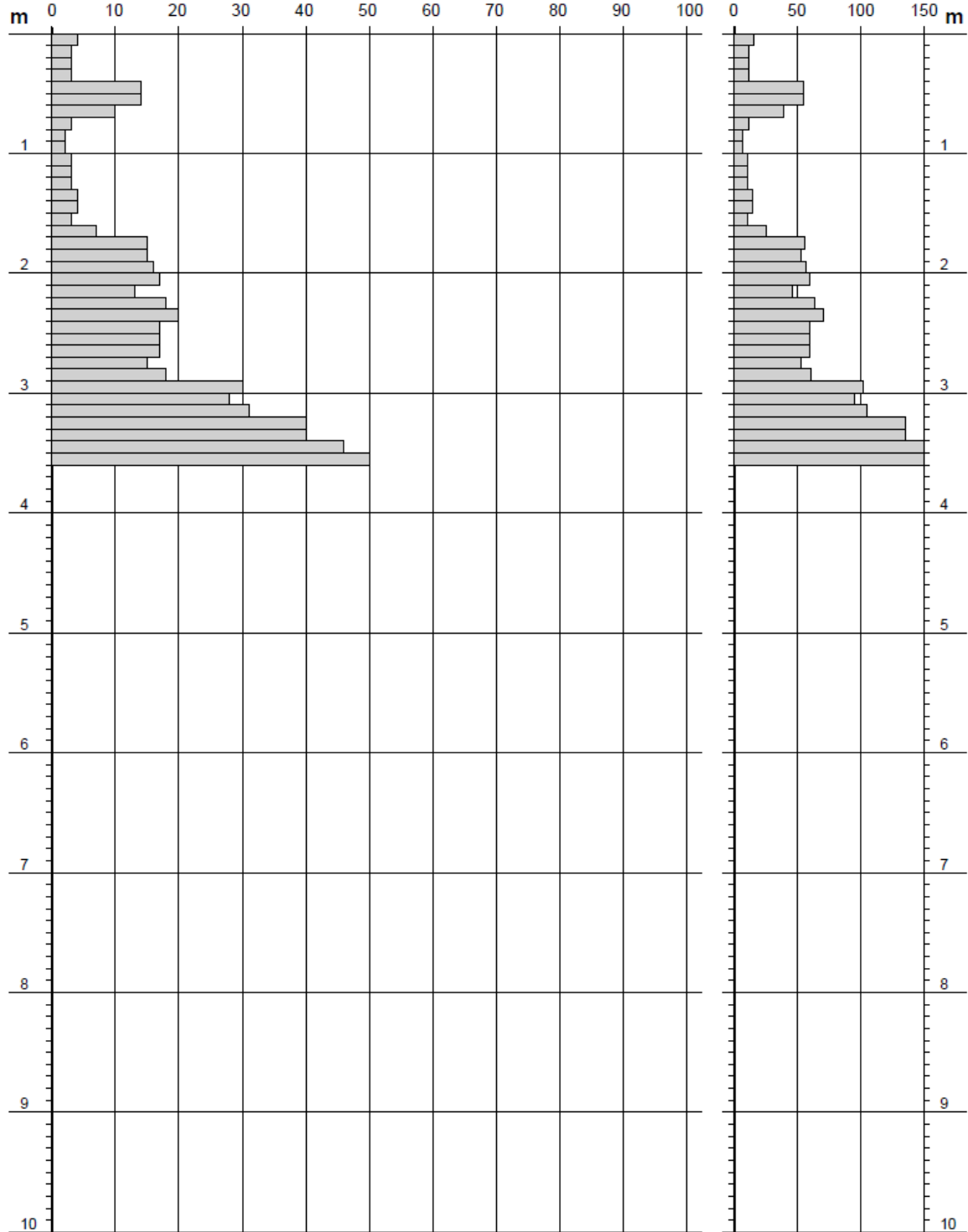
Scala 1: 50

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume  
 - località : Buseto Palizzolo (Tp)  
 - note :

- data : 27/01/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

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

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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

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

**DIN 2**

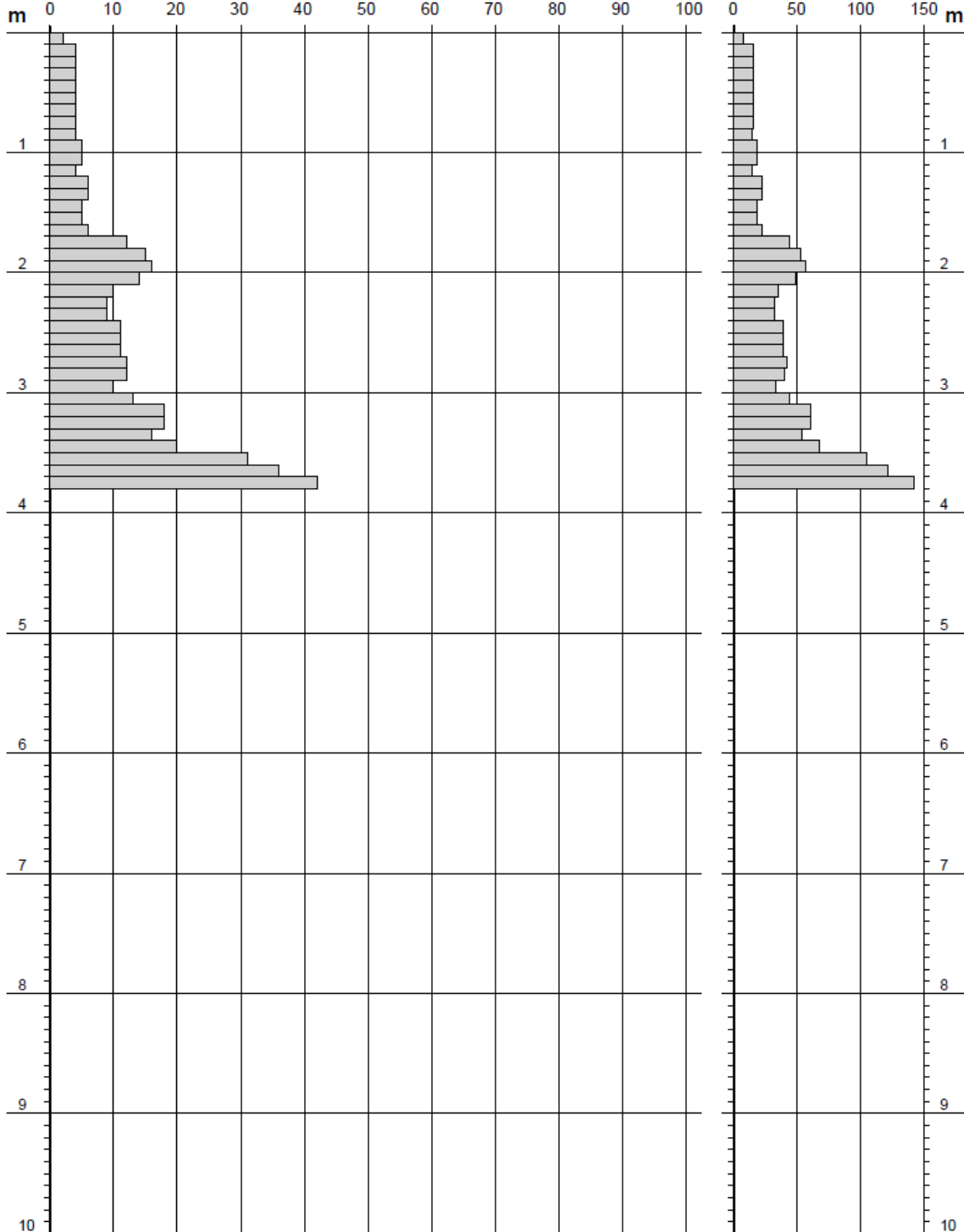
Scala 1: 50

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume  
 - località : Buseto Palizzolo (Tp)  
 - note :

- data : 27/01/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

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

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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

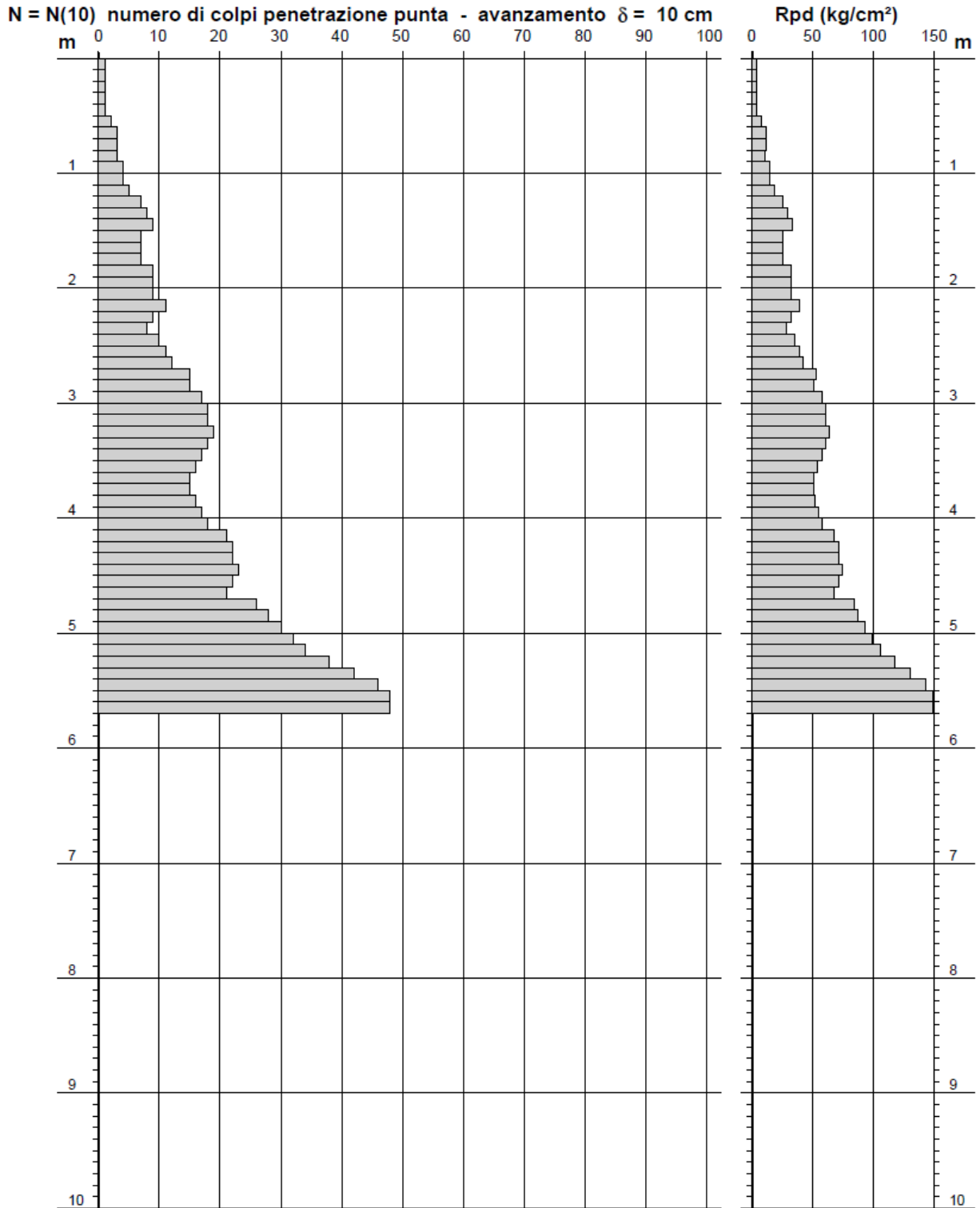
Riferimento: 06-93

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

**DIN 3**

Scala 1: 50

- |                 |   |                  |                    |
|-----------------|---|------------------|--------------------|
| - committente : | Laap Architects                               | - data :         | 27/01/2023         |
| - lavoro :      | Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume | - quota inizio : | Piano di campagna  |
| - località :    | Buseto Palizzolo (Tp)                         | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :        |   | - pagina :       | 1                  |



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DIN 4**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

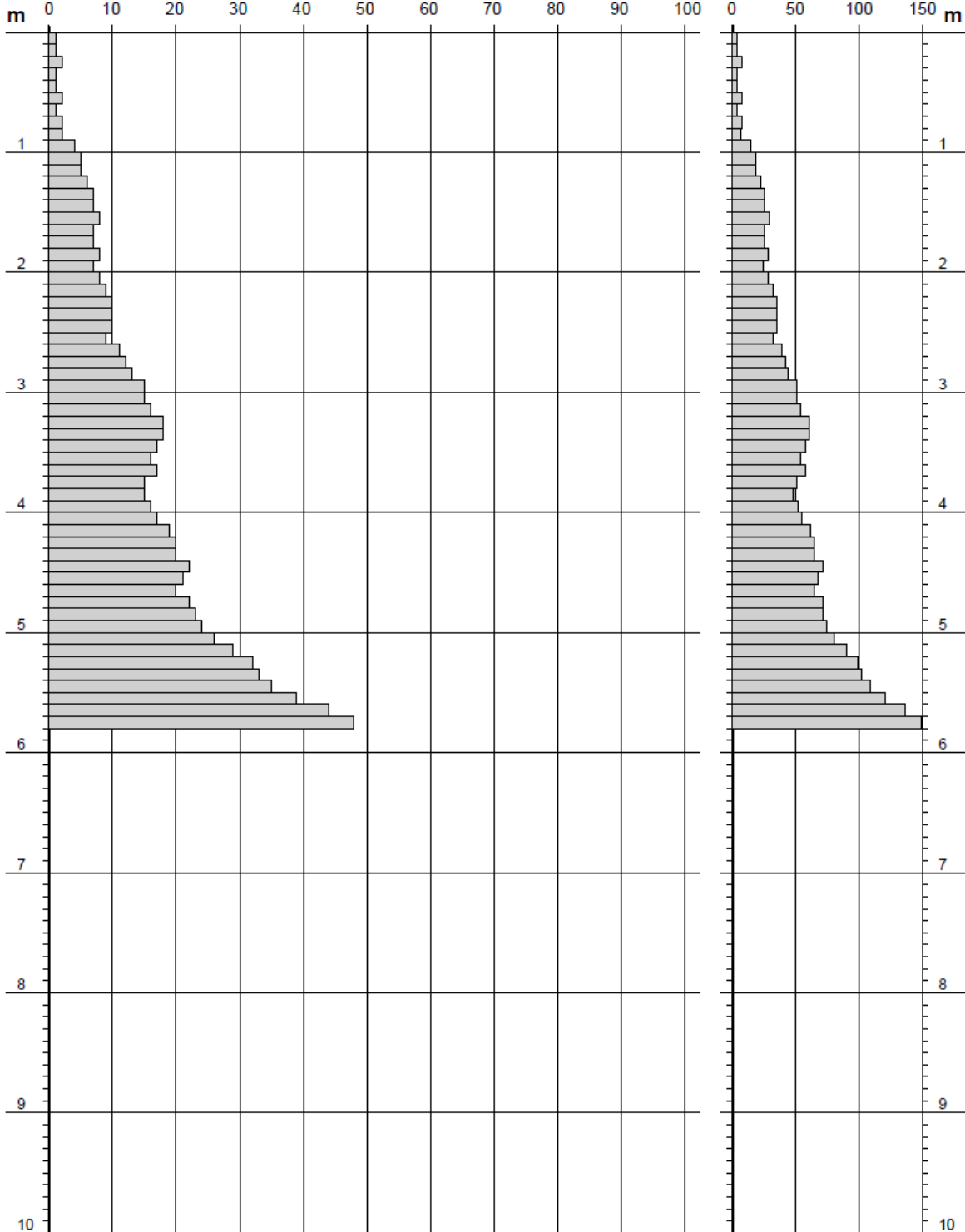
Scala 1: 50

- committente : Laap Architects
- lavoro : Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume
- località : Buseto Palizzolo (Tp)
- note :

- data : 27/01/2023
- quota inizio : Piano di campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

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

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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DIN 5**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

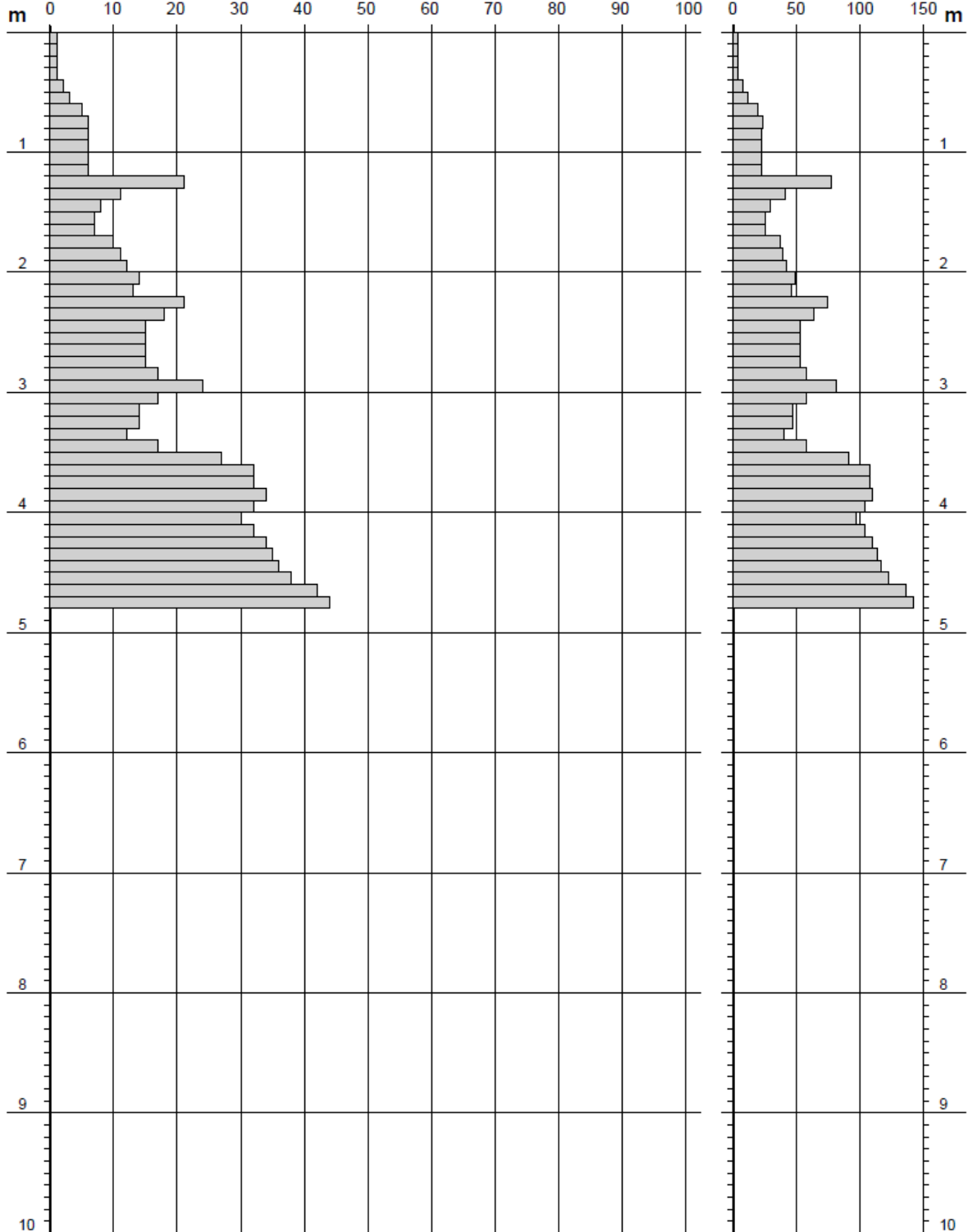
Scala 1: 50

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume  
 - località : Buseto Palizzolo (Tp)  
 - note :

- data : 01/02/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

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

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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DIN 6**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

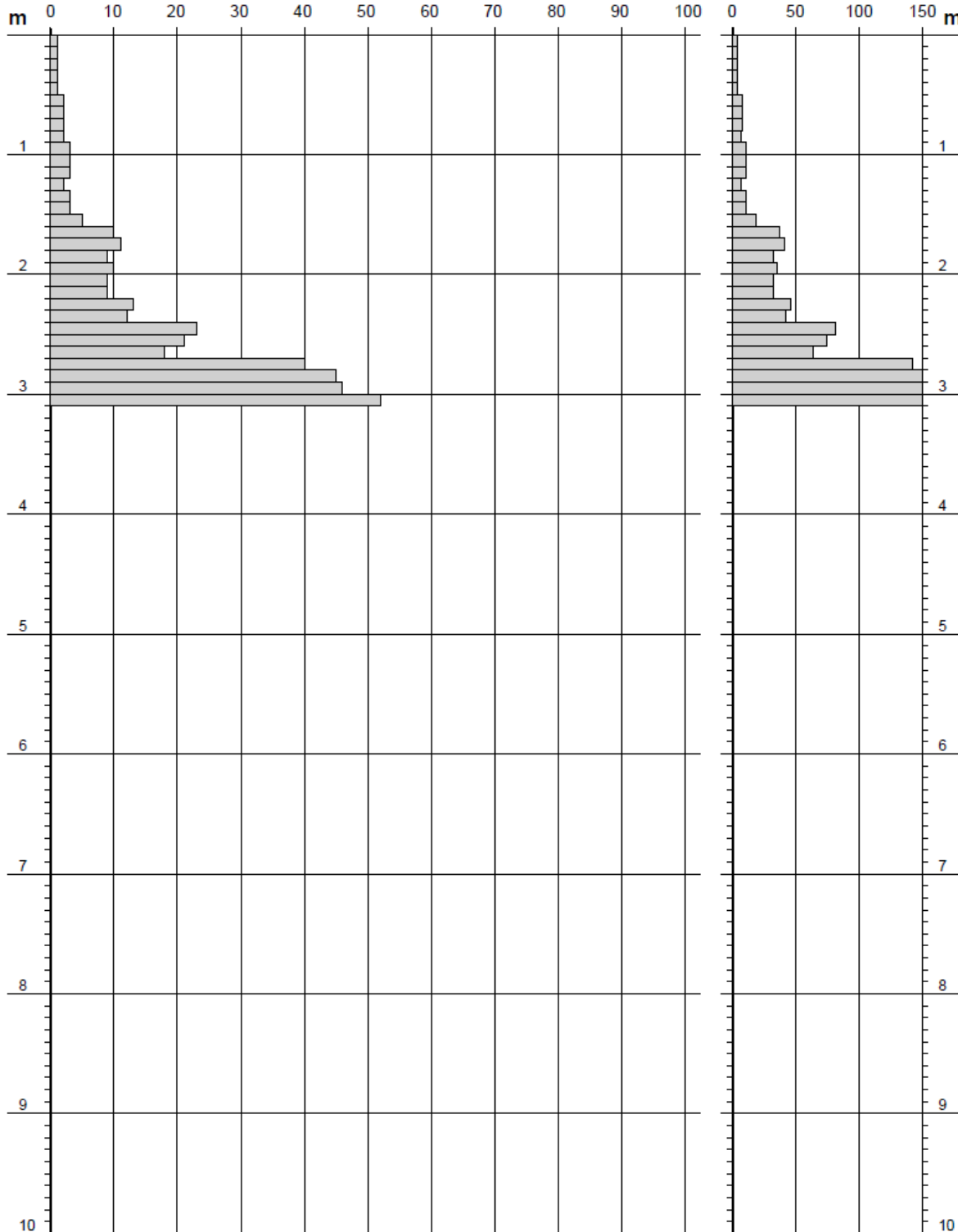
Scala 1: 50

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume  
 - località : Buseto Palizzolo (Tp)  
 - note :

- data : 01/02/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

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

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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

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

**DIN 7**

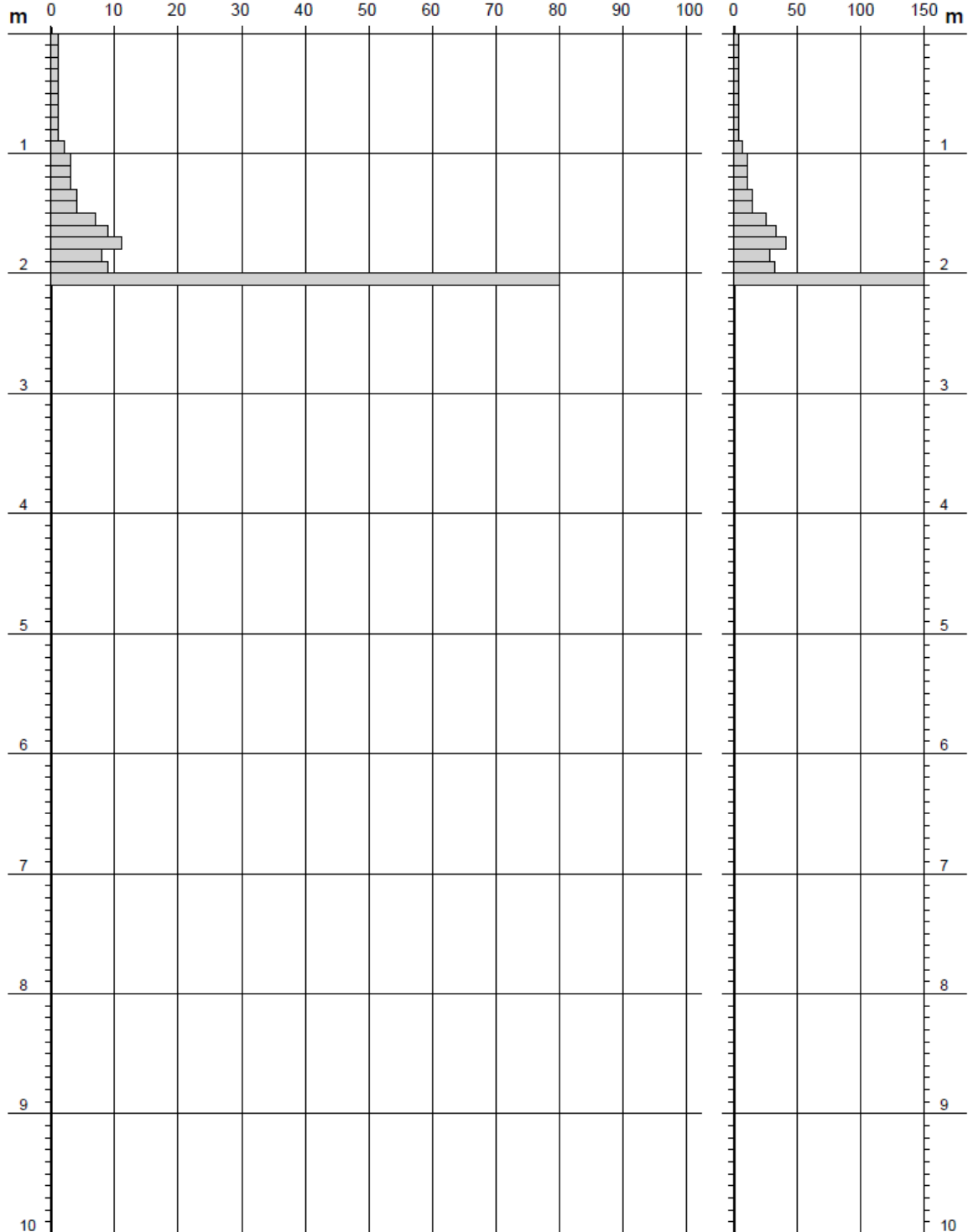
Scala 1: 50

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume  
 - località : Buseto Palizzolo (Tp)  
 - note :

- data : 01/02/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

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

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



## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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 0,40	N	3,3	3	4	3,1	---	---	---	3	0,77	2
		Rpd	12,7	12	16	12,2	---	---	---			
2	0,40 1,70	N	5,5	2	14	3,8	4,4	1,2	9,9	6	0,77	5
		Rpd	21,2	7	55	14,3	17,2	4,0	38,4			
3	1,70 2,90	N	16,5	13	20	14,8	1,8	14,7	18,3	16	0,77	12
		Rpd	58,4	46	71	52,3	6,2	52,3	64,6			
4	2,90 3,60	N	37,9	28	50	32,9	8,5	29,4	46,3	38	0,77	29
		Rpd	128,1	95	169	111,4	28,6	99,5	156,7			

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 0.40		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.40 1.70		5	18.3	28.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	1.70 2.90		12	38.0	30.6	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842
4	2.90 3.60		29	63.5	35.7	415	2.05	1.68	1.81	2.13	19	0.506

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





## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	4	2,9	---	3,1	4,4	4	0,77	3
		Rpd	14,7	8	16	11,3	2,6	12,1	17,3			
2	0,90 1,70	N	5,3	4	6	4,6	---	4,5	6,0	5	0,77	4
		Rpd	19,5	15	22	17,2	2,6	16,9	22,2			
3	1,70 3,50	N	13,2	9	20	11,1	3,3	9,9	16,5	13	0,77	10
		Rpd	45,8	32	68	38,9	10,9	34,9	56,7			
4	3,50 3,80	N	36,3	31	42	33,7	---	---	---	36	0,77	28
		Rpd	122,9	105	142	113,9	---	---	---			

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 2

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.90		3	11.3	27.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.90 1.70		4	15.0	27.6	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
3	1.70 3.50		10	35.0	30.0	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
4	3.50 3.80		28	62.0	35.4	407	2.04	1.67	1.75	2.12	19	0.522

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



## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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 1,10	N	2,2	1	4	1,6	1,3	---	3,4	2	0,77	2
		Rpd	8,3	4	15	6,1	4,6	3,7	13,0			
2	1,10 2,40	N	8,1	5	11	6,5	1,5	6,6	9,6	8	0,77	6
		Rpd	29,3	19	39	23,9	5,0	24,3	34,3			
3	2,40 4,70	N	17,3	10	23	13,7	3,5	13,8	20,9	17	0,77	13
		Rpd	57,7	35	75	46,6	10,5	47,3	68,2			
4	4,70 5,80	N	33,8	0	48	16,9	13,8	20,1	47,6	34	0,77	26
		Rpd	105,3	0	149	52,6	42,5	62,8	147,8			

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 1.10		2	7.5	26.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	1.10 2.40		6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	2.40 4.70		13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
4	4.70 5.80		26	59.0	34.8	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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 4**

- committente :	Laap Architects	- data :	27/01/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	1,4	1	2	1,2	---	---	2,0	1	0,77	1
		Rpd	5,6	4	8	4,8	2,0	3,6	7,6			
2	0,90 2,60	N	7,5	4	10	5,7	1,8	5,7	9,3	8	0,77	6
		Rpd	27,0	15	35	21,0	6,1	21,0	33,1			
3	2,60 4,70	N	16,8	11	22	13,9	2,9	13,9	19,7	17	0,77	13
		Rpd	55,9	39	71	47,4	8,6	47,3	64,4			
4	4,70 5,80	N	32,3	22	48	27,1	8,6	23,6	40,9	32	0,77	25
		Rpd	100,4	71	149	85,8	26,5	73,9	126,9			

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 4**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.90		1	3.8	26.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
2	0.90 2.60		6	21.7	28.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	2.60 4.70		13	39.5	30.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
4	4.70 5.80		25	57.5	34.5	384	2.02	1.64	1.56	2.08	21	0.574

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



## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- committente :	Laap Architects	- data :	01/02/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Busetto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	2,0	1	5	1,5	1,5	---	3,5	2	0,77	2
		Rpd	7,8	4	20	5,9	6,0	1,8	13,8			
2	0,70 1,70	N	8,4	6	21	7,2	4,7	3,7	13,1	8	0,77	6
		Rpd	31,4	22	78	26,8	17,4	14,0	48,8			
3	1,70 3,50	N	15,2	10	24	12,6	3,5	11,8	18,7	15	0,77	11
		Rpd	53,0	37	81	45,1	11,5	41,5	64,6			
4	3,50 4,80	N	34,5	27	44	30,7	4,7	29,8	39,1	34	0,77	26
		Rpd	112,6	91	142	102,0	14,3	98,3	126,9			

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 5

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.70		2	7.5	16.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.70 1.70		6	21.7	18.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	1.70 3.50		11	36.5	20.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
4	3.50 4.80		26	59.0	24.8	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



## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente :	Laap Architects	- data :	01/02/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Buseto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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 1,50	N	2,0	1	3	1,5	---	1,2	2,8	2	0,77	2
		Rpd	7,6	4	11	5,7	3,1	4,5	10,6			
2	1,50 2,70	N	12,5	5	23	8,8	5,4	7,1	17,9	12	0,77	9
		Rpd	44,7	19	82	31,6	18,9	25,8	63,6			
3	2,70 3,10	N	45,8	40	52	42,9	---	---	---	46	0,77	35
		Rpd	156,4	142	176	149,1	---	---	---			

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 6

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.50		2	7.5	16.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
				9	31.7	19.6	261	1.92	1.48	0.56	1.89	34
3	2.70 3.10		35	70.0	27.3	461	2.08	1.73	2.19	2.20	15	0.415

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



## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 06-93

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- committente :	Laap Architects	- data :	01/02/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto fotovoltaico Racarrume	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Busetto Palizzolo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

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	1,0	1	1	1,0	---	1,0	1,0	1	0,77	1
		Rpd	3,9	4	4	3,8	---	3,8	4,0	4		
2	0,90 2,00	N	5,7	2	11	3,9	3,1	2,6	8,9	6	0,77	5
		Rpd	21,0	7	41	14,2	11,4	9,6	32,4	22		
3	2,00 2,10	N	80,0	80	80	80,0	---	---	---	80	0,77	61
		Rpd	283,5	284	284	283,5	---	---	---	284		

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 7

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.90		1	3.8	16.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
2	0.90 2.00		5	18.3	18.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	2.00 2.10		61	89.1	22.7	662	2.17	1.89	3.81	2.52	05	0.121

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



## 12. CONCLUSIONI

L'impianto in progetto ricade all'interno dei territori comunali di Buseto Palizzolo e Valderice (TP). L'area dell'impianto di produzione è posizionata su un'area caratterizzata per lo più da litotipi coesivi e pseudocoesivi con discrete caratteristiche geotecniche che per la conformazione morfologica dei luoghi non destano problemi di stabilità.

Non si rilevano dissesti interferenti con le strutture in progetto né tanto meno evidenze che lascino presagire dei dissesti potenziali. Si ritiene che i siti d'intervento siano geomorfologicamente idonei ad accogliere le strutture progettate e che le stesse non interferiscano negativamente con l'assetto geomorfologico del territorio.

Anche le opere di connessione saranno realizzate in un'area priva di dissesti in cui le condizioni morfologiche sub-pianeggianti sono ostative all'innescio di fenomenologie morfo-degradanti.

Tutto ciò permette di dedurre che nelle sedi d'intervento vi siano condizioni geomorfologicamente favorevoli alla realizzazione delle strutture dell'impianto fotovoltaico e che le stesse non pregiudichino l'assetto geomorfologico del territorio.

Dal punto di vista sismico viste le considerazioni fatte ai precedenti paragrafi, l'assenza di faglie attive nelle vicinanze, la mancanza di elementi che possano indurre fenomeni di liquefazione, nonché di condizioni che possano indurre fenomeni di amplificazione sismica ai siti d'intervento, si ritiene che non ci siano condizioni pregiudizievoli o limitanti nei confronti delle strutture in progetto. Dal punto di vista geotecnico e sismico si è cercato di analizzare i contesti sito-specifici per fornire gli elementi numerici utili alla progettazione di livello definitivo. Le indagini eseguite hanno consentito di appurare che le strutture dell'impianto ricadono su terreni a comportamento coesivo/pseudocoerenti (argille/marne) ed in modesta parte su terreni coerenti (calcareniti/calcolutiti). Grazie alle indagini eseguite è stato possibile fornire i parametri fisici e meccanici utili al dimensionamento delle strutture di fondazione. Anche dal punto di vista sismico sono stati forniti i dati di input per calcolare le sollecitazioni attese desunte dallo studio della morfologia dei luoghi e dalla tipologia di categoria di suolo di fondazione. Quest'ultima calcolata attraverso l'ausilio di indagini specifiche (Masw) ha consentito di ricavare la categoria di suolo di fondazione per tutte le varie aree interessate dalle strutture. Tanto doveva il sottoscritto a seguito dell'incarico ricevuto ed espletato.