



**REGIONE SICILIA  
PROVINCIA DI PALERMO  
COMUNE DI BOLOGNETTA**



# PROGETTO DEFINITIVO

Descrizione

Impianto agro-fotovoltaico denominato "TUMMINIA 2" ubicato nel comune di Bolognetta (PA), con potenza di immisione pari a 69 MW

Titolo elaborato

## RELAZIONE GEOLOGICA

Codifica interna elaborato

Codice elaborato

n° Tavola

Formato

Scala

Riproduzione o consegna a terzi solo dietro specifica autorizzazione

Proponente



**Solaria**  
Solaria Promozione e Sviluppo Fotovoltaico srl

Via Sardegna 38  
00187 Roma (RM)  
solariapromozionesviluppofotovoltaico@legalmail.com

Progettazione



**GEOLOGO  
GIANCRISTIANO FRANCHINO**

GEOLOGIA-GEOFISICA  
IDROGEOLOGIA  
85050 BRIENZA - 85100 POTENZA  
CELL. 3470376846

**GEOLOGO**  
Dott. Geol. Franchino Giancristiano



Data	n° revisione	Motivo della revisione	Redatto	Controllato	Approvato

## SOMMARIO

COLLOCAZIONE GEOGRAFICA DELL'INTERVENTO .....	3
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SICILIA.....	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO-REGIONALE .....	7
CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DI DETTAGLIO.....	8
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE .....	10
PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW .....	36
GENERALITÀ SULLA METODOLOGIA MASW .....	38
ACQUISIZIONE DEI DATI .....	40
ELABORAZIONE MASW 1.....	43
ELABORAZIONE MASW 2.....	46
ELABORAZIONE MASW 3.....	49
ELABORAZIONE MASW 4.....	52
ELABORAZIONE MASW 5.....	55
PERICOLOSITÀ SISMICA E SISMICITA' STORICA DEL SITO.....	64
VALUTAZIONI CONCLUSIVE.....	26

## **PREMESSA**

Lo scrivente su incarico ricevuto dalla società “Società Solaria - Promozione Sviluppo Fotovoltaico S.r.l” ha redatto il presente studio geologico relativo al progetto di un impianto fotovoltaico con potenza di immissione pari a 69 MW da realizzare in località Tumminia in agro del comune di Bolognetta (PA).

Lo studio geologico eseguito fornisce una descrizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, sismiche e geotecniche delle aree di progetto.

Lo studio geologico-tecnico è stato eseguito in ottemperanza alla normativa vigente:

- D.M. 14.01.2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”.
- “Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico vigente dell’Autorità di Bacino Distrettuale della Sicilia”.

Lo studio ha previsto una fase di campagna con sopralluoghi e rilevamento geologico, seguita da una campagna di indagini geognostiche consistenti in prospezioni sismiche di tipo Masw (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) per la caratterizzazione sismica dei terreni del sottosuolo ed in prove penetrometriche dinamiche continue (DPM30) per la caratterizzazione geotecnica dei terreni del sottosuolo più direttamente interessati dalla realizzazione delle opere progettuali.

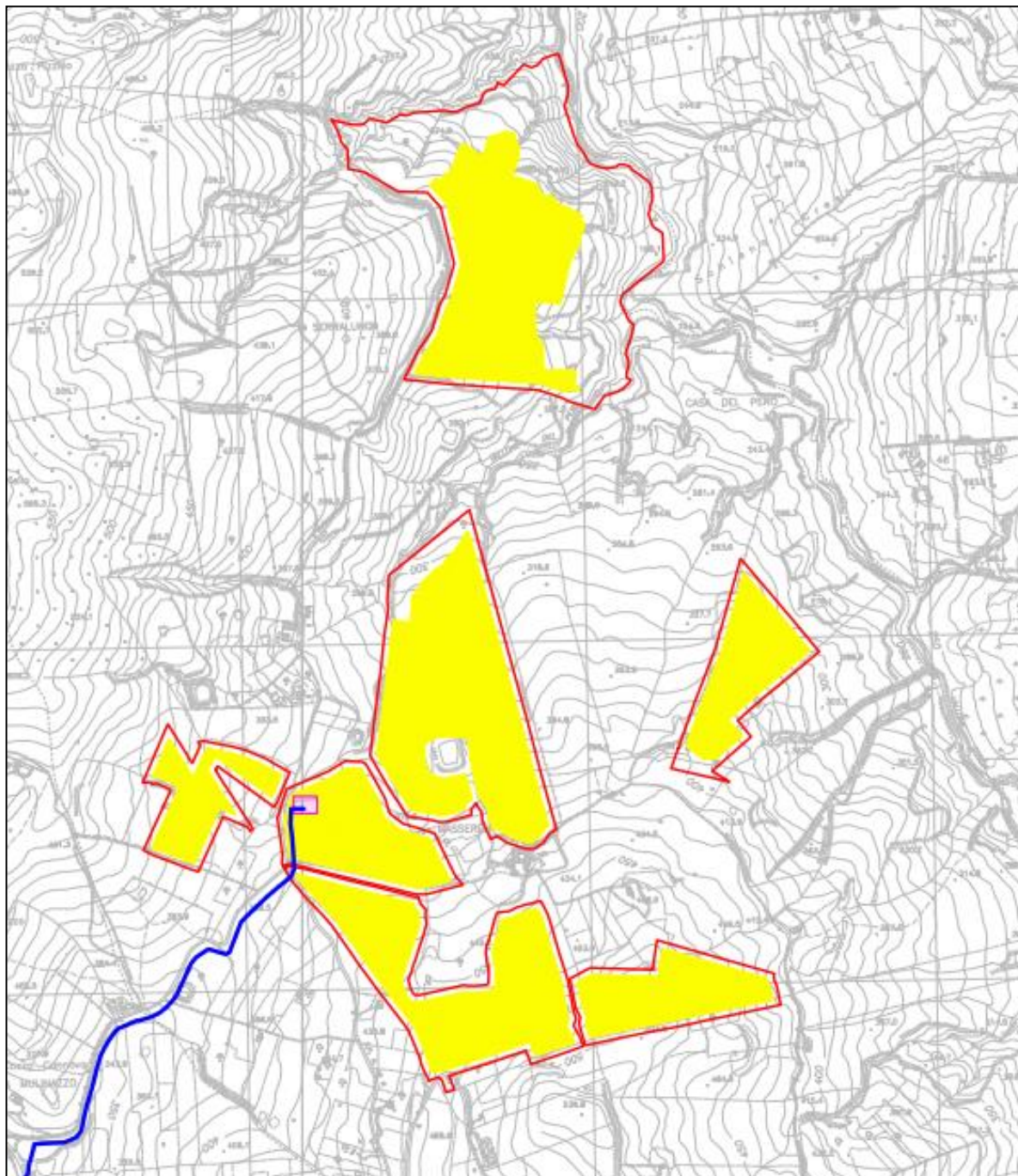
## **ALLEGATI – TAVOLE GRAFICHE:**

- ✓ Carta Geologica.
- ✓ Carta Geomorfologica.
- ✓ Carta idrogeologica.
- ✓ Sezioni Geologiche.
- ✓ Carta di ubicazione delle indagini geognostiche.

## **COLLOCAZIONE GEOGRAFICA DELL'INTERVENTO**

Il sito di intervento è situato in contrada Tumminia ad est dell'abitato di Bolognetta (PA).

Da un punto vista cartografico rientra nella Tavoleta F° 259 IV NO "Ventimiglia di Sicilia" (Istituto Geografico Militare I.G.M.) e nelle sezioni 608030, 608060 e 608070 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R), a scala 1:10000.

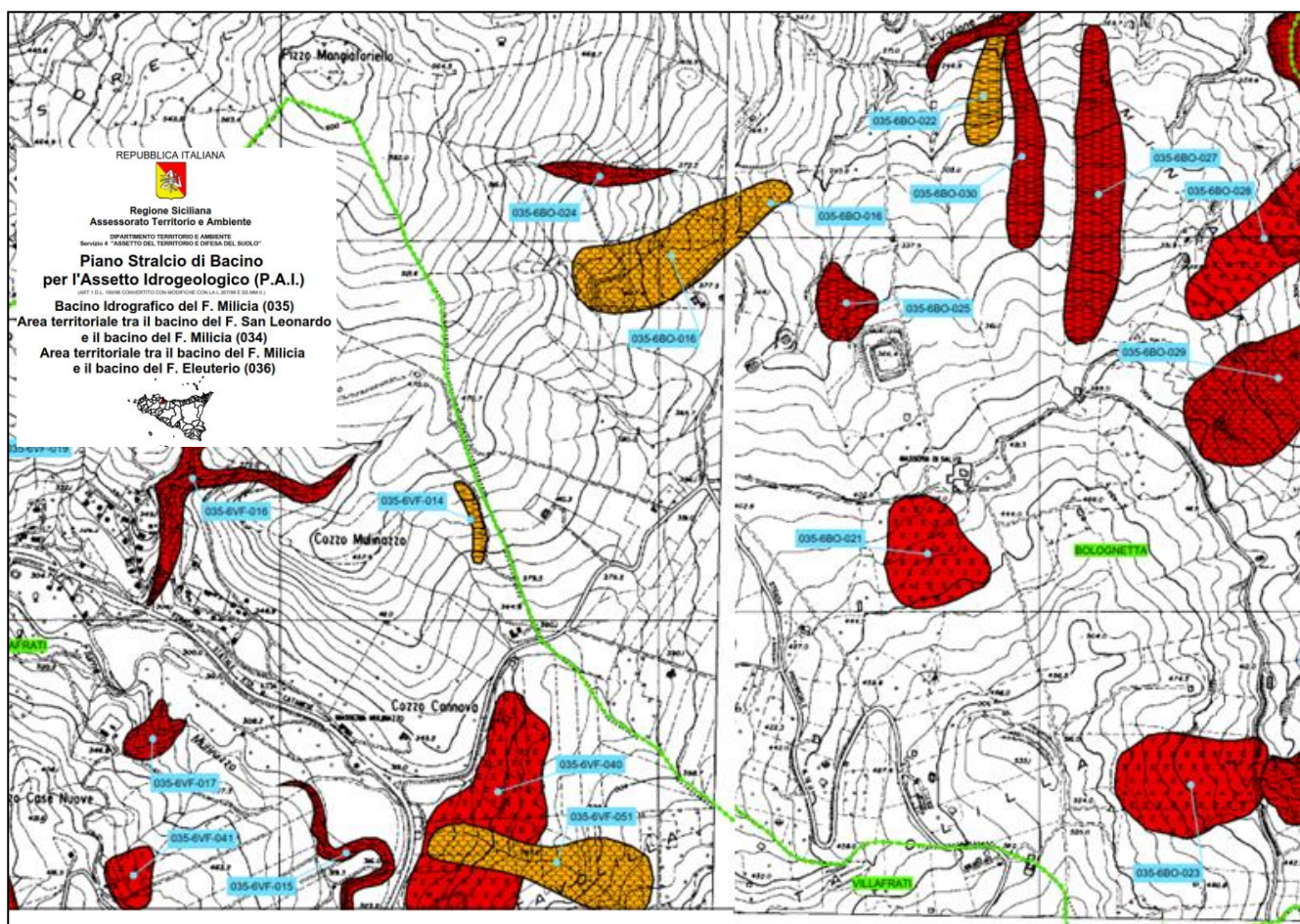


**INQUADRAMENTO CARTOGRAFICA DELL'AREA DI INTERESSE**

# PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SICILIA

Il sito oggetto di intervento è compreso nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Sicilia, segnatamente Il sito di studio rientra all'interno del Bacino Idrografico del Fiume Milicia (035).

Per quanto riguarda la presenza di dissesti sono state consultate le tavole 034\_035\_D\_608030\_90 e 035\_D\_608020\_08 all'interno del Bacino del Fiume Milicio (035) e del Fiume San Leonardo (034).



## FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata

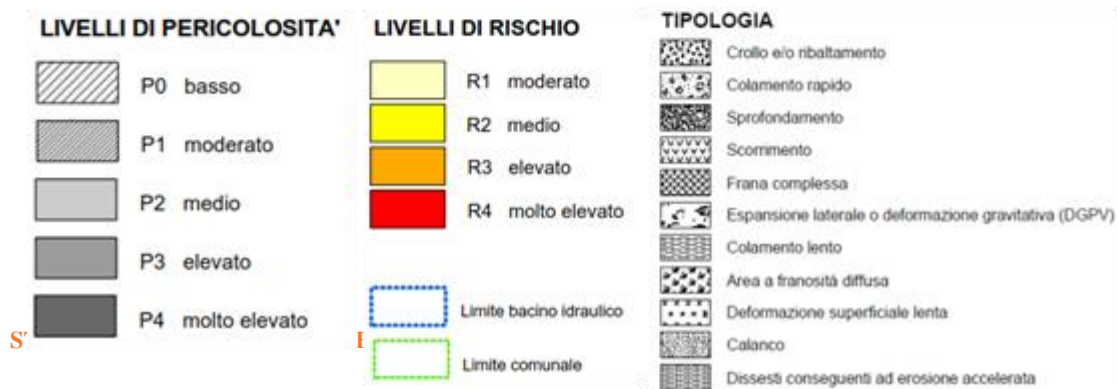
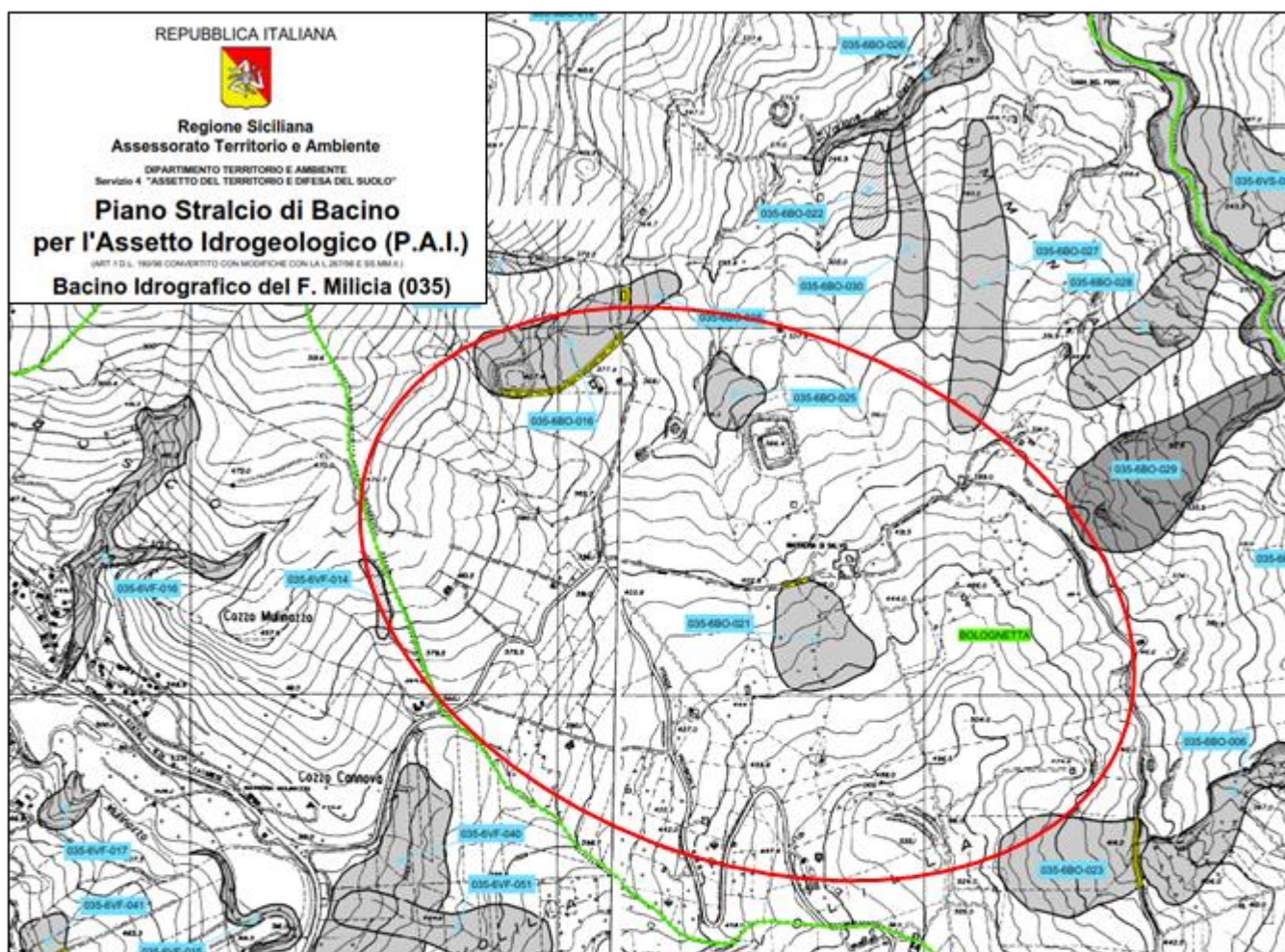
## STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

I fenomeni franosi censiti nelle tavole del PAI consistono in frane di tipo complesse inattive, da erosione accelerata lungo i fossi e del tipo deformazioni lente superficiali.

Lo scrivente nel corso delle operazioni di rilevamento geologico ha cartografato altri corpi di frana riportati nella carta geomorfologica ed interpretati come colate, allo stato attuale senza indizi di evoluzione; queste aree sono comunque escluse dagli interventi in progetto.

Dalla consultazione delle tavole che compongono le carte di Pericolosità da frana del Piano Stralcio si ricava che la zona oggetto di studio include al suo interno aree classificate a pericolosità geomorfologica P2 e P3; non include aree a rischio e pericolosità idraulica.



Queste aree normate dagli articoli delle Norme di attuazione sono escluse dagli interventi in progetto.

Gli interventi progettuali non rappresentano un fattore predisponente all'instabilità, in quanto non si andranno a modificare né la circolazione idrica sotterranea né quella superficiale, e l'esecuzione delle opere non turberà l'attuale equilibrio morfologico e quindi non andrà ad aggravare le condizioni di stabilità attuali.

In merito alle opere di progetto elencate possono esprimersi le seguenti considerazioni:

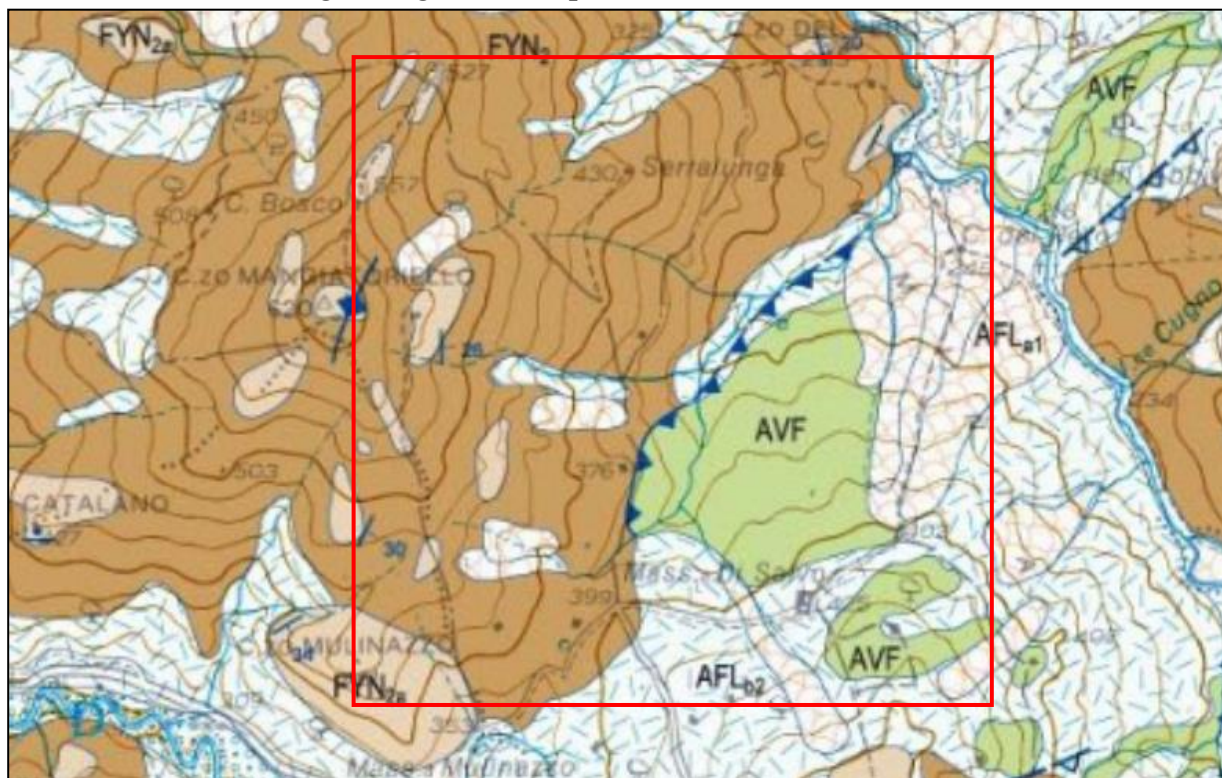
- 1) per la realizzazione degli interventi di progetto non sarà modificata la morfologia dell'area con scavi e tagli, né saranno create neosuperfici ad elevata pendenza;
- 2) non si apporteranno ulteriori carichi sul sito capaci di creare disequilibri di masse e non sarà compromesso il normale deflusso delle acque superficiali tali da innescare processi di erosione e denudazione che possano evolvere in reali dissesti.

Per i motivi anzidetti si può esprimere valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento sull'assetto idro-geomorfologico dell'area, in quanto non pregiudica la stabilità attuale della zona ed è da considerarsi compatibile dal punto di vista idrogeologico con la situazione di pericolosità e di rischio da dissesti di versante del territorio.

Nelle aree indicate con fenomeni franosi superficiali nella carta geomorfologica saranno previste delle opere di regimentazione delle acque di scorrimento superficiale con recapito nei fossi di ruscellamento presenti a valle delle aree.

# INQUADRAMENTO GEOLOGICO-REGIONALE

L'area in esame è riportata al Foglio “608 Caccamo” in scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia, di cui nell'immagine seguente si riporta uno stralcio:



## SINTEMA DI CAPO PLAIA



AFL

Depositi di frana (a<sub>1</sub>), detriti di falda attuali ed accumuli di materiali eterometrici di spessore variabile (a<sub>2</sub>), fluviali di fondovalle (b), coltri eluvio-colluviali (b<sub>2</sub>), depositi di origine mista (i). Limite inferiore, una superficie di erosione post-glaciale incisa sui terreni più antichi; limite superiore, l'attuale superficie topografica, marcata da suoli. E' databile all'intervallo temporale compreso tra la fine dell'espansione glaciale (15 Ka) e l'attuale.

PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE

## FLYSCH NUMIDICO



FYN<sub>5</sub>

FYN<sub>5a</sub>

Peliti e peliti argillose con livelli arenacei, bioclastici e a megabrecce calcaree; banchi quarzarenitici con livelli conglomeratici e siltitici. Limite inferiore paraconcordante su CAL, o discordante.

OLIGOCENE SUPERIORE- MIOCENE INFERIORE

membro di Geraci Siculo (FYN<sub>5</sub>). Arenarie con intercalazioni di peliti micacee a foraminiferi agglutinanti e planctonici (*Globigerina angulifuturialis*, *Catapsydrax dissimilis*, *Globoquadrina dehisca dehisca*) e nannofossili calcarei (biozone MNN 1, MNN 2b). Banchi di quarzareniti torbiditiche, microconglomerati quarzosi, con ciottoli di argilla e matrice arenaceo-pelittica con geometrie canalizzate (FYN<sub>5a</sub>). Spessore 300-700 m. Limite inferiore paraconcordante su FYN<sub>2</sub>, o meccanico sui terreni sottostanti. Ambienti di base di scarpata - conoide torbiditica.

AQUITANIANO-BURDIGALIANO



FYN<sub>2a</sub>

FYN<sub>2</sub>

membro Portella Colla (FYN<sub>2</sub>): peliti di colore bruno talora manganesifere, con laminazione piano-parallela e siltiti ed arenarie quarzose con geometrie canalizzate (FYN<sub>2a</sub>). Raro il plancton calcareo tra cui foraminiferi planctonici (biozone a *Globorotalia opima opima*, a *Globigerina ciperoensis ciperoensis*, e a *Globoquadrina dehisca dehisca-Catapsydrax dissimilis*), nannofossili calcarei (biozone NP 24 - NP 25). Abbondanti foraminiferi agglutinanti. Spessore 200-300 m. Nei livelli inferiori, biocalcarenti a *Lepidocyclusina* spp; nei livelli di tetto si rinvencono megabrecce di San Salvatore, non cartografate. Limite inferiore in paraconcordanza su CAL, o discordante su CRI o disarmonico. Ambiente deposizionale di scarpata e base di scarpata.

CHATTIANO-AQUITANIANO INFERIORE

## ARGILLE VARICOLORI INFERIORI



AVF

AVF<sub>b</sub>

Argille, marme rossastre, caotiche alla base, argilliti policrome con intercalazioni di calcareniti e calcilutiti verdastre con icniti. Marme nere ed argille grigie con sottili calcareniti risedimentate contenenti ostreidi (marme ad *Exogyra*, non cartografate). Il contenuto fossilifero, generalmente povero, mostra foraminiferi planctonici (biozone a *Rotalipora appenninica*, a *R. brotzeni* e a *R. reichelii*) e tra i nannofossili calcarei associazioni a *Lithraphidites* spp., *Nannoconus* spp. Intercalazioni decametriche di corpi lenticolari di megaconglomerati e megabrecce calcaree a rudistidi (brecce a caprinidi, AVF<sub>b</sub>, Albiano-Cenomaniano). Spessori 50-180 m. Limite inferiore di natura meccanica (tettonica) su FYN, TAV e POZ. Ambiente deposizionale di piana batiale-scarpata.

CRETACICO (Albiano - Cenomaniano)



## **CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DI DETTAGLIO**

Nelle aree in esame dal rilevamento geologico condotto sono state riconosciute successioni sedimentarie paleozoico-cenozoiche ascrivibili a due diversi bacini sedimentari che sono quello del dominio Sicilide e quello del dominio Numidico.

Con riferimento a quanto riportato nella Carta Geologica del Foglio 608 Caccamo nell'area di progetto dall'alto verso il basso si distinguono le seguenti unità formazionali:

### ***SISTEMA DI CAPO PLAYA (AFL)***

Depositi di frana (a1), detriti di falda ed accumuli di materiali di spessore variabile (a3), coltri colluviali (b2).

### ***DEPOSITI DEL DOMINIO SICILIDE***

#### ***Argille varicolori inferiori (AVF) - CRETACEO***

Questa formazione è rappresentata da argille e marne rossastre e verdastre, argilliti policrome, a luoghi laminate, con intercalazioni di calcari marnosi verdastri, di biocalcareni e di breccie calcaree.

Generalmente presenta una giacitura caotica e scagliettata nei livelli inferiori; questo aspetto è legato alla loro tettonizzazione, come confermato dall'assetto più regolare dei livelli superiori.

La successione affiora con spessore variabile tra 50 e 180 metri, prevalentemente a sud dell'abitato di Caccamo fino al Vallone Piscine, a nord-ovest del Cozzo Sannita (Cozzo Cenere), lungo la sponda destra del Fiume S. Leonardo e nell'area compresa tra Baucina e Bolognetta.

Tale formazione affiora nel settore est dell'area ed è in contatto tettonico inverso con la Formazione del Flysch Numidico.

### ***DEPOSITI DEL BACINO DEL FLYSCH NUMIDICO***

#### ***Formazione del Flysch Numidico (FYN<sub>2</sub>) – CHIATTANO- AQUITANIANO INFERIORE***

La successione del Flysch Numidico comprende argille con sottili livelli arenacei

biocalcarenitici, megabrecce ad elementi carbonatici, quarzoareniti e siltiti argillose con microconglomerati.

Nella formazione possono essere distinti due membri: quello di Portella Colla (FYN<sub>2</sub>), di età Oligocene superiore–Miocene inferiore e quello di Geraci Siculo (FYN<sub>5</sub>), databile all'Aquitaniense–Burdigaliano; I due membri mostrano generalmente rapporti di eteropia.

Le giaciture non ben preservate e gli effetti della deformazione rendono, a luoghi, difficilmente tracciabili i contatti stratigrafici tra i membri del Flysch numidico.

Segnatamente nel sito di interesse, in accordo al Foglio 608 Caccamo affiora il Membro Portella Colla (FYN<sub>2</sub>), costituito da peliti di colore bruno talora manganesifere sottilmente stratificate, a volte scagliettate, caratterizzate da laminazione pian parallela, con intercalazioni di strati centimetrici di siltiti ed arenarie di colore giallastro a grana fine, banchi quarzoarenitici.

Lo spessore è di circa 200-300 metri.

A tratti il substrato è mascherato da una coltre di depositi continentali eluvio-colluviale.

## **CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE**

L'area di studio che rientra nel bacino del Fiume Milicia al suo interno comprende un reticolo idrografico superficiale a carattere torrentizio che a causa della forza erosiva ha provocato dissesti lungo le sponde del Vallone del Pero.

Nelle carte del PAI Sicilia si hanno aree con una pericolosità da frana di tipo P2 e P3, rispettivamente di media ed alta pericolosità, con rischio zero, come evidenziato negli stralci delle carte.

I dissesti rilevati nelle aree più direttamente interessate dagli interventi sono stati cartografati nella carta dei dissesti PAI come frane da colamento lento, identificate con le sigle 035-6BO-021, 035-6BO-030, 035-6BO-027; come frana di deformazione superficiale lenta con sigle 035-6BO-028 035-6BO-021 e come frane complesse identificata con la sigla 035-6BO-029.

Queste aree sono escluse dall'installazione dei moduli fotovoltaici.

Le restanti aree possono essere ritenute morfologicamente stabili ed idonee per l'utilizzo in progetto.

Nella zona ovest si riconosce un corpo di frana ben definito riconducibile a un movimento franoso tipo colata.

Il territorio di interesse progettuale si presenta con quote altimetriche comprese tra 300 e 500 metri sul livello del mare.

Le pendenze dei versanti variano in funzione delle litologie prevalenti presenti, sono a bassa acclività con tratti subpianeggianti in corrispondenza di terreni argilloso-marnosi e a maggiore acclività in corrispondenza delle litologie in prevalenza calcaree nella Formazione delle Argille Varicolori e di quelle quarzoarenitiche nella Formazione del Flysch Numidico; le pendenze medie dei versanti oggetto di intervento si attestano su valori del 5% e del 15%.

Di seguito si riportano alcune immagini delle aree di intervento:



**VISTA DEL SETTORE OVEST DELL'AGROVOLTAICO**



**VISTA DA OVEST DEL VERSANTE CHE OSPITA IL SETTORE CENTRALE DELL'AGROVOLTAICO IN LOCALITA' MASSERIA DI SALVO**



**VISTA DELLA MORFOLOGIA POCO ACCLIVE DEL VERSANTE A VALLE DELLA MASSERIA DI SALVO**



**MORFOLOGIA POCO ACCLIVE DEL VERSANTE A VALLE DELLA MASSERIA DI SALVO**



**AREA SUBPIANEGGIANTE DEL SETTORE DI VERSANTE A MONTE DELLA MASSERIA DI SALVO**



**AREA IN DISSESTO A VALLE DEL SETTORE DI IMPIANTO SITUATO AD EST**

I versanti di interesse denotano dei valori di inclinazione non superiori ai 15°, pertanto con riferimento anche alla risposta sismica locale in funzione delle “condizioni topografiche”, essa rientra nella categoria T1, cioè: *“superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $\leq 15^\circ$ ”* [punto 3.2.III del Decreto 17 Gennaio 2018: *“Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni”*] e, quindi, il valore massimo del “coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$ ” sarà pari a 1.0.

## **PROVE PENETROMETICHE DINAMICHE CONTINUE**

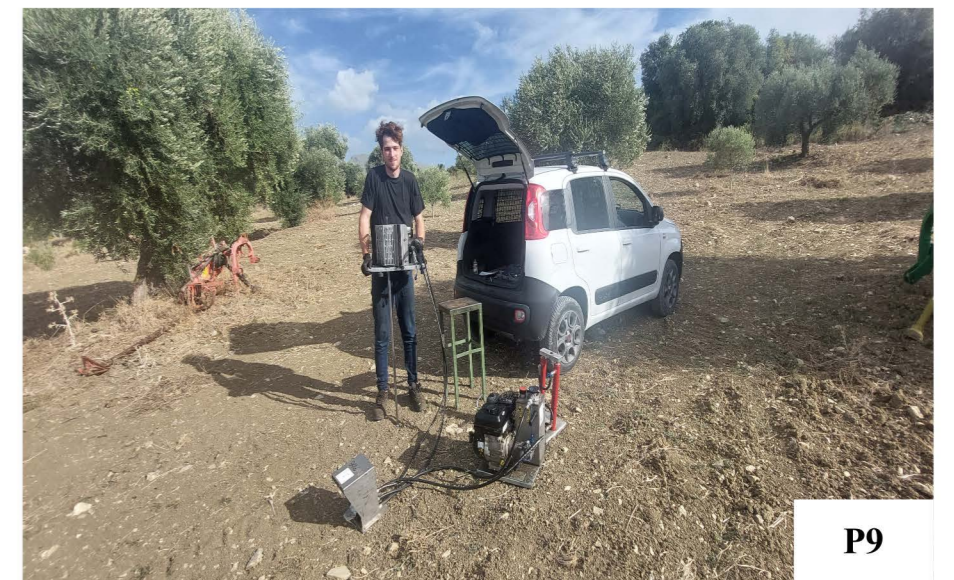
Per la caratterizzazione geotecnica della porzione di terreno più direttamente interessato dalle opere in progetto sono state eseguite due prove penetrometriche dinamiche continue successivamente elaborate con il software *Dynamic Probing* della Geostru software.

Queste prove, normate dall'Eurocodice 7, sono effettuate mediante infissione a percussione di una batteria di aste dotate di una punta di diametro 35.68 mm ed angolo di apertura 60°.

Il dispositivo di infissione della punta è costituito da un maglio avente massa pari a 30 Kg che cade liberamente da un'altezza di 0,20 m e consiste nell'infiggere la punta conica nel terreno, per tratti consecutivi di 10 cm con aste della lunghezza di un metro, misurando il numero di colpi necessari all'avanzamento; le prove sono state effettuate con penetrometro dinamico della ditta Pagani srl modello DMP-3020 (tipo ISSMFE) che può raggiungere anche profondità di 20-25 m. L'interpretazione dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche dinamiche continue si basa sul raffronto con dati statistici, elaborati da un certo numero di prove eseguite in terreni coerenti (limi, argille) oppure incoerenti (ghiaie, sabbie), attraverso i quali è possibile effettuare una valutazione dei parametri di resistenza e sullo stato di consistenza del terreno in base al numero di colpi di un maglio per infissioni continue per tratti di 10 cm fino alla profondità di rifiuto strumentale.

Fatta questa premessa, necessaria ai fini della comprensione delle indagini penetrometriche, tenuto conto dei valori rilevati lungo ogni verticale d'indagine, le prove evidenziano terreni di fondazione con caratteristiche meccaniche da mediocri a buone e uno stato di addensamento e consistenza variabile con la profondità da sciolto a moderatamente addensato. Per ulteriori valutazioni si riportano di seguito i tabulati delle prove penetrometriche dinamiche continue complete del numero di colpi, della resistenza dinamica e della caratterizzazione geotecnica dei singoli strati individuati; di seguito si riporta il dettaglio dei risultati ottenuti per ciascuna prova penetrometrica eseguita:

# PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE





**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova

5.40 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	4	0.857	1.27	1.48	63.47	74.09
0.20	8	0.855	2.53	2.96	126.64	148.18
0.30	10	0.853	3.16	3.70	157.94	185.23
0.40	8	0.851	2.52	2.96	126.07	148.18
0.50	7	0.849	2.20	2.59	110.06	129.66
0.60	7	0.847	2.20	2.59	109.82	129.66
0.70	7	0.845	2.19	2.59	109.58	129.66
0.80	8	0.843	2.50	2.96	124.97	148.18
0.90	10	0.842	2.97	3.53	148.40	176.34
1.00	11	0.840	3.26	3.88	162.89	193.98
1.10	10	0.838	2.96	3.53	147.78	176.34
1.20	11	0.836	3.24	3.88	162.22	193.98
1.30	11	0.835	3.24	3.88	161.89	193.98
1.40	18	0.783	4.97	6.35	248.50	317.42
1.50	18	0.781	4.96	6.35	247.97	317.42
1.60	20	0.780	5.50	7.05	274.94	352.69
1.70	19	0.778	5.21	6.70	260.65	335.05
1.80	14	0.776	3.83	4.94	191.66	246.88
1.90	14	0.775	3.65	4.71	182.52	235.58
2.00	16	0.773	4.16	5.38	208.17	269.24
2.10	16	0.772	4.16	5.38	207.76	269.24
2.20	14	0.770	3.63	4.71	181.43	235.58
2.30	12	0.819	3.31	4.04	165.30	201.93
2.40	14	0.767	3.61	4.71	180.73	235.58
2.50	11	0.816	3.02	3.70	150.98	185.10
2.60	10	0.814	2.74	3.37	137.02	168.27
2.70	13	0.763	3.34	4.38	166.87	218.76
2.80	14	0.761	3.59	4.71	179.38	235.58
2.90	12	0.810	3.13	3.86	156.41	193.09
3.00	11	0.809	2.86	3.54	143.14	177.00
3.10	20	0.757	4.87	6.44	243.73	321.82
3.20	20	0.756	4.87	6.44	243.30	321.82
3.30	14	0.755	3.40	4.51	170.01	225.28
3.40	16	0.753	3.88	5.15	193.97	257.46
3.50	19	0.752	4.60	6.11	229.95	305.73
3.60	20	0.751	4.83	6.44	241.65	321.82
3.70	18	0.750	4.34	5.79	217.12	289.64
3.80	14	0.748	3.37	4.51	168.60	225.28
3.90	14	0.747	3.23	4.32	161.27	215.83
4.00	20	0.746	4.60	6.17	230.02	308.33
4.10	23	0.695	4.93	7.09	246.38	354.58
4.20	20	0.744	4.59	6.17	229.31	308.33
4.30	24	0.693	5.12	7.40	256.25	370.00
4.40	26	0.691	5.54	8.02	277.15	400.83
4.50	28	0.690	5.96	8.63	297.99	431.66
4.60	29	0.689	6.16	8.94	308.14	447.08
4.70	26	0.688	5.52	8.02	275.84	400.83
4.80	20	0.737	4.55	6.17	227.27	308.33
4.90	23	0.686	4.67	6.81	233.47	340.31
5.00	23	0.685	4.66	6.81	233.12	340.31
5.10	23	0.684	4.66	6.81	232.78	340.31
5.20	29	0.683	5.86	8.58	293.07	429.09
5.30	25	0.682	5.05	7.40	252.28	369.91
5.40	25	0.681	5.04	7.40	251.92	369.91

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (KPa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - argilla	7	1.30	42.95	85.81	24.52 - 49.03	27.75	67.08	93.56	61.49	94.14	34.32	105.62	85.81
[2] - limo argilloso	11	3.00	72.86	134.84	49.03 - 98.07	43.05	106.01	148.18	95.12	125.72	53.94	150.83	134.84
[3] - limo debolmente sabbioso	17	5.40	112.58	208.39	98.07 - 196.13	65.21	164.65	200.06	143.28	176.91	83.36	218.98	208.39

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - argilla	7	1.30	3.15	--	7.18	8.58
[2] - limo argilloso	11	3.00	4.95	--	11.18	10.79
[3] - limo debolmente sabbioso	17	5.40	7.65	--	17.18	16.67

**Classificazione AGI**

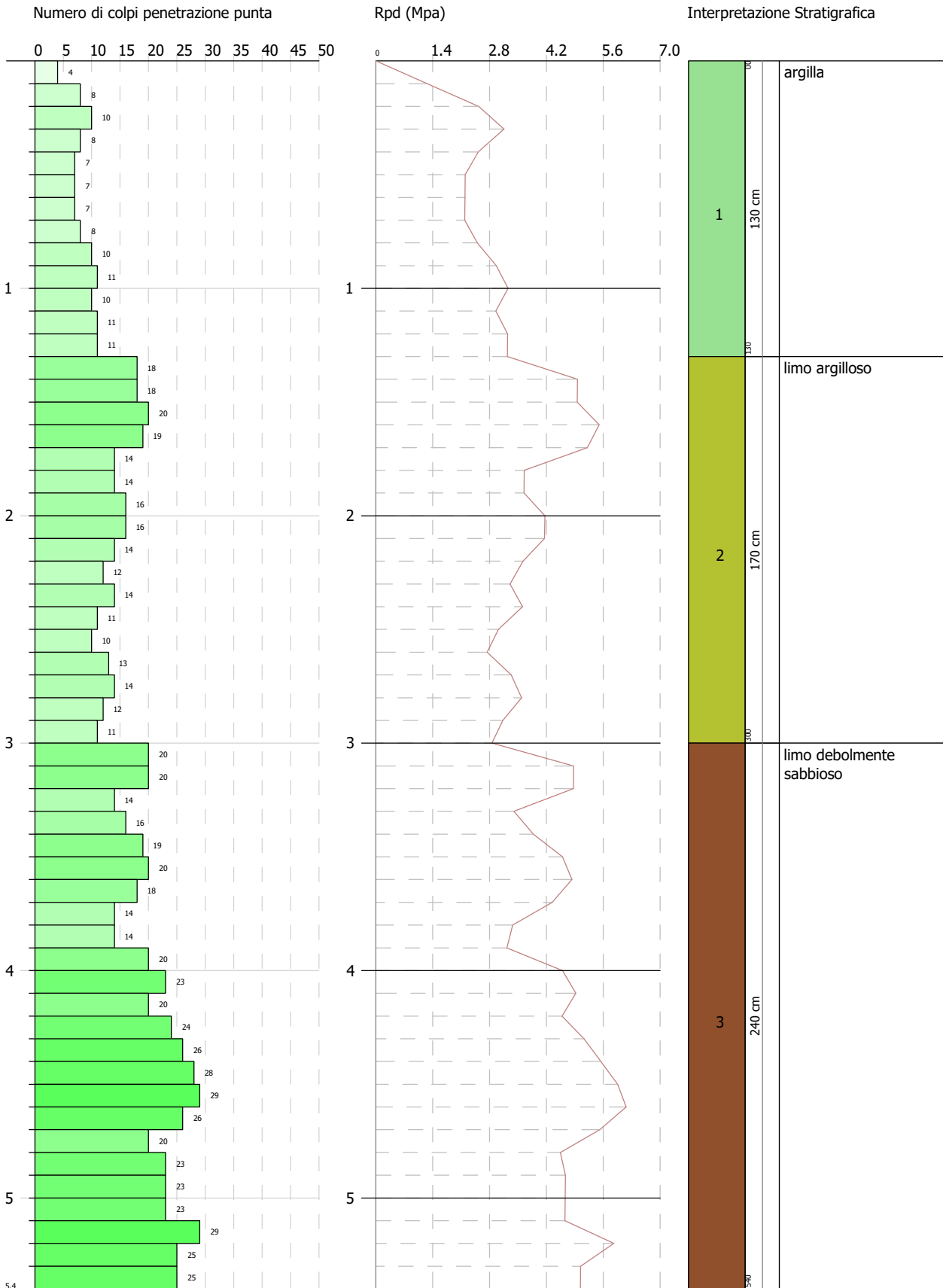
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla	7	1.30	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - limo argilloso	11	3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - limo debolmente sabbioso	17	5.40	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	7	1.30	Meyerhof	18.24
[2] - limo argilloso	11	3.00	Meyerhof	19.52
[3] - limo debolmente sabbioso	17	5.40	Meyerhof	20.40

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	7	1.30	Meyerhof	18.63
[2] - limo argilloso	11	3.00	Meyerhof	21.48
[3] - limo debolmente sabbioso	17	5.40	Meyerhof	22.46



**PROVA ... Nr.2**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova 4.00 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	5	0.857	1.59	1.85	79.33	92.61
0.20	6	0.855	1.90	2.22	94.98	111.14
0.30	5	0.853	1.58	1.85	78.97	92.61
0.40	5	0.851	1.58	1.85	78.79	92.61
0.50	4	0.849	1.26	1.48	62.89	74.09
0.60	5	0.847	1.57	1.85	78.44	92.61
0.70	5	0.845	1.57	1.85	78.27	92.61
0.80	8	0.843	2.50	2.96	124.97	148.18
0.90	10	0.842	2.97	3.53	148.40	176.34
1.00	12	0.840	3.55	4.23	177.70	211.61
1.10	14	0.788	3.89	4.94	194.54	246.88
1.20	18	0.786	4.99	6.35	249.57	317.42
1.30	24	0.735	6.22	8.46	310.88	423.22
1.40	29	0.733	7.50	10.23	374.78	511.40
1.50	28	0.731	7.22	9.88	361.04	493.76
1.60	33	0.680	7.91	11.64	395.45	581.93
1.70	40	0.628	8.86	14.11	442.92	705.37
1.80	37	0.676	8.83	13.05	441.28	652.47
1.90	27	0.725	6.59	9.09	329.28	454.34
2.00	29	0.723	7.06	9.76	352.91	488.00
2.10	31	0.672	7.01	10.43	350.36	521.65
2.20	35	0.670	7.89	11.78	394.68	588.96
2.30	35	0.669	7.88	11.78	393.79	588.96
2.40	38	0.667	8.53	12.79	426.60	639.44
2.50	39	0.616	8.08	13.13	404.05	656.27
2.60	29	0.714	6.97	9.76	348.55	488.00
2.70	24	0.713	5.76	8.08	287.88	403.86
2.80	23	0.711	5.51	7.74	275.34	387.03
2.90	21	0.710	4.80	6.76	239.93	337.91
3.00	22	0.709	5.02	7.08	250.87	354.00
3.10	30	0.707	6.83	9.65	341.45	482.73
3.20	36	0.656	7.60	11.59	380.01	579.28
3.30	40	0.605	7.78	12.87	389.21	643.65
3.40	40	0.603	7.77	12.87	388.38	643.65
3.50	33	0.652	6.93	10.62	346.29	531.01
3.60	29	0.701	6.54	9.33	327.06	466.64
3.70	33	0.650	6.90	10.62	344.96	531.01
3.80	35	0.648	7.30	11.26	365.18	563.19
3.90	41	0.597	7.55	12.64	377.48	632.08
4.00	50	0.596	9.19	15.42	459.43	770.83

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2****TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUND A (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - argilla	5	1.00	30.60	61.29	24.52 - 49.03	19.91	47.76	71.10	44.33	79.04	24.52	75.22	61.29
[2] -	24	3.90	158.87	294.20	98.07 -	90.03	233.40	308.71	196.13	242.13	117.68	362.65	294.20

argilla marnosa					196.13								
[3] - marna calcare a	39	4.00	258.11	478.07	0.00	139.16	381.48	462.58	297.44	402.46	191.23	613.80	478.07

#### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman- Sanglerat
[1] - argilla	5	1.00	2.25	7.35	5.18	6.13
[2] - argilla marnosa	24	3.90	10.80	--	24.18	23.54
[3] - marna calcare a	39	4.00	17.55	--	39.18	38.25

#### Classificazione AGI

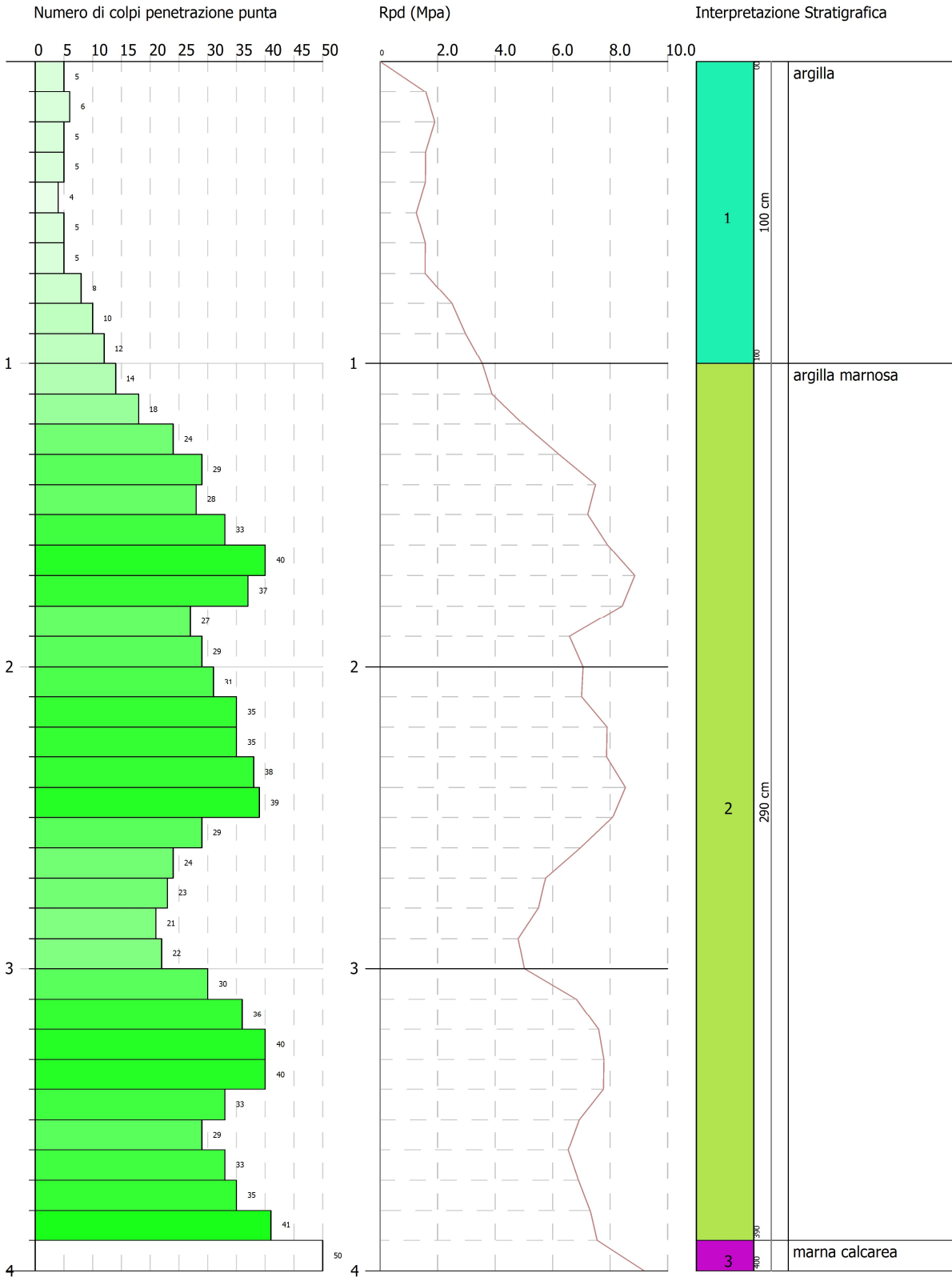
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla	5	1.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - argilla marnosa	24	3.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - marna calcarea	39	4.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

#### Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	5	1.00	Meyerhof	17.26
[2] - argilla marnosa	24	3.90	Meyerhof	20.69
[3] - marna calcarea	39	4.00	Meyerhof	24.22

#### Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	5	1.00	Meyerhof	18.44
[2] - argilla marnosa	24	3.90	Meyerhof	21.57
[3] - marna calcarea	39	4.00	Meyerhof	24.52



**PROVA ... Nr.3**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI

Prova eseguita in data

31/10/2023

Profondita' prova

5.40 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	14	0.807	4.18	5.19	209.16	259.32
0.20	13	0.805	3.87	4.82	193.75	240.79
0.30	11	0.853	3.47	4.07	173.73	203.75
0.40	12	0.851	3.78	4.45	189.10	222.27
0.50	11	0.849	3.46	4.07	172.96	203.75
0.60	9	0.847	2.82	3.33	141.20	166.70
0.70	9	0.845	2.82	3.33	140.89	166.70
0.80	10	0.843	3.12	3.70	156.21	185.23
0.90	12	0.842	3.56	4.23	178.08	211.61
1.00	11	0.840	3.26	3.88	162.89	193.98
1.10	10	0.838	2.96	3.53	147.78	176.34
1.20	9	0.836	2.65	3.17	132.72	158.71
1.30	12	0.835	3.53	4.23	176.60	211.61
1.40	7	0.833	2.06	2.47	102.81	123.44
1.50	7	0.831	2.05	2.47	102.60	123.44
1.60	9	0.830	2.63	3.17	131.66	158.71
1.70	9	0.828	2.63	3.17	131.40	158.71
1.80	12	0.826	3.50	4.23	174.86	211.61
1.90	12	0.825	3.33	4.04	166.54	201.93
2.00	10	0.823	2.77	3.37	138.52	168.27
2.10	12	0.822	3.32	4.04	165.91	201.93
2.20	14	0.770	3.63	4.71	181.43	235.58
2.30	15	0.769	3.88	5.05	194.01	252.41
2.40	15	0.767	3.87	5.05	193.64	252.41
2.50	20	0.766	5.15	6.73	257.69	336.55
2.60	20	0.764	5.14	6.73	257.21	336.55
2.70	14	0.763	3.59	4.71	179.71	235.58
2.80	7	0.811	1.91	2.36	95.58	117.79
2.90	8	0.810	2.09	2.57	104.28	128.73
3.00	9	0.809	2.34	2.90	117.11	144.82
3.10	6	0.807	1.56	1.93	77.95	96.55
3.20	8	0.806	2.08	2.57	103.76	128.73
3.30	10	0.805	2.59	3.22	129.48	160.91
3.40	11	0.803	2.84	3.54	142.20	177.00
3.50	10	0.802	2.58	3.22	129.07	160.91
3.60	11	0.801	2.84	3.54	141.76	177.00
3.70	7	0.800	1.80	2.25	90.07	112.64
3.80	9	0.798	2.31	2.90	115.63	144.82
3.90	11	0.797	2.70	3.39	135.19	169.58
4.00	11	0.796	2.70	3.39	134.99	169.58
4.10	12	0.795	2.94	3.70	147.05	185.00
4.20	12	0.794	2.94	3.70	146.83	185.00
4.30	19	0.743	4.35	5.86	217.51	292.91
4.40	11	0.791	2.68	3.39	134.21	169.58
4.50	8	0.790	1.95	2.47	97.47	123.33
4.60	9	0.789	2.19	2.77	109.51	138.75
4.70	14	0.738	3.19	4.32	159.32	215.83
4.80	10	0.787	2.43	3.08	121.34	154.17
4.90	10	0.786	2.33	2.96	116.31	147.96
5.00	10	0.785	2.32	2.96	116.15	147.96
5.10	9	0.784	2.09	2.66	104.40	133.17
5.20	9	0.783	2.09	2.66	104.27	133.17
5.30	8	0.782	1.85	2.37	92.57	118.37
5.40	12	0.781	2.77	3.55	138.68	177.56

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (KPa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - argilla	9	2.40	59.62	110.32	49.03 - 98.07	35.40	86.49	117.29	78.45	109.74	44.13	125.03	110.32
[2] - limo argilloso	16	2.60	105.91	196.13	98.07 - 196.13	61.59	154.85	201.92	135.43	168.09	78.45	242.32	196.13
[3] - argilla	8	5.40	52.96	98.07	24.52 - 49.03	31.58	76.79	95.42	70.02	101.89	39.23	68.25	98.07

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - argilla	9	2.40	4.05	--	9.18	11.03
[2] - limo argilloso	16	2.60	7.20	--	16.18	15.69
[3] - argilla	8	5.40	3.60	--	8.18	9.81

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla	9	2.40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - limo argilloso	16	2.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - argilla	8	5.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

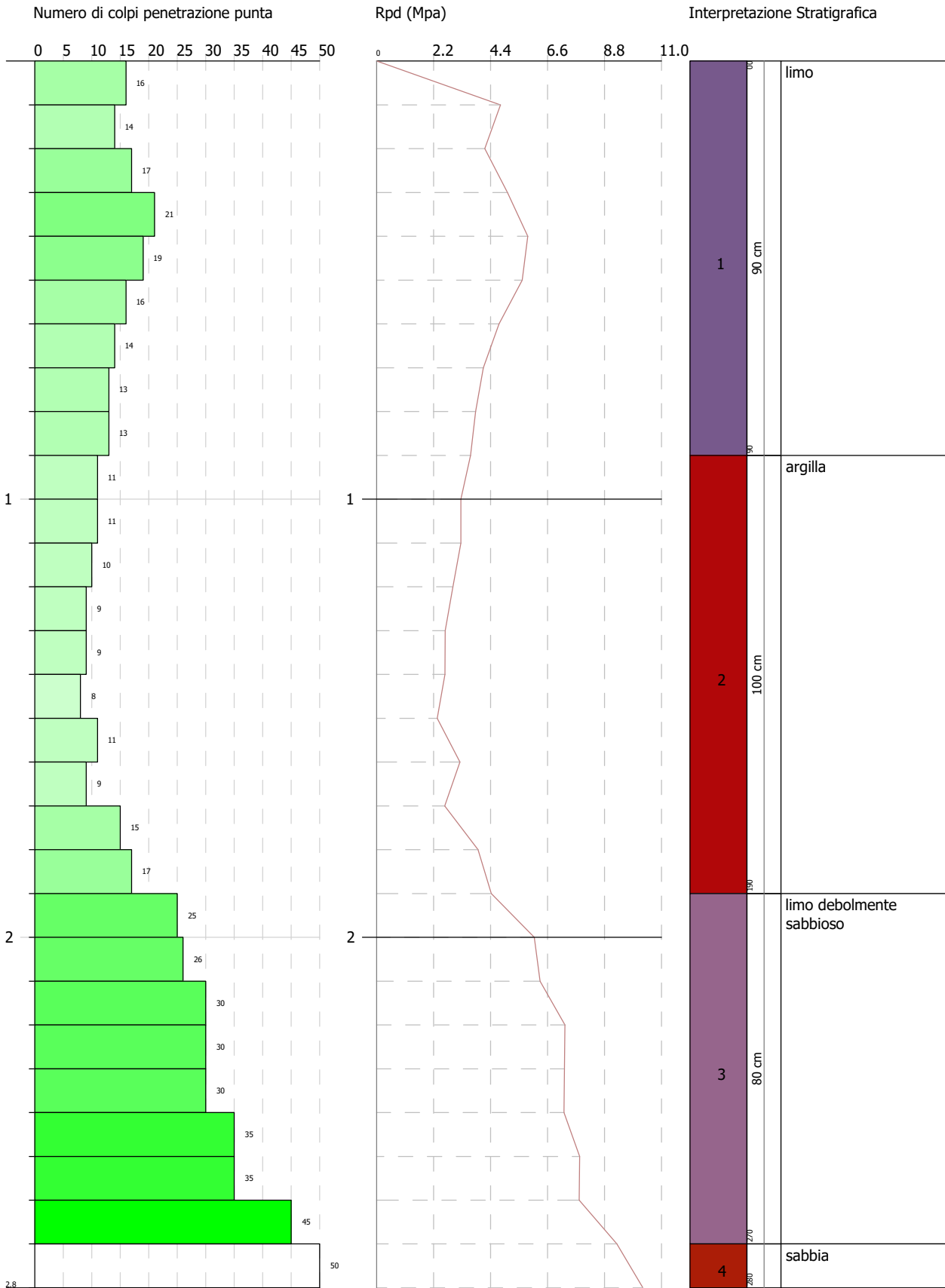
**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	9	2.40	Meyerhof	19.02
[2] - limo argilloso	16	2.60	Meyerhof	20.40
[3] - argilla	8	5.40	Meyerhof	18.63

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	9	2.40	Meyerhof	20.89
[2] - limo argilloso	16	2.60	Meyerhof	22.46
[3] - argilla	8	5.40	Meyerhof	18.73





**PROVA ... Nr.4**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova 2.80 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	16	0.807	4.78	5.93	239.04	296.36
0.20	14	0.805	4.17	5.19	208.65	259.32
0.30	17	0.803	5.06	6.30	252.75	314.88
0.40	21	0.751	5.84	7.78	292.03	388.97
0.50	19	0.799	5.62	7.04	281.15	351.93
0.60	16	0.797	4.72	5.93	236.20	296.36
0.70	14	0.795	4.12	5.19	206.20	259.32
0.80	13	0.793	3.82	4.82	191.03	240.79
0.90	13	0.792	3.63	4.58	181.46	229.25
1.00	11	0.840	3.26	3.88	162.89	193.98
1.10	11	0.838	3.25	3.88	162.55	193.98
1.20	10	0.836	2.95	3.53	147.47	176.34
1.30	9	0.835	2.65	3.17	132.45	158.71
1.40	9	0.833	2.64	3.17	132.18	158.71
1.50	8	0.831	2.35	2.82	117.26	141.07
1.60	11	0.830	3.22	3.88	160.91	193.98
1.70	9	0.828	2.63	3.17	131.40	158.71
1.80	15	0.776	4.11	5.29	205.35	264.52
1.90	17	0.775	4.43	5.72	221.63	286.07
2.00	25	0.723	6.08	8.41	304.23	420.69
2.10	26	0.722	6.31	8.75	315.73	437.51
2.20	30	0.720	7.27	10.10	363.53	504.82
2.30	30	0.719	7.26	10.10	362.78	504.82
2.40	30	0.717	7.24	10.10	362.03	504.82
2.50	35	0.666	7.84	11.78	392.06	588.96
2.60	35	0.664	7.82	11.78	391.21	588.96
2.70	45	0.613	9.28	15.14	464.05	757.23
2.80	50	0.611	10.29	16.83	514.43	841.37

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.4****TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - limo	12	0.90	79.43	147.10	49.03 - 98.07	46.78	115.72	175.83	103.26	133.96	58.84	197.41	147.10
[2] - argilla	9	1.90	59.62	110.32	49.03 - 98.07	35.40	86.49	115.52	78.45	109.74	44.13	131.80	110.32
[3] - limo debolmente e sabbioso	25	2.70	165.54	306.46	98.07 - 196.13	93.46	243.20	323.13	203.39	251.93	122.58	397.66	306.46

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - limo	12	0.90	5.40	--	12.18	11.77
[2] - argilla	9	1.90	4.05	--	9.18	11.03
[3] - limo	25	2.70	11.25	--	25.18	24.52

debolmente sabbioso						
------------------------	--	--	--	--	--	--

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - limo	12	0.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - argilla	9	1.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - limo debolmente sabbioso	25	2.70	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

### Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - limo	12	0.90	Meyerhof	19.81
[2] - argilla	9	1.90	Meyerhof	19.02
[3] - limo debolmente sabbioso	25	2.70	Meyerhof	20.79

### Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - limo	12	0.90	Meyerhof	21.77
[2] - argilla	9	1.90	Meyerhof	20.89
[3] - limo debolmente sabbioso	25	2.70	Meyerhof	21.77

### TERRENI INCOERENTI

#### Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[4] - sabbia	39	2.80	62.39	100	100	71.56

#### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corrett o per presen za falda	Peck- Hanso n- Thornb urn- Meyer hof 1956	Meyer hof (1956)	Sowers (1961)	Malce v (1964)	Meyer hof (1965)	Schme rtmann (1977) Sabbie	Mitche ll & Katti (1981)	Shioi- Fukuni 1982 (ROA D BRID GE SPECI FICAT ION)	Japane se Nation al Railwa y	De Mello	Owasa ki & Iwasak i
[4] - sabbia	39	2.80	39	38.14	31.14	38.92	32.21	41.33	42	35-38	39.19	38.7	30.78	42.93

### Classificazione AGI

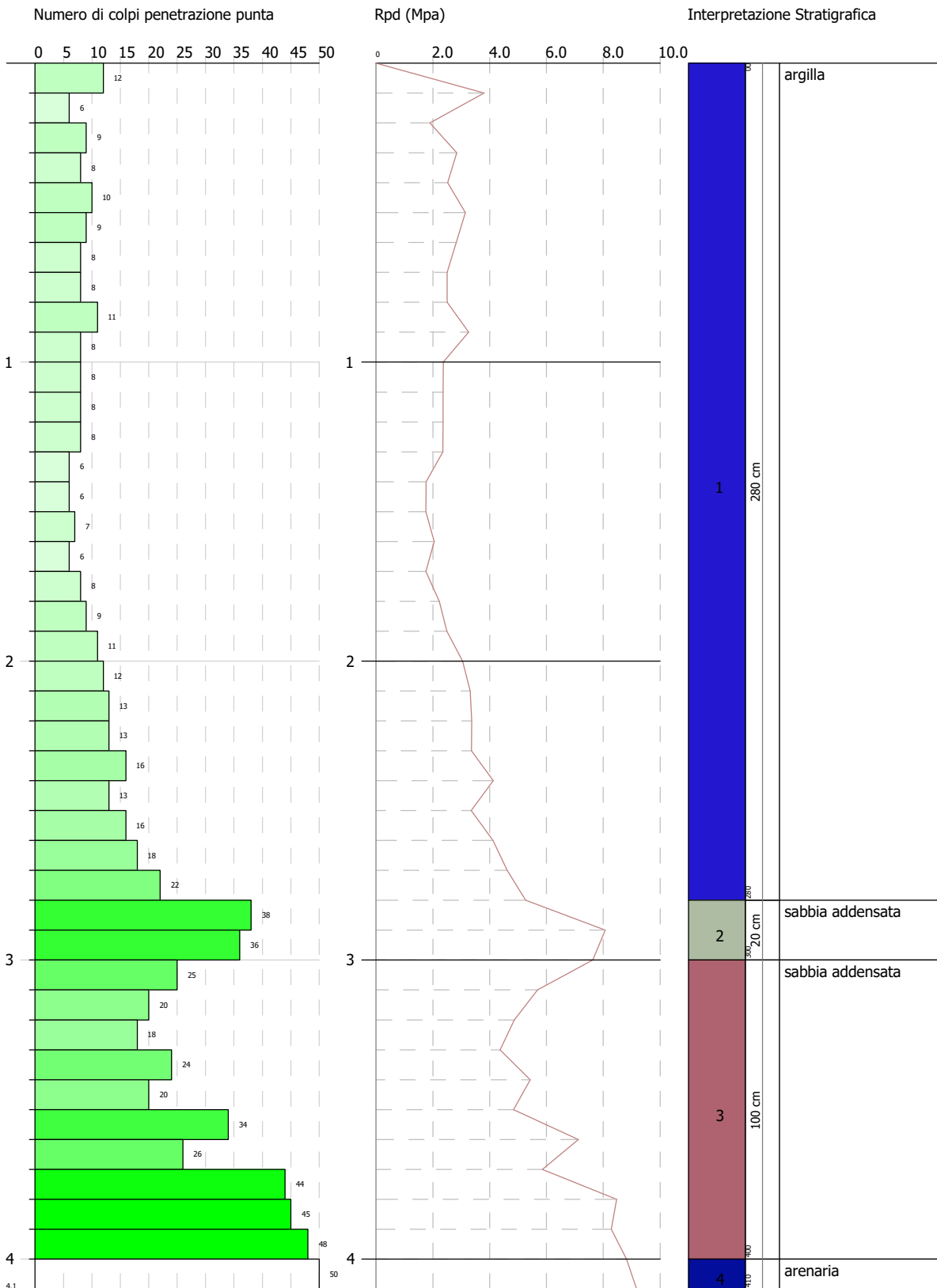
	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[4] - sabbia	39	2.80	39	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

### Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (KN/m <sup>3</sup> )
[4] - sabbia	39	2.80	39	Terzaghi-Peck 1948	17.41

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[4] - sabbia	39	2.80	39	Terzaghi-Peck 1948	20.63



**PROVA ... Nr.5**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova 4.10 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	12	0.857	3.81	4.45	190.40	222.27
0.20	6	0.855	1.90	2.22	94.98	111.14
0.30	9	0.853	2.84	3.33	142.15	166.70
0.40	8	0.851	2.52	2.96	126.07	148.18
0.50	10	0.849	3.14	3.70	157.23	185.23
0.60	9	0.847	2.82	3.33	141.20	166.70
0.70	8	0.845	2.50	2.96	125.24	148.18
0.80	8	0.843	2.50	2.96	124.97	148.18
0.90	11	0.842	3.26	3.88	163.24	193.98
1.00	8	0.840	2.37	2.82	118.47	141.07
1.10	8	0.838	2.36	2.82	118.22	141.07
1.20	8	0.836	2.36	2.82	117.98	141.07
1.30	8	0.835	2.35	2.82	117.73	141.07
1.40	6	0.833	1.76	2.12	88.12	105.81
1.50	6	0.831	1.76	2.12	87.95	105.81
1.60	7	0.830	2.05	2.47	102.40	123.44
1.70	6	0.828	1.75	2.12	87.60	105.81
1.80	8	0.826	2.33	2.82	116.57	141.07
1.90	9	0.825	2.50	3.03	124.91	151.45
2.00	11	0.823	3.05	3.70	152.37	185.10
2.10	12	0.822	3.32	4.04	165.91	201.93
2.20	13	0.770	3.37	4.38	168.47	218.76
2.30	13	0.769	3.36	4.38	168.14	218.76
2.40	16	0.767	4.13	5.38	206.55	269.24
2.50	13	0.766	3.35	4.38	167.50	218.76
2.60	16	0.764	4.12	5.38	205.76	269.24
2.70	18	0.763	4.62	6.06	231.05	302.89
2.80	22	0.711	5.27	7.40	263.37	370.20
2.90	38	0.660	8.07	12.23	403.59	611.46
3.00	36	0.659	7.63	11.59	381.56	579.28
3.10	25	0.707	5.69	8.05	284.54	402.28
3.20	20	0.756	4.87	6.44	243.30	321.82
3.30	18	0.755	4.37	5.79	218.59	289.64
3.40	24	0.703	5.43	7.72	271.64	386.19
3.50	20	0.752	4.84	6.44	242.05	321.82
3.60	34	0.651	7.12	10.94	356.09	547.10
3.70	26	0.700	5.85	8.37	292.71	418.37
3.80	44	0.598	8.47	14.16	423.68	708.01
3.90	45	0.597	8.29	13.87	414.31	693.75
4.00	48	0.596	8.82	14.80	441.05	740.00
4.10	50	0.595	9.17	15.42	458.53	770.83

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.5****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (KPa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - argilla	8	2.80	52.96	98.07	24.52 - 49.03	31.58	76.79	107.97	70.02	101.89	39.23	102.87	98.07

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - argilla	8	2.80	3.60	--	8.18	9.81

**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla	8	2.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	8	2.80	Meyerhof	18.63

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	8	2.80	Meyerhof	18.73

**TERRENI INCOERENTI****Densita' relativa**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach	Skempton 1986
[2] - sabbia addensata	29	3.00	54.66	100	99.95	62.48
[3] - sabbia addensata	24	4.00	47.79	87.65	86.58	56.72
[4] - arenaria	39	4.10	58.05	100	100	71.56

**Angolo di resistenza al taglio**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornbourn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasa ki & Iwasaki
[2] - sabbia addensata	29	3.00	29	35.29	28.29	36.12	31.74	39.45	42	32-35	35.86	35.7	29.66	39.08
[3] - sabbia addensata	24	4.00	24	33.86	26.86	34.72	30.99	38.21	40.27	30-32	33.97	34.2	28.47	36.91
[4] - arenaria	39	4.10	39	38.14	31.14	38.92	31.44	41.33	42	35-38	39.19	38.7	29.88	42.93

### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[2] - sabbia addensata	29	3.00	29	17.06	8.53	20.19	16.41
[3] - sabbia addensata	24	4.00	24	14.12	7.53	16.71	14.22
[4] - arenaria	39	4.10	39	22.95	10.55	27.15	20.78

### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - sabbia addensata	29	3.00	29	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - sabbia addensata	24	4.00	24	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - arenaria	39	4.10	39	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

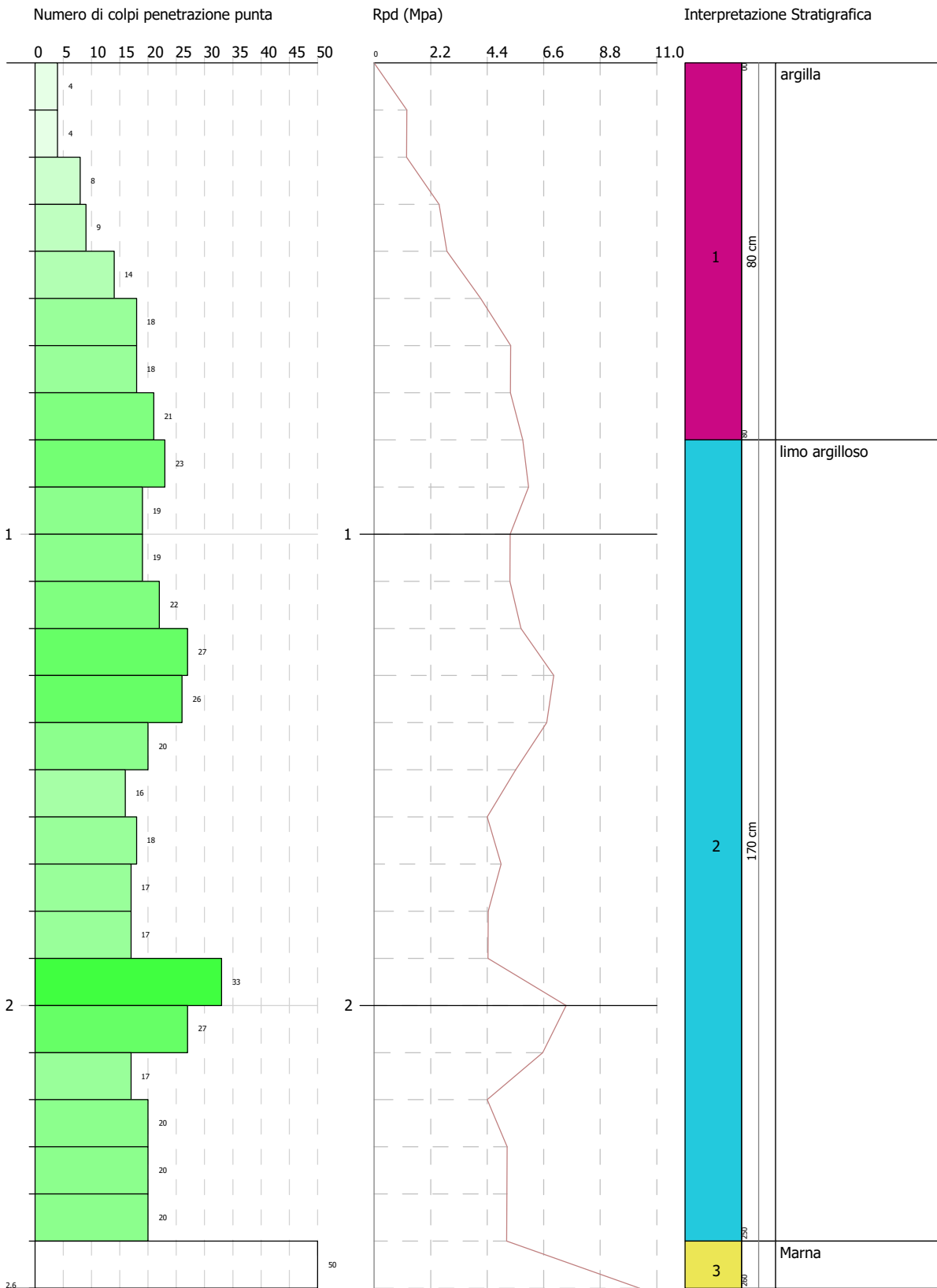
### Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' di Volume (KN/m <sup>3</sup> )
[2] - sabbia addensata	29	3.00	29	Terzaghi-Peck 1948	16.56
[3] - sabbia addensata	24	4.00	24	Terzaghi-Peck 1948	16.07

### Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unita' Volume Saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[2] - sabbia addensata	29	3.00	29	Terzaghi-Peck 1948	20.11
[3] - sabbia addensata	24	4.00	24	Terzaghi-Peck 1948	19.80
[4] - arenaria	39	4.10	39	Terzaghi-Peck 1948	20.63





**PROVA ... Nr.6**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova 2.60 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	4	0.857	1.27	1.48	63.47	74.09
0.20	4	0.855	1.27	1.48	63.32	74.09
0.30	8	0.853	2.53	2.96	126.35	148.18
0.40	9	0.851	2.84	3.33	141.83	166.70
0.50	14	0.799	4.14	5.19	207.16	259.32
0.60	18	0.797	5.31	6.67	265.73	333.41
0.70	18	0.795	5.30	6.67	265.11	333.41
0.80	21	0.743	5.78	7.78	289.14	388.97
0.90	23	0.742	6.02	8.11	300.76	405.59
1.00	19	0.790	5.29	6.70	264.61	335.05
1.10	19	0.788	5.28	6.70	264.02	335.05
1.20	22	0.736	5.71	7.76	285.64	387.96
1.30	27	0.735	6.99	9.52	349.74	476.13
1.40	26	0.733	6.72	9.17	336.01	458.49
1.50	20	0.781	5.51	7.05	275.52	352.69
1.60	16	0.780	4.40	5.64	219.95	282.15
1.70	18	0.778	4.94	6.35	246.93	317.42
1.80	17	0.776	4.65	6.00	232.73	299.78
1.90	17	0.775	4.43	5.72	221.63	286.07
2.00	33	0.673	7.48	11.11	373.82	555.31
2.10	27	0.722	6.56	9.09	327.87	454.34
2.20	17	0.770	4.41	5.72	220.31	286.07
2.30	20	0.769	5.17	6.73	258.68	336.55
2.40	20	0.767	5.16	6.73	258.18	336.55
2.50	20	0.766	5.15	6.73	257.69	336.55
2.60	50	0.614	10.34	16.83	516.81	841.37

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.6****TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - argilla	9	0.80	59.62	110.32	49.03 - 98.07	35.40	86.49	133.47	78.45	109.74	44.13	146.71	110.32
[2] - limo argilloso	17	2.50	112.58	208.39	98.07 - 196.13	65.21	164.65	220.16	143.28	176.91	83.36	261.25	208.39

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - argilla	9	0.80	4.05	--	9.18	11.03
[2] - limo	17	2.50	7.65	--	17.18	16.67

argilloso						
-----------	--	--	--	--	--	--

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla	9	0.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - limo argilloso	17	2.50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

#### Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	9	0.80	Meyerhof	19.02
[2] - limo argilloso	17	2.50	Meyerhof	20.40

#### Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	9	0.80	Meyerhof	20.89
[2] - limo argilloso	17	2.50	Meyerhof	22.46

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densita' relativa

	NSPT	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[3] - Marna	39	2.60	63.14	100	100	71.56

##### Angolo di resistenza al taglio

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[3] - Marna	39	2.60	39	38.14	31.14	38.92	32.36	41.33	42	35-38	39.19	38.7	30.91	42.93

##### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[3] - Marna	39	2.60	39	22.95	10.55	27.15	20.78

#### Classificazione AGI

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[3] - Marna	39	2.60	39	Classificazione A.G.I.	ADDENSATO

Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
[3] - Marna	39	2.60	39	Terzaghi-Peck 1948	17.41

Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità di Volume Saturo (KN/m³)
[3] - Marna	39	2.60	39	Terzaghi-Peck 1948	20.63

**PROVA ... Nr.7**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondità prova 1.40 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	4	0.857	1.27	1.48	63.47	74.09
0.20	7	0.855	2.22	2.59	110.81	129.66
0.30	20	0.803	5.95	7.41	297.36	370.45
0.40	26	0.751	7.23	9.63	361.56	481.59
0.50	28	0.749	7.77	10.37	388.39	518.63
0.60	33	0.697	8.52	12.22	426.04	611.24
0.70	38	0.695	9.79	14.08	489.29	703.86
0.80	44	0.643	10.49	16.30	524.31	814.99
0.90	38	0.692	9.27	13.40	463.40	670.10
1.00	47	0.640	10.60	16.58	530.24	828.81
1.10	49	0.638	11.03	17.28	551.28	864.08
1.20	48	0.636	10.77	16.93	538.57	846.45
1.30	49	0.635	10.97	17.28	548.31	864.08
1.40	50	0.633	11.16	17.63	558.01	881.72

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.7**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - argilla	4	0.20	24.52	49.03	14.71 - 24.52	15.98	38.05	60.90	35.60	71.69	19.61	67.67	49.03
[2] - argilla marnosa	30	1.30	198.58	367.75	98.07 - 196.13	110.32	292.53	413.06	238.60	302.93	147.10	505.73	367.75
[3] -	39	1.40	258.11	478.07	0.00	139.16	381.48	528.87	297.44	402.46	191.23	658.71	478.07

marna														
-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - argilla	4	0.20	1.80	5.88	4.18	4.90
[2] - argilla marnosa	30	1.30	13.50	--	30.18	29.42
[3] - marna	39	1.40	17.55	--	39.18	38.25

### Classificazione AGI

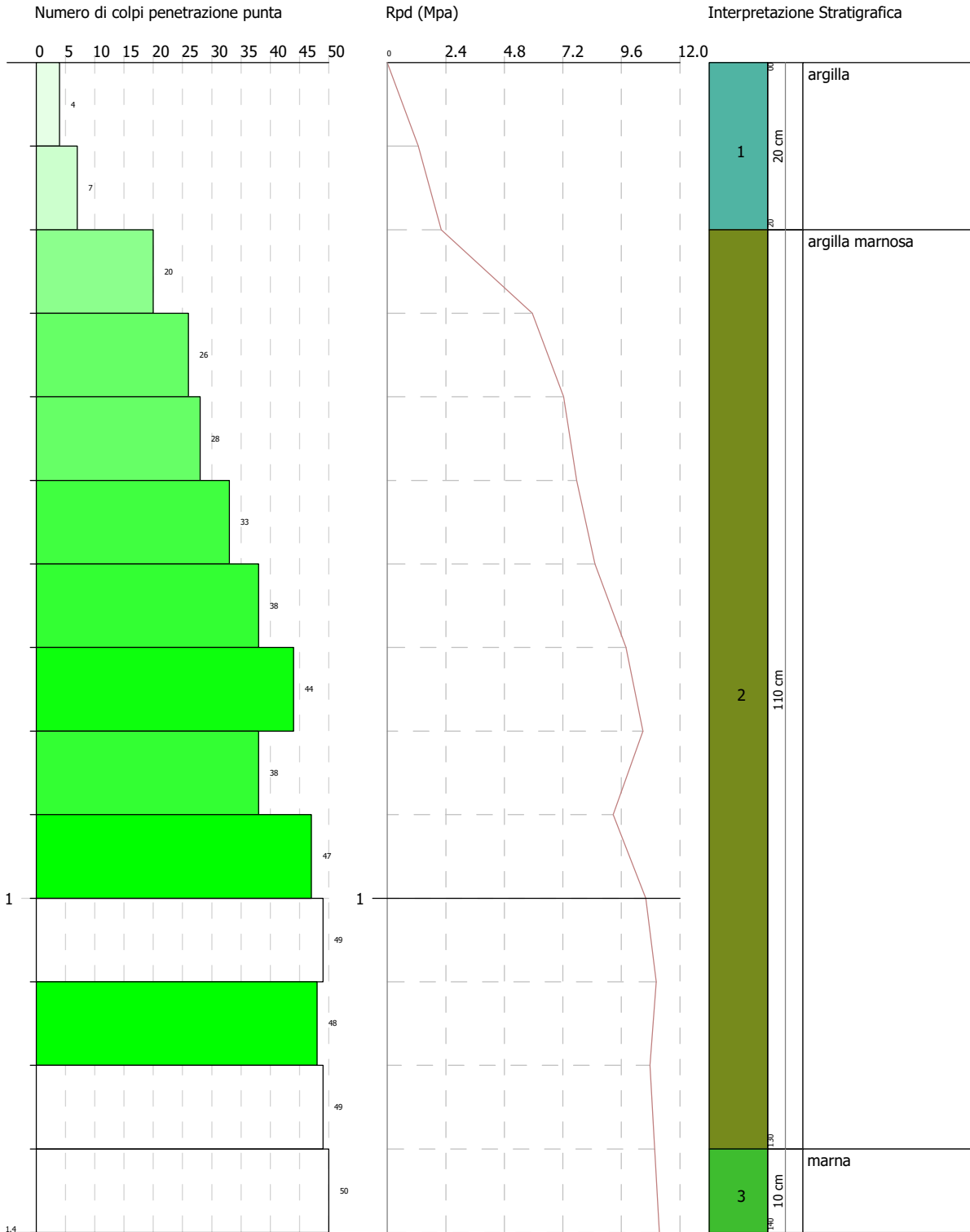
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - argilla	4	0.20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - argilla marnosa	30	1.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - marna	39	1.40	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

### Peso unita' di volume

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	4	0.20	Meyerhof	16.67
[2] - argilla marnosa	30	1.30	Meyerhof	21.18
[3] - marna	39	1.40	Meyerhof	24.22

### Peso unita' di volume saturo

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - argilla	4	0.20	Meyerhof	18.34
[2] - argilla marnosa	30	1.30	Meyerhof	23.24
[3] - marna	39	1.40	Meyerhof	24.52



**PROVA ... Nr.8**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova 6.90 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	30	0.757	8.41	11.11	420.42	555.68
0.20	32	0.705	8.35	11.85	417.65	592.72
0.30	30	0.753	8.37	11.11	418.25	555.68
0.40	35	0.701	9.09	12.97	454.30	648.29
0.50	20	0.799	5.92	7.41	295.94	370.45
0.60	17	0.797	5.02	6.30	250.96	314.88
0.70	17	0.795	5.01	6.30	250.38	314.88
0.80	16	0.793	4.70	5.93	235.11	296.36
0.90	14	0.792	3.91	4.94	195.41	246.88
1.00	17	0.790	4.74	6.00	236.76	299.78
1.10	18	0.788	5.00	6.35	250.13	317.42
1.20	22	0.736	5.71	7.76	285.64	387.96
1.30	28	0.735	7.25	9.88	362.69	493.76
1.40	30	0.733	7.75	10.58	387.71	529.03
1.50	30	0.731	7.74	10.58	386.83	529.03
1.60	32	0.680	7.67	11.29	383.47	564.30
1.70	33	0.678	7.89	11.64	394.51	581.93
1.80	34	0.676	8.11	11.99	405.50	599.57
1.90	27	0.725	6.59	9.09	329.28	454.34
2.00	25	0.723	6.08	8.41	304.23	420.69
2.10	30	0.722	7.29	10.10	364.30	504.82
2.20	38	0.670	8.57	12.79	428.51	639.44
2.30	31	0.669	6.98	10.43	348.79	521.65
2.40	30	0.717	7.24	10.10	362.03	504.82
2.50	31	0.666	6.95	10.43	347.25	521.65
2.60	21	0.714	5.05	7.07	252.40	353.38
2.70	7	0.813	1.91	2.36	95.74	117.79
2.80	5	0.811	1.37	1.68	68.27	84.14
2.90	12	0.810	3.13	3.86	156.41	193.09
3.00	20	0.759	4.88	6.44	244.16	321.82
3.10	28	0.707	6.37	9.01	318.69	450.55
3.20	21	0.706	4.77	6.76	238.57	337.91
3.30	23	0.705	5.22	7.40	260.80	370.10
3.40	30	0.703	6.79	9.65	339.56	482.73
3.50	29	0.702	6.55	9.33	327.64	466.64
3.60	28	0.701	6.32	9.01	315.78	450.55
3.70	30	0.700	6.75	9.65	337.74	482.73
3.80	34	0.648	7.09	10.94	354.75	547.10
3.90	30	0.697	6.45	9.25	322.46	462.50
4.00	25	0.696	5.37	7.71	268.26	385.41
4.10	24	0.695	5.14	7.40	257.09	370.00
4.20	24	0.694	5.13	7.40	256.67	370.00
4.30	19	0.743	4.35	5.86	217.51	292.91
4.40	17	0.741	3.89	5.24	194.32	262.08
4.50	14	0.740	3.20	4.32	159.79	215.83
4.60	12	0.789	2.92	3.70	146.01	185.00
4.70	11	0.788	2.67	3.39	133.66	169.58
4.80	7	0.787	1.70	2.16	84.94	107.92
4.90	8	0.786	1.86	2.37	93.05	118.37
5.00	10	0.785	2.32	2.96	116.15	147.96
5.10	13	0.734	2.82	3.85	141.19	192.35
5.20	13	0.733	2.82	3.85	140.99	192.35

5.30	15	0.732	3.25	4.44	162.47	221.94
5.40	15	0.731	3.25	4.44	162.25	221.94
5.50	12	0.780	2.77	3.55	138.51	177.56
5.60	14	0.729	3.02	4.14	151.04	207.15
5.70	15	0.728	3.23	4.44	161.62	221.94
5.80	13	0.727	2.80	3.85	139.89	192.35
5.90	18	0.726	3.72	5.12	185.97	256.03
6.00	26	0.675	5.00	7.40	249.81	369.82
6.10	22	0.675	4.22	6.26	211.10	312.93
6.20	30	0.674	5.75	8.53	287.49	426.72
6.30	28	0.673	5.36	7.97	267.98	398.27
6.40	22	0.672	4.21	6.26	210.29	312.93
6.50	32	0.621	5.65	9.10	282.74	455.17
6.60	37	0.620	6.53	10.53	326.49	526.29
6.70	31	0.620	5.46	8.82	273.18	440.94
6.80	28	0.669	5.33	7.97	266.34	398.27
6.90	50	0.568	7.78	13.69	388.89	684.72

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.8

### TERRENI COESIVI

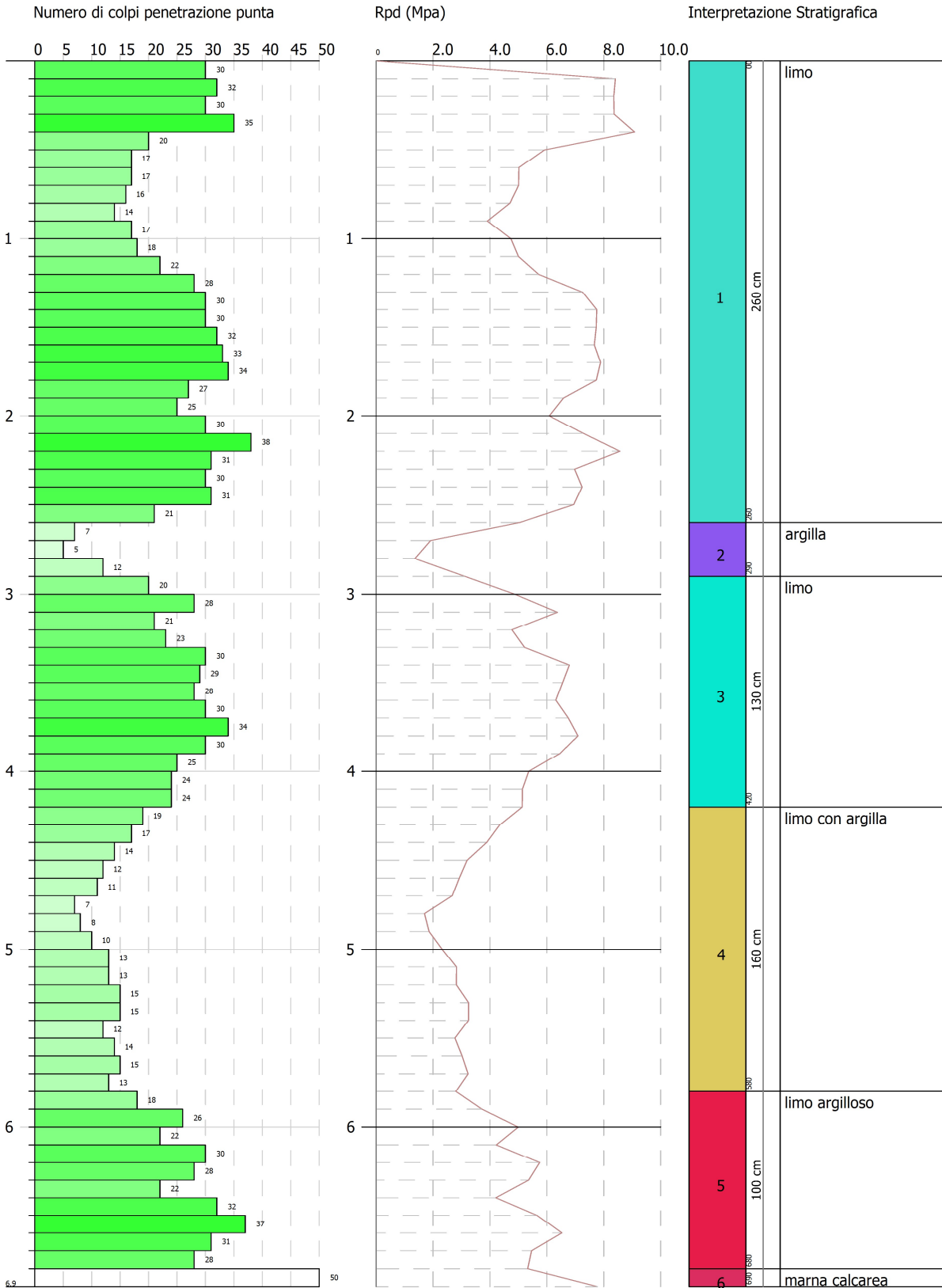
Coesione non drenata (KPa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUNDA (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - limo	21	2.60	139.06	257.42	98.07 - 196.13	79.53	203.88	279.59	173.87	213.39	102.97	329.50	257.42
[2] - argilla	6	2.90	36.77	73.55	24.52 - 49.03	23.83	57.37	78.94	52.96	86.49	29.42	68.35	73.55
[3] - limo	21	4.20	139.06	257.42	98.07 - 196.13	79.53	203.88	253.80	173.87	213.39	102.97	305.97	257.42
[4] - limo con argilla	10	5.80	66.19	122.58	49.03 - 98.07	39.23	96.20	117.29	86.79	117.68	49.03	95.12	122.58
[5] - limo argilloso	21	6.80	139.06	257.42	98.07 - 196.13	79.53	203.88	233.99	173.87	213.39	102.97	267.72	257.42
[6] - marna calcarea	39	6.90	258.11	478.07	0.00	139.16	381.48	410.70	297.44	402.46	191.23	563.59	478.07

### Modulo Edometrico (Mpa)

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - limo	21	2.60	9.45	--	21.18	20.59
[2] - argilla	6	2.90	2.70	--	6.18	7.35
[3] - limo	21	4.20	9.45	--	21.18	20.59
[4] - limo con argilla	10	5.80	4.50	--	10.18	12.26
[5] - limo argilloso	21	6.80	9.45	--	21.18	20.59
[6] - marna calcarea	39	6.90	17.55	--	39.18	38.25





**Classificazione AGI**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - limo	21	2.60	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[2] - argilla	6	2.90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - limo	21	4.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - limo con argilla	10	5.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] - limo argilloso	21	6.80	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[6] - marna calcarea	39	6.90	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - limo	21	2.60	Meyerhof	20.59
[2] - argilla	6	2.90	Meyerhof	17.75
[3] - limo	21	4.20	Meyerhof	20.59
[4] - limo con argilla	10	5.80	Meyerhof	19.32
[5] - limo argilloso	21	6.80	Meyerhof	20.59
[6] - marna calcarea	39	6.90	Meyerhof	24.22

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - limo	21	2.60	Meyerhof	20.79
[2] - argilla	6	2.90	Meyerhof	18.53
[3] - limo	21	4.20	Meyerhof	20.79
[4] - limo con argilla	10	5.80	Meyerhof	21.28
[5] - limo argilloso	21	6.80	Meyerhof	20.79
[6] - marna calcarea	39	6.90	Meyerhof	24.52

**PROVA ... Nr.9**

Strumento utilizzato...DMP 3020 PAGANI Prova eseguita in data 31/10/2023

Profondita' prova 7.40 mt Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondita' (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	7	0.857	2.22	2.59	111.06	129.66
0.20	12	0.855	3.80	4.45	189.96	222.27
0.30	16	0.803	4.76	5.93	237.89	296.36
0.40	23	0.751	6.40	8.52	319.84	426.02
0.50	17	0.799	5.03	6.30	251.55	314.88
0.60	14	0.797	4.13	5.19	206.68	259.32
0.70	17	0.795	5.01	6.30	250.38	314.88
0.80	18	0.793	5.29	6.67	264.50	333.41
0.90	21	0.742	5.49	7.41	274.61	370.32
1.00	20	0.790	5.57	7.05	278.54	352.69
1.10	10	0.838	2.96	3.53	147.78	176.34
1.20	10	0.836	2.95	3.53	147.47	176.34

1.30	29	0.735	7.51	10.23	375.65	511.40
1.40	14	0.783	3.87	4.94	193.27	246.88
1.50	10	0.831	2.93	3.53	146.58	176.34
1.60	10	0.830	2.93	3.53	146.29	176.34
1.70	7	0.828	2.04	2.47	102.20	123.44
1.80	5	0.826	1.46	1.76	72.86	88.17
1.90	2	0.825	0.56	0.67	27.76	33.65
2.00	13	0.773	3.38	4.38	169.14	218.76
2.10	8	0.822	2.21	2.69	110.61	134.62
2.20	6	0.820	1.66	2.02	82.80	100.96
2.30	7	0.819	1.93	2.36	96.43	117.79
2.40	5	0.817	1.38	1.68	68.75	84.14
2.50	4	0.816	1.10	1.35	54.90	67.31
2.60	6	0.814	1.64	2.02	82.21	100.96
2.70	9	0.813	2.46	3.03	123.10	151.45
2.80	10	0.811	2.73	3.37	136.54	168.27
2.90	6	0.810	1.56	1.93	78.21	96.55
3.00	6	0.809	1.56	1.93	78.07	96.55
3.10	12	0.807	3.12	3.86	155.89	193.09
3.20	10	0.806	2.59	3.22	129.69	160.91
3.30	11	0.805	2.85	3.54	142.43	177.00
3.40	9	0.803	2.33	2.90	116.35	144.82
3.50	10	0.802	2.58	3.22	129.07	160.91
3.60	6	0.801	1.55	1.93	77.32	96.55
3.70	3	0.800	0.77	0.97	38.60	48.27
3.80	4	0.798	1.03	1.29	51.39	64.36
3.90	4	0.797	0.98	1.23	49.16	61.67
4.00	8	0.796	1.96	2.47	98.18	123.33
4.10	10	0.795	2.45	3.08	122.54	154.17
4.20	11	0.794	2.69	3.39	134.60	169.58
4.30	9	0.793	2.20	2.77	109.97	138.75
4.40	5	0.791	1.22	1.54	61.01	77.08
4.50	3	0.790	0.73	0.92	36.55	46.25
4.60	5	0.789	1.22	1.54	60.84	77.08
4.70	5	0.788	1.22	1.54	60.75	77.08
4.80	2	0.787	0.49	0.62	24.27	30.83
4.90	2	0.786	0.47	0.59	23.26	29.59
5.00	12	0.785	2.79	3.55	139.39	177.56
5.10	18	0.734	3.91	5.33	195.49	266.33
5.20	16	0.733	3.47	4.73	173.53	236.74
5.30	14	0.732	3.03	4.14	151.64	207.15
5.40	18	0.731	3.89	5.33	194.70	266.33
5.50	10	0.780	2.31	2.96	115.42	147.96
5.60	14	0.729	3.02	4.14	151.04	207.15
5.70	8	0.778	1.84	2.37	92.12	118.37
5.80	9	0.777	2.07	2.66	103.51	133.17
5.90	15	0.726	3.10	4.27	154.98	213.36
6.00	11	0.775	2.43	3.13	121.33	156.46
6.10	10	0.775	2.20	2.84	110.18	142.24
6.20	12	0.774	2.64	3.41	132.06	170.69
6.30	13	0.723	2.67	3.70	133.67	184.91
6.40	16	0.722	3.29	4.55	164.32	227.58
6.50	19	0.721	3.90	5.41	194.90	270.26
6.60	23	0.670	4.39	6.54	219.31	327.15
6.70	22	0.670	4.19	6.26	209.52	312.93
6.80	20	0.719	4.09	5.69	204.47	284.48
6.90	16	0.718	3.15	4.38	157.31	219.11
7.00	11	0.767	2.31	3.01	115.56	150.64
7.10	23	0.666	4.20	6.30	209.90	314.97
7.20	20	0.716	3.92	5.48	196.00	273.89
7.30	27	0.665	4.92	7.39	245.84	369.75
7.40	30	0.664	5.46	8.22	272.85	410.83

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.9****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (KPa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	SUND A (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - limo	13	1.00	86.00	159.36	49.03 - 98.07	50.50	125.53	181.23	111.40	142.29	63.74	213.39	159.36
[2] - argilla	6	4.90	36.77	73.55	24.52 - 49.03	23.83	57.37	77.96	52.96	86.49	29.42	42.95	73.55
[3] - limo	13	7.40	86.00	159.36	49.03 - 98.07	50.50	125.53	138.86	111.40	142.29	63.74	121.90	159.36

**Modulo Edometrico (Mpa)**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - limo	13	1.00	5.85	--	13.18	12.75
[2] - argilla	6	4.90	2.70	--	6.18	7.35
[3] - limo	13	7.40	5.85	--	13.18	12.75

**Classificazione AGI**

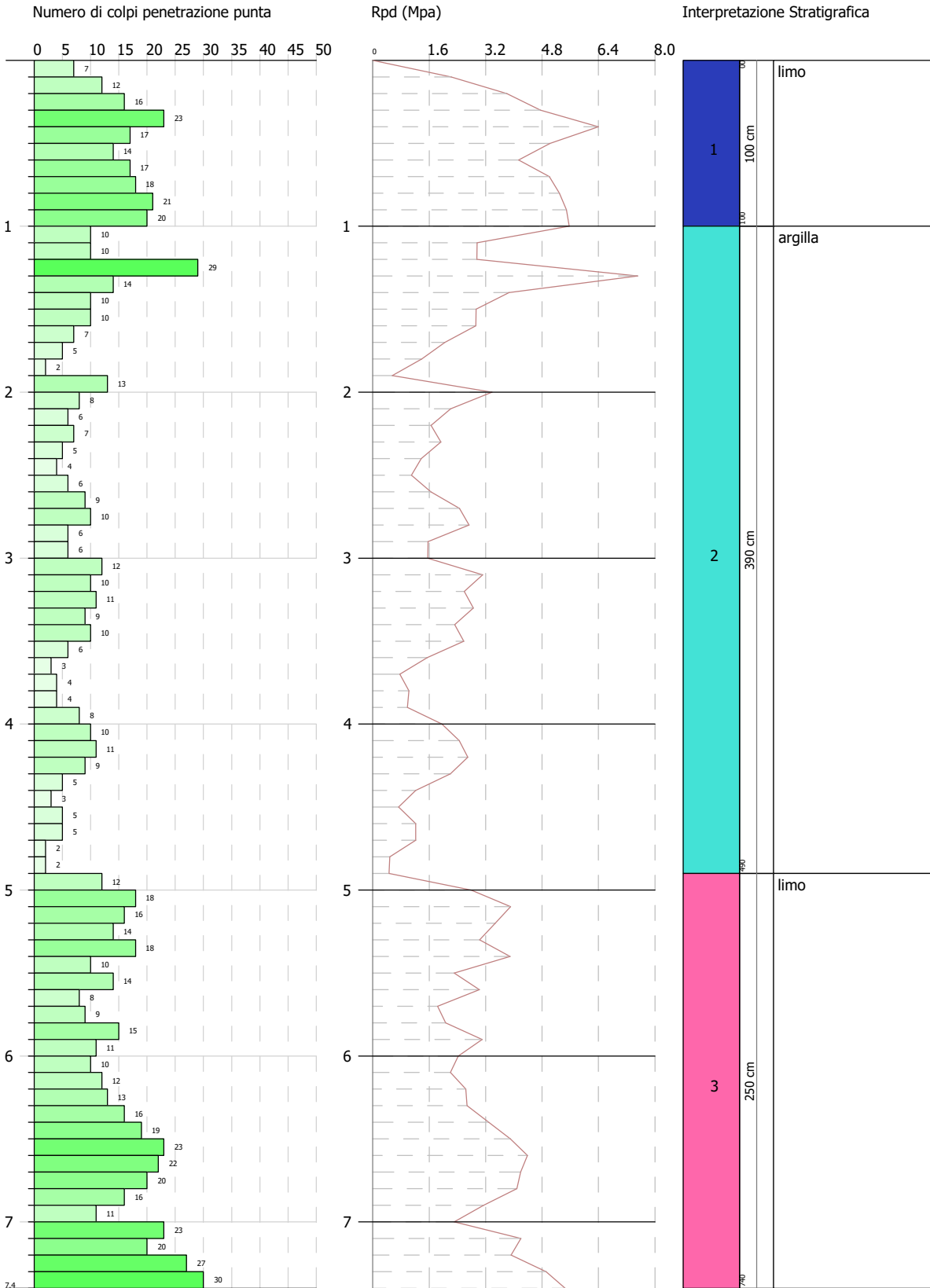
	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - limo	13	1.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[2] - argilla	6	4.90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - limo	13	7.40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unita' di volume**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - limo	13	1.00	Meyerhof	20.01
[2] - argilla	6	4.90	Meyerhof	17.75
[3] - limo	13	7.40	Meyerhof	20.01

**Peso unita' di volume saturo**

	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unita' di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
[1] - limo	13	1.00	Meyerhof	21.97
[2] - argilla	6	4.90	Meyerhof	18.53
[3] - limo	13	7.40	Meyerhof	21.97



## **PROSPEZIONI SISMICHE DI TIPO MASW**

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame si sono effettuate acquisizioni con metodologia *MASW* (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio.

Le prospezioni sismiche costituiscono il più diffuso tra i rilievi geofisici a scopo ingegneristico. Esse si riferiscono a tutte quelle prospezioni di carattere geofisico che osservano il comportamento di *onde di tipo meccanico* all'interno di mezzi materiali.

Queste onde possono avere una duplice natura e nello specifico possono essere generate artificialmente a mezzo di energizzatori specifici o possono essere naturali; in funzione della Tipologia di sorgente si compie la distinzione in *sismica attiva* e *sismica passiva*. Indipendentemente dalla tipologia di sorgente utilizzata, che tuttavia condiziona di fatto il tipo di segnale sismico e conseguentemente l'analisi del dato, ciò che accade è che l'onda meccanica attraversando uno o più mezzi fisici si modifica acquisendone e registrandone le caratteristiche meccaniche e geometriche e pertanto divenendo a tutti gli effetti specifica del mezzo attraversato.

Questa metodologia è riconosciuta nella pratica scientifico-applicativa come una attendibile procedura per la valutazione della  $V_{s(eq)}$  in alternativa o in aggiunta ad altre tecniche di misura più costose.

Nel loro insieme, le procedure e le classificazioni adottate sono state eseguite in accordo alle DECRETO 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» pubblicate su supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale”, n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale.

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,Eq}$  (m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;  $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;  $N$  numero di strati;

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

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni di sito specifiche garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni.

Lo scopo dell'indagine MASW è stato quello di definire il profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio) e di classificare i terreni sulla base del valore della  $V_{seq}$ .

Ai sensi del Decreto 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" si ha la seguente classificazione (Tab. 3.2.II):

Categorie	Descrizione
<b>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 uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>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>C</b>	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.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>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 30 m.

**CATEGORIE DI SOTTOSUOLO AI SENSI DEL DM 17/01/2018**

## **GENERALITÀ SULLA METODOLOGIA MASW**

Il termine MASW è l'acronimo di Multi-channel Analysis of Surface Waves (Analisi Multi-canale di Onde di Superficie).

La MASW classica/standard consiste nella registrazione della propagazione delle onde di Rayleigh.

Più in dettaglio, le onde di Rayleigh vengono generate da una sorgente ad impatto verticale (in genere mediante massa battente del peso di 12 Kg su piastra in alluminio) o da un cannoncino sismico e vengono poi registrate tramite geofoni a componente verticale a frequenza propria di 4.5Hz.

Più specificatamente si analizza la dispersione delle onde di superficie sapendo che frequenze diverse e quindi lunghezze d'onda diverse -viaggiano a velocità diversa.

Va precisato, inoltre, che l'elaborazione non ha goduto di correlazione con dati diretti profondi ma solo di informazioni geologiche di superficie, quindi tutte le associazioni a mezzi litologici di seguito esposte sono condotte sulla base di informazioni geologiche di massima e pertanto sono passibili di errore.

Più in dettaglio è doveroso precisare che le associazioni ai mezzi litologici contenute nel report geofisico non essendo frutto di correlazione con dati diretti profondi, bensì di informazioni geologiche di superficie, sono passibili di errore e vanno intese come indicative e non esaustive della litostratigrafia geologia del sottosuolo.

Inoltre bisogna aggiungere che questa metodica, come tutte le prove indirette (rifrazione, geoelettrica, georadar, gravimetria ecc.), ricostruisce il modello del sottosuolo tramite processi di inversione matematica che cercano la “soluzione migliore” in grado di spiegare il dato registrato, quindi, per loro stessa natura, soprattutto quando la qualità del segnale non è ottimale (il che accade nella quasi totalità della pratiche di campagna), a parità di segnale verificano anche più modelli (non univocità della soluzione), ovvero a modelli diversi possono



corrispondere curve di dispersione pressoché uguali (profili equivalenti) da qui la necessità di tarare il dato geofisico con informazioni dirette.

A ciò va comunque aggiunto che il parametro  $V_{s,eq}$  misurato con la prospezione Masw resta piuttosto stabile, infatti, i diversi modelli che hanno simile curva di dispersione del modo fondamentale producono analogo valore della  $V_{s,eq}$ .

Inoltre nell'interpretazione dei dati è opportuno ricordare quanto segue:

un orizzonte litologico non sempre coincide con quello rilevato attraverso profili sismici, in quanto la velocità di propagazione di un impulso sismico può variare nell'ambito dello stesso litotipo per differenze dovute a presenza di fratture, diverso grado di porosità, diverso grado di compattazione ecc., ovvero in base alle caratteristiche elastiche;

la tecnica di rilevamento Masw non fornisce una sezione di velocità bensì una verticale di velocità  $V_s$ , in coincidenza del centro dello stendimento sismico;

la massima profondità raggiungibile con tale metodica dipende da più fattori:

*A) profilo di  $V_s$  del terreno (spessori, rigidità strati, densità)*

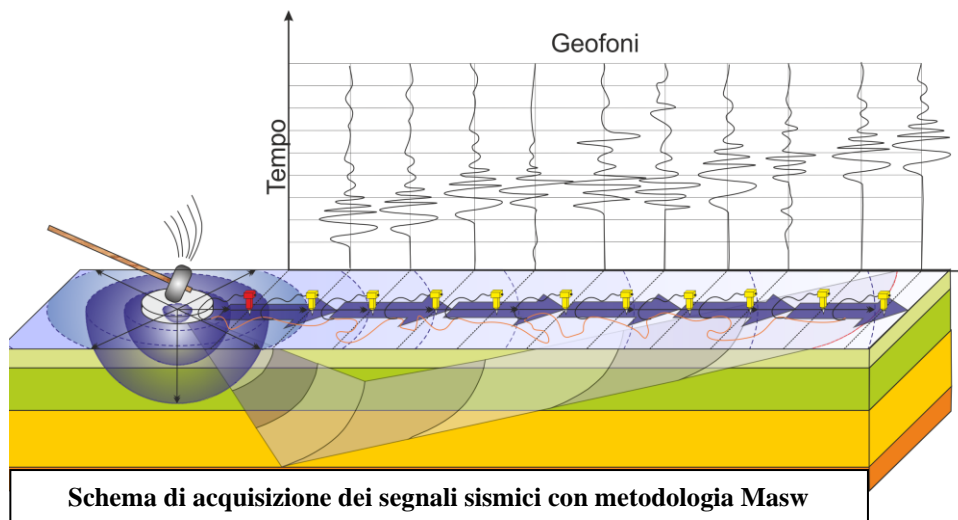
*B) spettro della sorgente (cioè la sorgente energizzante)*

*C) lunghezza dello stendimento.*

La tecnica di rilevamento masw fornisce il valore della  $V_{s,eq}$  a partire dal piano campagna e non dal piano fondazione così come previsto e richiesto dalla normativa vigente pertanto un più corretto e rappresentativo valore di  $V_s$  è possibile solo nel momento in cui allo scrivente viene indicata una profondità di riferimento precisa (piano di posa delle fondazioni) e comunque in presenza di un modello geologico del sottosuolo quanto più possibile dettagliato e reale.

## ACQUISIZIONE DEI DATI

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz.



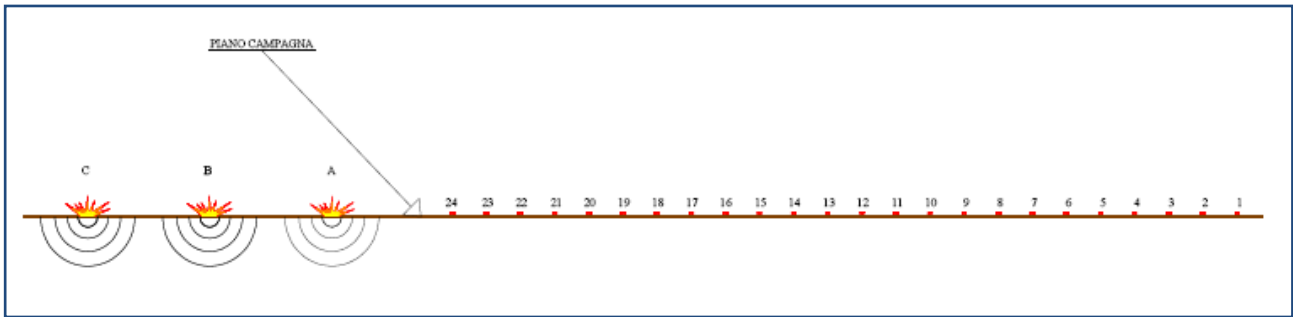
L'attrezzatura è completata da due cavi sismici a 12 takes out spaziate di 5 m, con connettore cannon, montato su bobina, geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, geofono trigger montato a breve distanza dalla massa battente del peso di 10 kg.

Le acquisizioni della masw sono state svolte secondo la seguente geometria:

STENDIMENTO SISMICO	N. CANALI	DISTANZA INTERGEOFONICA	LUNGHEZZA BASE SISMICA	TIPO DI ONDE SISMICHE	TIPO DI SUOLO DI FONDAZIONE
MASW 1	24	3 m	69 m	Rayleigh	B
MASW 2	24	2 m	48 m	Rayleigh	B
MASW 3	24	3 m	69 m	Rayleigh	B
MASW 4	24	3 m	69 m	Rayleigh	E
MASW 5	24	3 m	69 m	Rayleigh	B

Gli scoppi sono stati effettuati secondo la seguente geometria:

Numero di offset con scoppi effettuati a + 4 m, + 6 m, rispetto al primo geofono.



### GEOMETRIA DELLA LINEA SISMICA

I dati sono stati acquisiti su PC e poi elaborati con il software *WinMasw standard 4.6* della *Eliosoft*.

## **ELABORAZIONE DEI DATI DI SISMICA MASW**

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale "phase velocità - frequency (v-f)" che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo lo stendimento sismico.

Dallo spettro bidimensionale ottenuto dalle registrazioni è possibile distinguere il "modo fondamentale" delle onde di superficie, in quanto le onde di Rayleigh presentano un carattere marcatamente dispersivo che le differenzia da altri tipi di onde (onde riflesse, onde rifratte, onde multiple).

Il metodo Masw consente di distinguere il modo fondamentale e quelli superiori delle onde di superficie nel campo delle frequenze compreso tra i 5 e i 60 Hz e di ottenere informazioni sia "superficiali" sia "profonde"; sullo spettro di frequenza viene eseguito un "*picking*" attribuendo ad un certo numero di punti una o più velocità di fase per un determinato numero di frequenze, oppure si utilizza il *picking*.

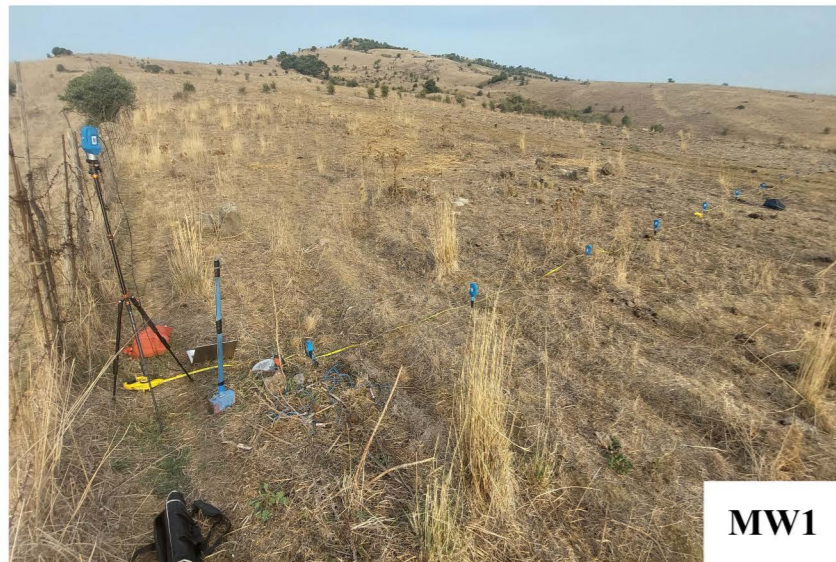
Tali valori vengono successivamente riportati su un diagramma frequenza-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

Variando la geometria del modello di partenza ed i valori di velocità delle onde S si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione fino a conseguire un buon "*fitting*" con i valori sperimentali.

L'analisi dello spettro bidimensionale "v-f" consente di ricostruire un modello sismico monodimensionale del sottosuolo costituito dall'andamento delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità; Gli spettri v-f ottenuti energizzando a destra e a sinistra di ciascuno stendimento risultano pressochè simili.

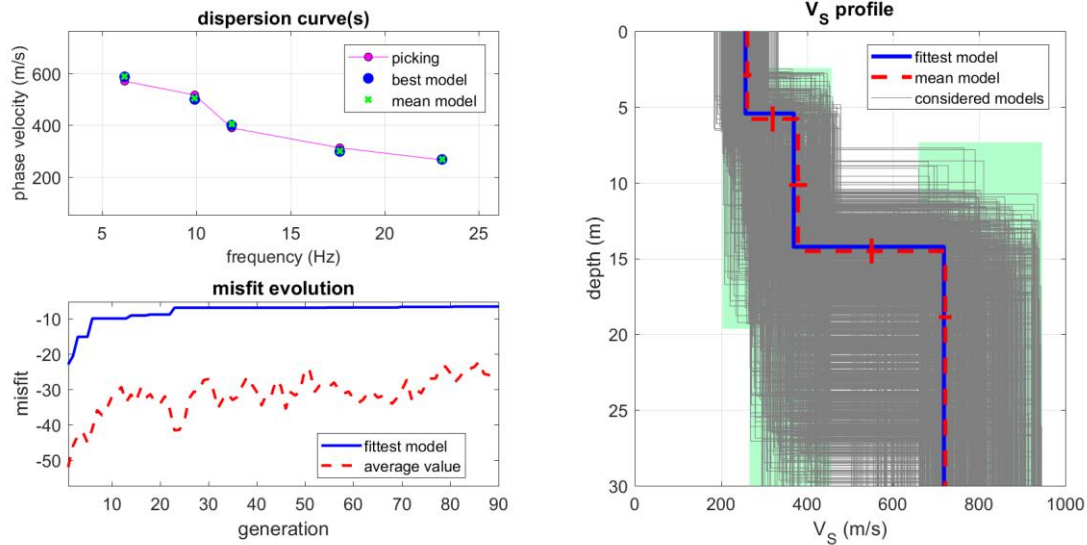
# PROSPEZIONI SISMICHE ESEGUITE

## CON METODOLOGIA MASW



## ELABORAZIONE MASW 1

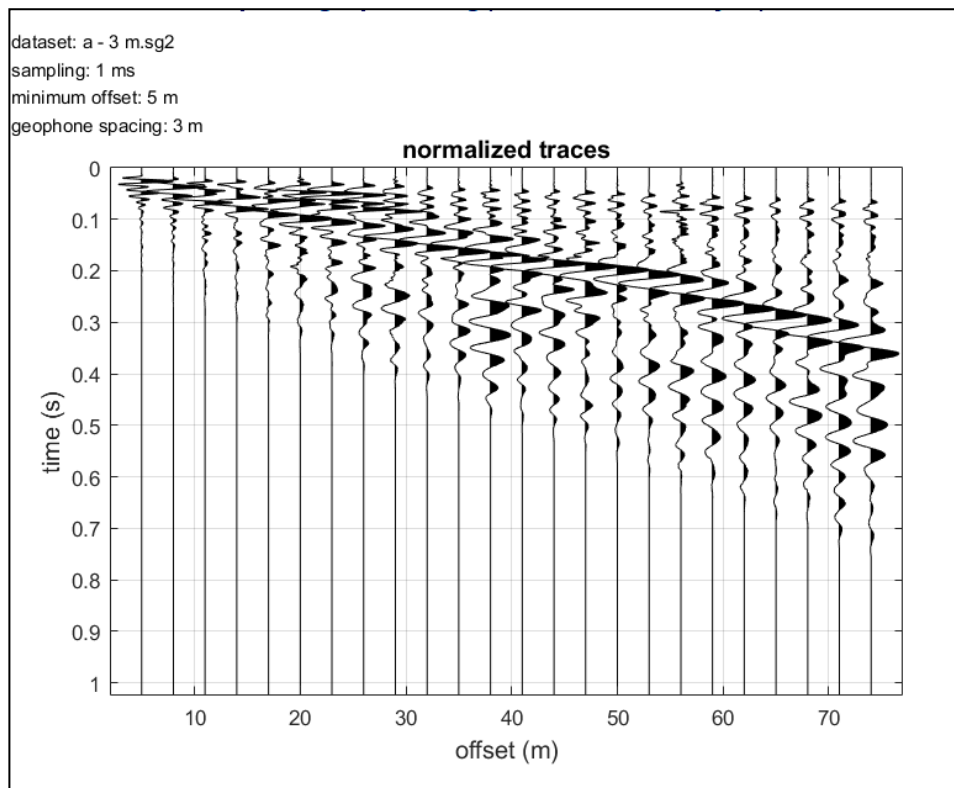
Dall'inversione della curva di dispersione determinata tramite software Win-Masw si ottiene il seguente modello medio del profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità:



[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

dispersion curve: BOLOGNETTA MASW 1.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 448 448 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 450 450 m/s

**INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE VS IDENTIFICATO.**



Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia con un modello medio individuato tramite il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio del sottosuolo è costituito da tre sismostrati:

- X un primo sismo orizzonte mediamente consistente con  $V_s$  di circa 261 m/s, spessore di circa 6 m;
- X un secondo sismo orizzonte mediamente consistente con  $V_s$  di circa 379 m/s con spessore di 9 m;
- X un terzo sismo orizzonte mediamente rigido con  $V_s$  di 721 m/s.

#### **Analyzing Phase velocities**

**Considered dispersion curve: BOLOGNETTA MASW 1.cdp**

**Analysis: Rayleigh Waves**

#### ***Subsurface Model***

$V_s$  (m/s): 261, 379, 721

Standard deviations (m/s): 9, 21, 15

Thickness (m): 5.8, 8.7

Standard deviations (m/s): 0.1, 0.7

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.91 2.00 2.15

Shear modulus (MPa) (approximate values): 130 287 1119

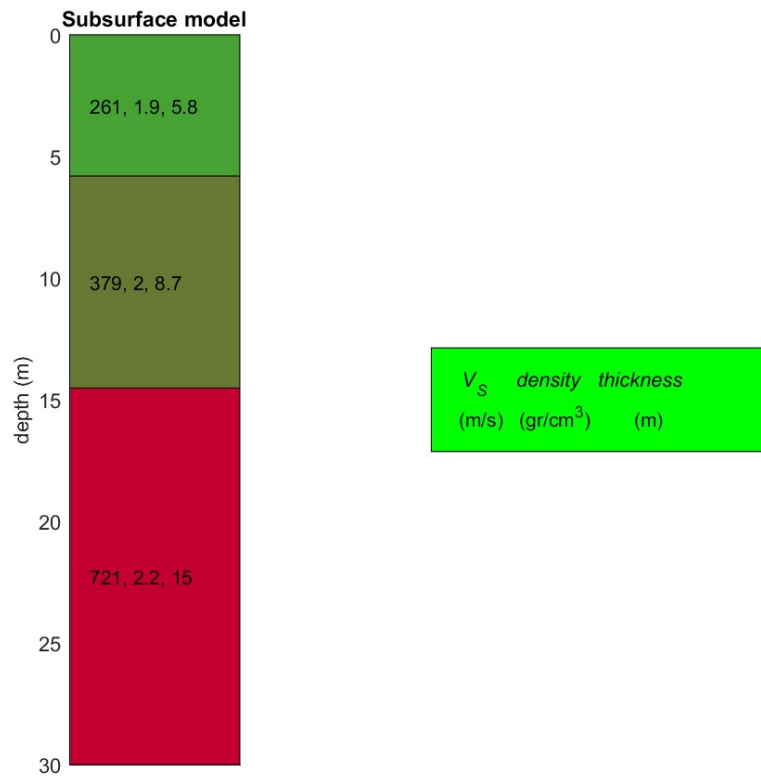
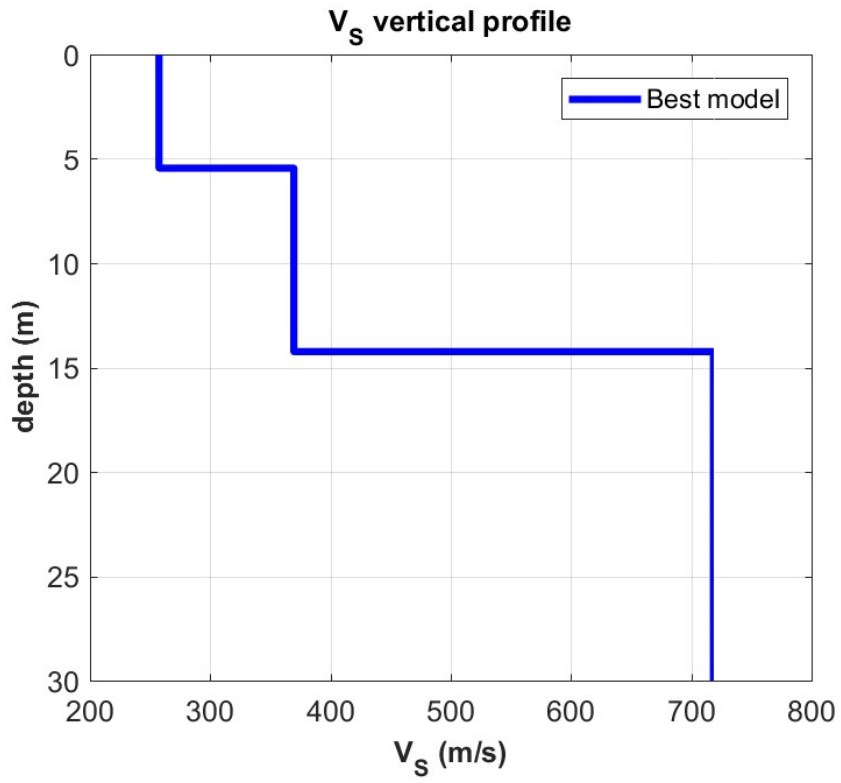
Approximate values for  $V_p$  and Poisson

$V_p$  (m/s): 543 789 1501

$V_{s30}$  and  $V_{sEq}$  (m/s): 450

#### **CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE - NTC 2018**

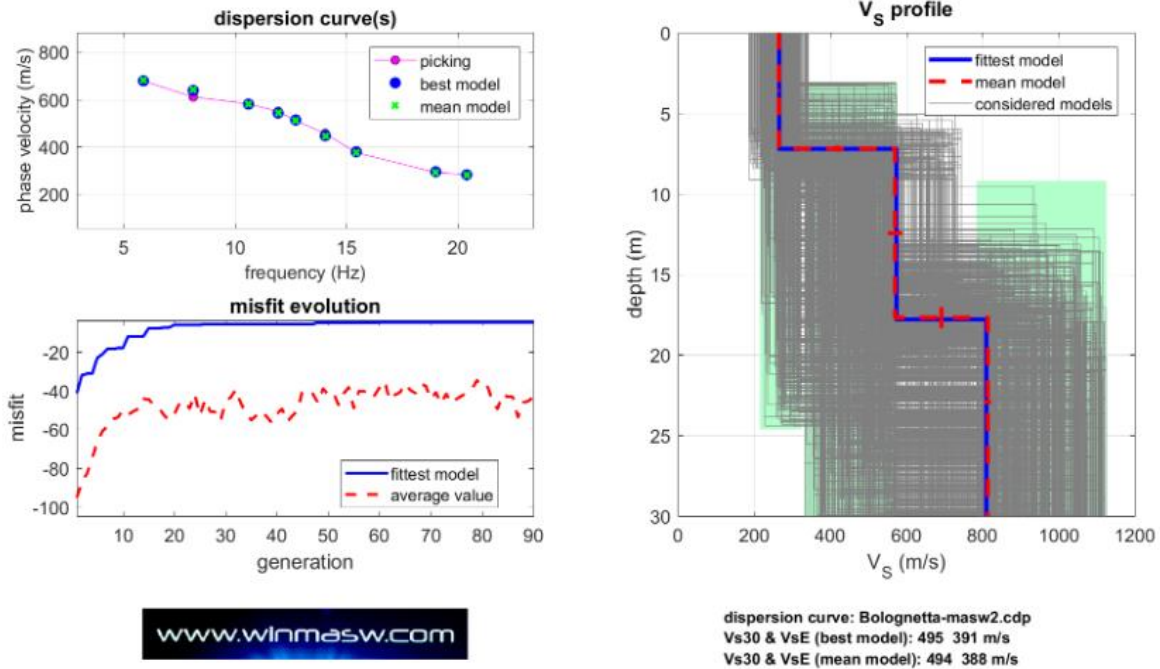
Il sito in esame ai sensi delle norme tecniche per le costruzioni – Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, rientra nella categoria sottosuolo di tipo B- *Rocce tenere e depositi 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.*





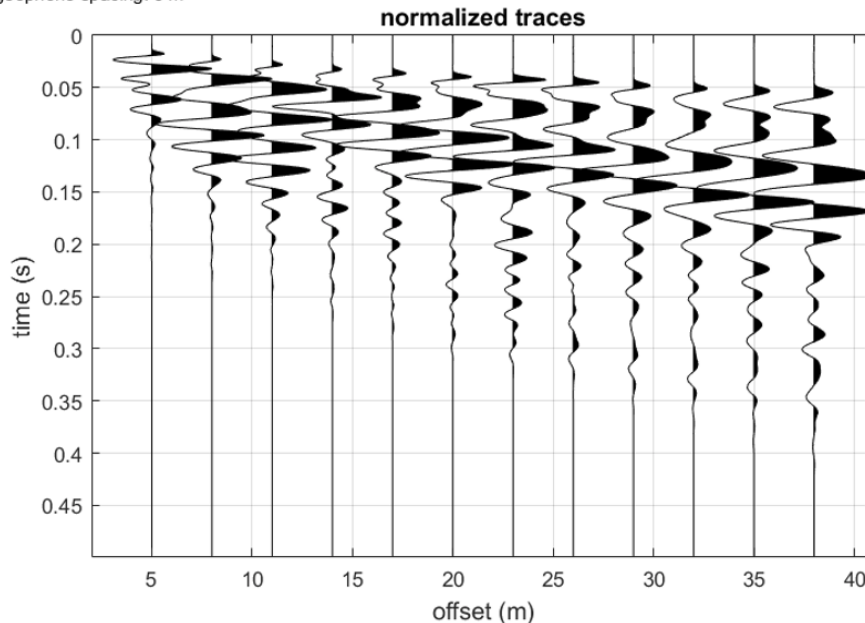
## ELABORAZIONE MASW 2

Dall'inversione della curva di dispersione determinata tramite software Win-Masw si ottiene il seguente modello medio del profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità:



**INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE VS IDENTIFICATO.**

dataset: 2023-06-10\_13-19-23\_01000\_0050\_012\_A\_cquis\_sEG2.dat  
sampling: 1 ms  
minimum offset: 5 m  
geophone spacing: 3 m



Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia con un modello medio individuato tramite il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio del sottosuolo è costituito da tre sismostrati:

X un primo sismo orizzonte consistente con Vs di 265 m/s, spessore di 7 m;

X un secondo sismo orizzonte mediamente consistente con Vs di 570 m/s e spessore di 10.5 m;

X un terzo sismo orizzonte molto consistente a comportamento rigido con Vs di 814 m/s.

**Analyzing Phase velocities**  
**Considered dispersion curve: BOLOGNETTA\_MASW2.cdp**  
**Analysis: Rayleigh Waves**

**Subsurface Model**

Vs (m/s): 265, 570, 814

Standard deviations (m/s): 2, 18, 9

Thickness (m): 7.2, 10.5

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.6

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.91 2.10 2.18

Shear modulus (MPa) (approximate values): 134 681 1446

Vp (m/s): 552 1187 1694

VsEq (m/s): 388

**CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE - NTC 2018**

Il sito in esame ai sensi delle norme tecniche per le costruzioni – Decreto 17 gennaio 2018

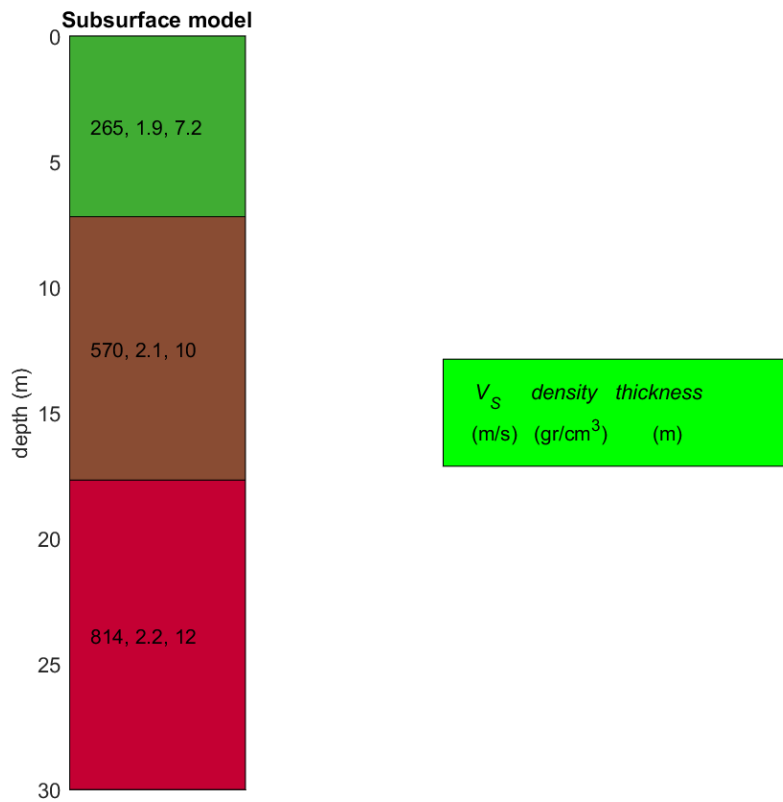
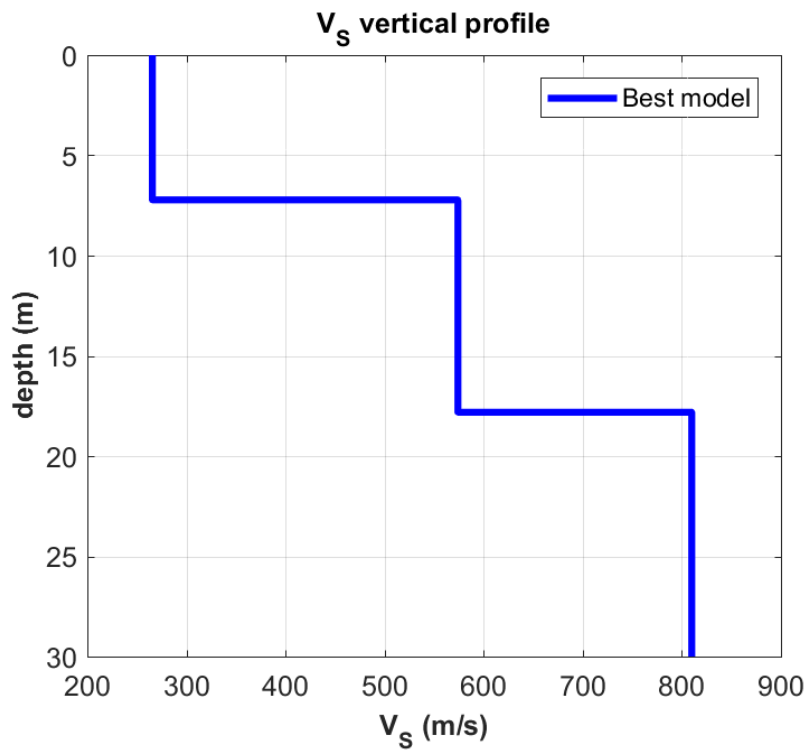
in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento

ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, rientra nella categoria sottosuolo di tipo

*B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina*

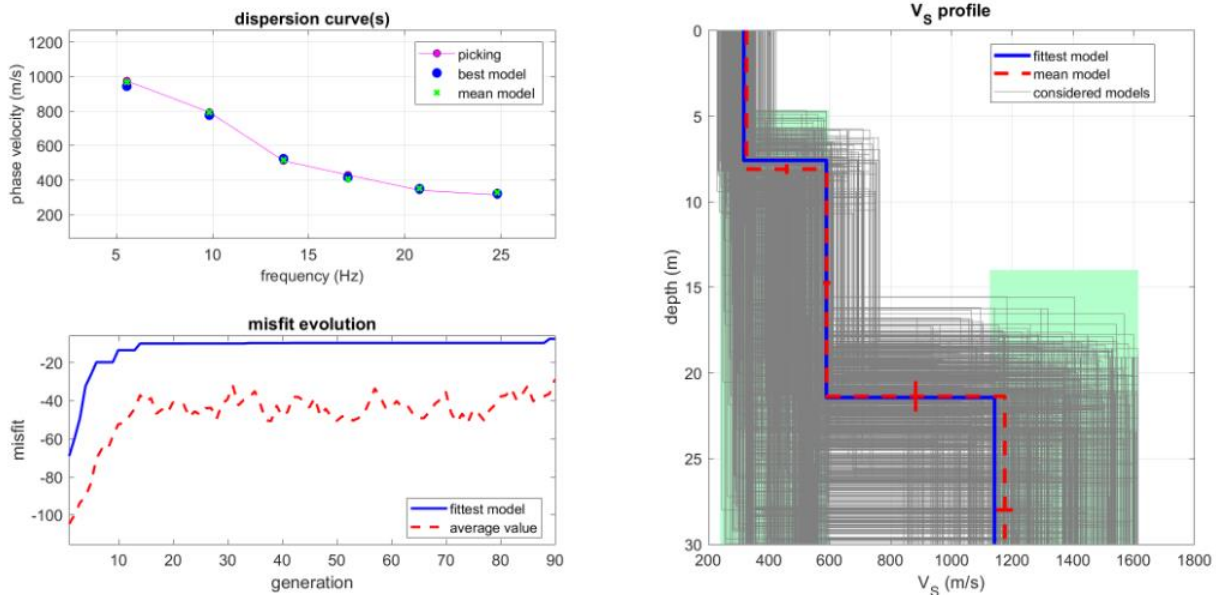
*molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la*

*profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*



## ELABORAZIONE MASW 3

Dall'inversione della curva di dispersione determinata tramite software Win-Masw si ottiene il seguente modello medio del profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità:

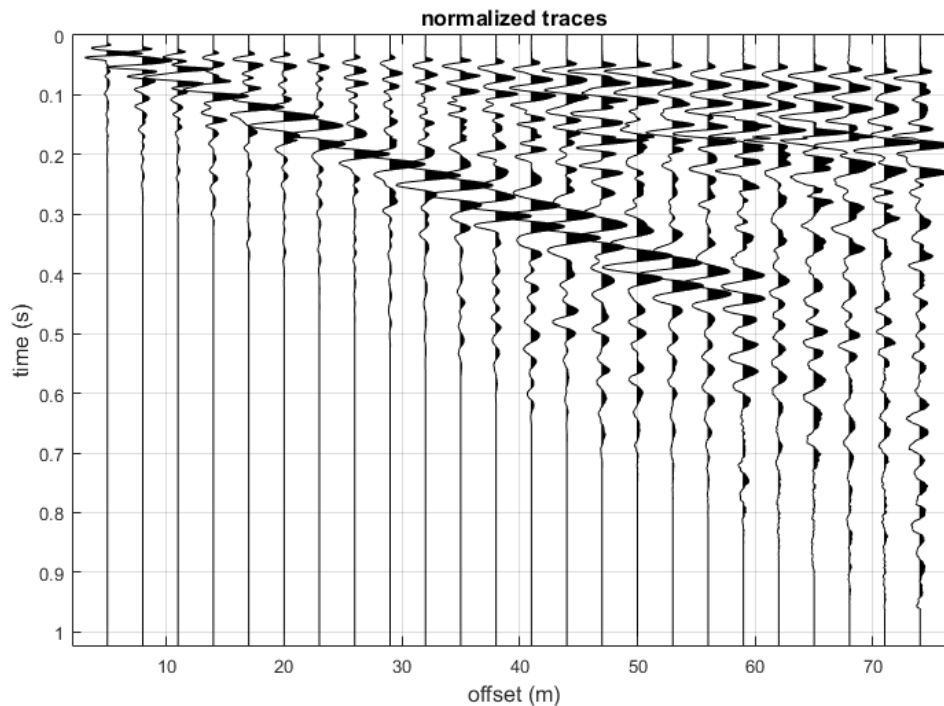


[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

dispersion curve: Bolognetta\_masw3.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 546 452 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 548 451 m/s

**INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE VS IDENTIFICATO.**

dataset: a - 3 m.sg2  
sampling: 1 ms  
minimum offset: 5 m  
geophone spacing: 3 m



Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia con un modello medio individuato tramite il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio del sottosuolo è costituito da tre sismostrati:

X un primo sismo orizzonte consistente con Vs di 326 m/s, spessore di 8 m;

X un secondo sismo orizzonte mediamente consistente con Vs di 590 m/s e spessore di 13 m;

X un terzo sismo orizzonte molto consistente a comportamento rigido con Vs di 1176 m/s.

**Analyzing Phase velocities**  
**Considered dispersion curve: BOLOGNETTA\_MASW3.cdp**  
**Analysis: Rayleigh Waves**

**Subsurface Model**

Vs (m/s): 326, 590, 1176

Standard deviations (m/s): 5, 12, 27

Thickness (m): 8.1, 13.3

Standard deviations (m/s): 0.3, 0.9

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.96 2.10 2.27

Shear modulus (MPa) (approximate values): 208 732 3142

Vp (m/s): 679 1228 2448

VsEq (m/s): 451

**CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE - NTC 2018**

Il sito in esame ai sensi delle norme tecniche per le costruzioni – Decreto 17 gennaio 2018

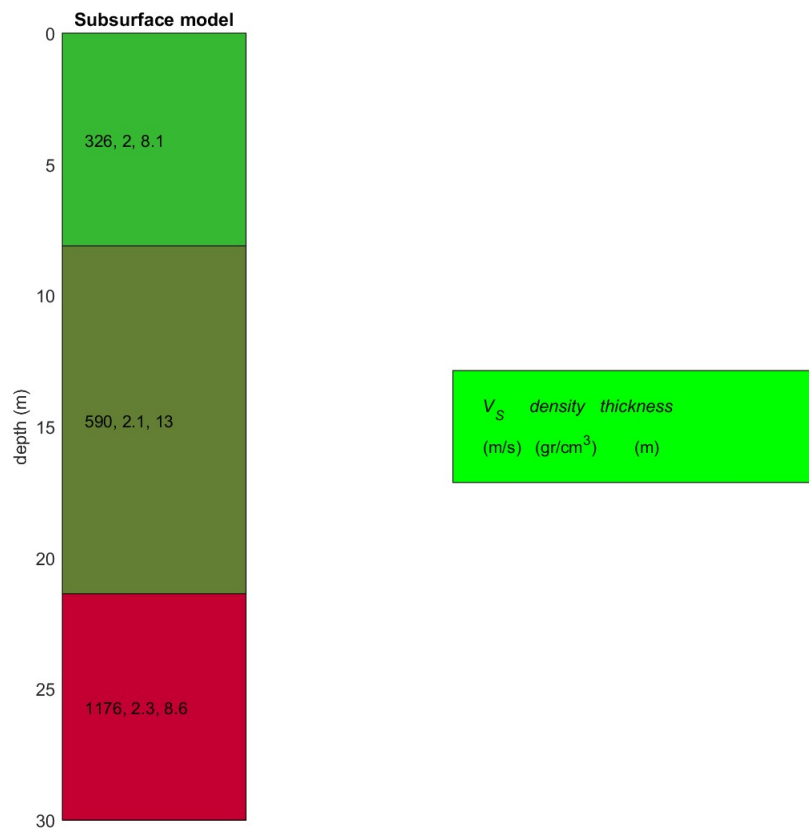
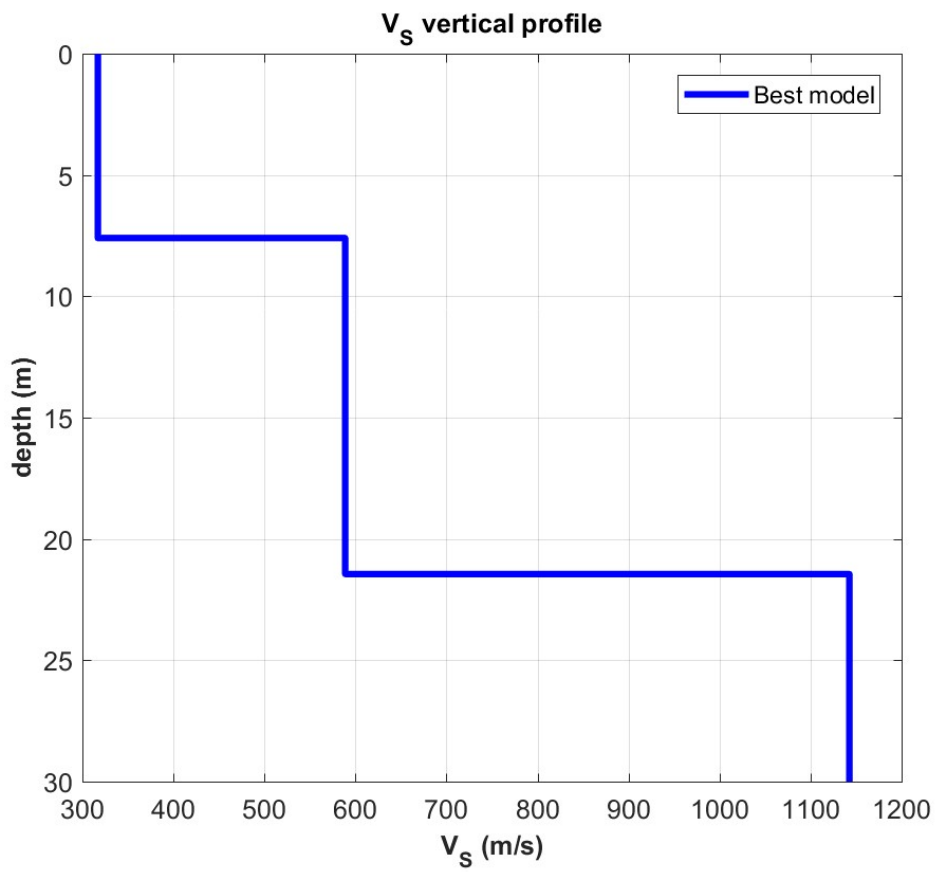
in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento

ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, rientra nella categoria sottosuolo di tipo

*B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina*

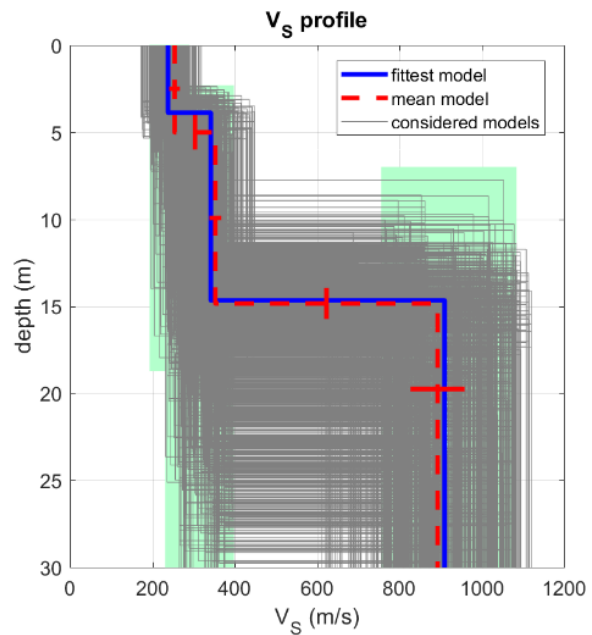
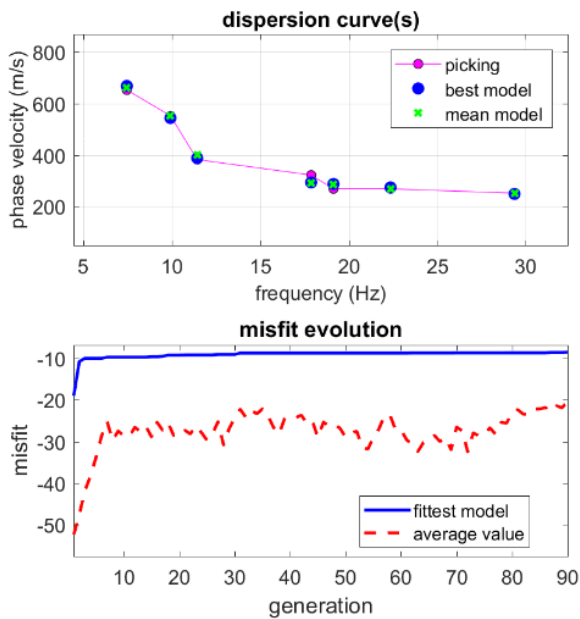
*molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la*

*profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*



## ELABORAZIONE MASW 4

Dall'inversione della curva di dispersione determinata tramite software Win-Masw si ottiene il seguente modello medio del profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità:

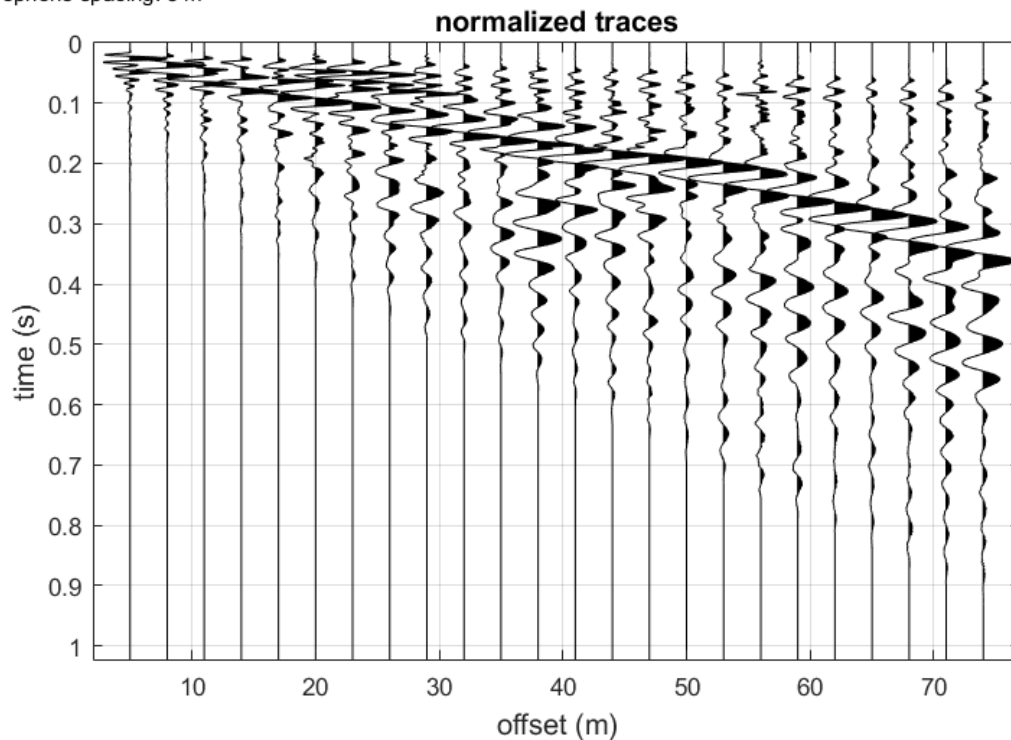


[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

dispersion curve: Bolognetta\_masw4.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 464 307 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 465 312 m/s half-space

**INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE VS IDENTIFICATO.**

dataset: a - 3 m.sg2  
sampling: 1 ms  
minimum offset: 5 m  
geophone spacing: 3 m



Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia con un modello medio individuato tramite il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio del sottosuolo è costituito da tre sismostrati:

X un primo sismo orizzonte consistente con Vs di 254 m/s, spessore di 5 m;

X un secondo sismo orizzonte mediamente consistente con Vs di 353 m/s e spessore di 10 m;

X un terzo sismo orizzonte molto consistente a comportamento rigido con Vs di 893 m/s.

**Analyzing Phase velocities**  
**Considered dispersion curve: BOLOGNETTA\_MASW4.cdp**  
**Analysis: Rayleigh Waves**

**Subsurface Model**

Vs (m/s): 254, 353, 893

Standard deviations (m/s): 13, 15, 66

Thickness (m): 5.0, 9.8

Standard deviations (m/s): 1.0, 0.9

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.90 1.98 2.20

Shear modulus (MPa) (approximate values): 123 247 1758

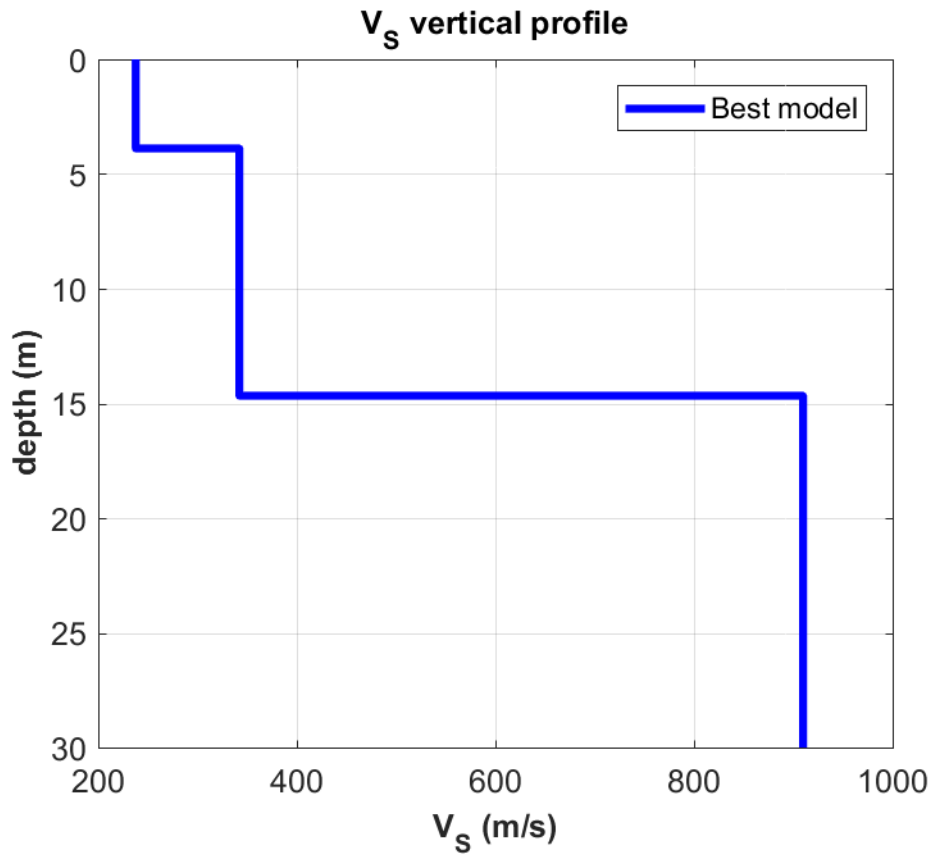
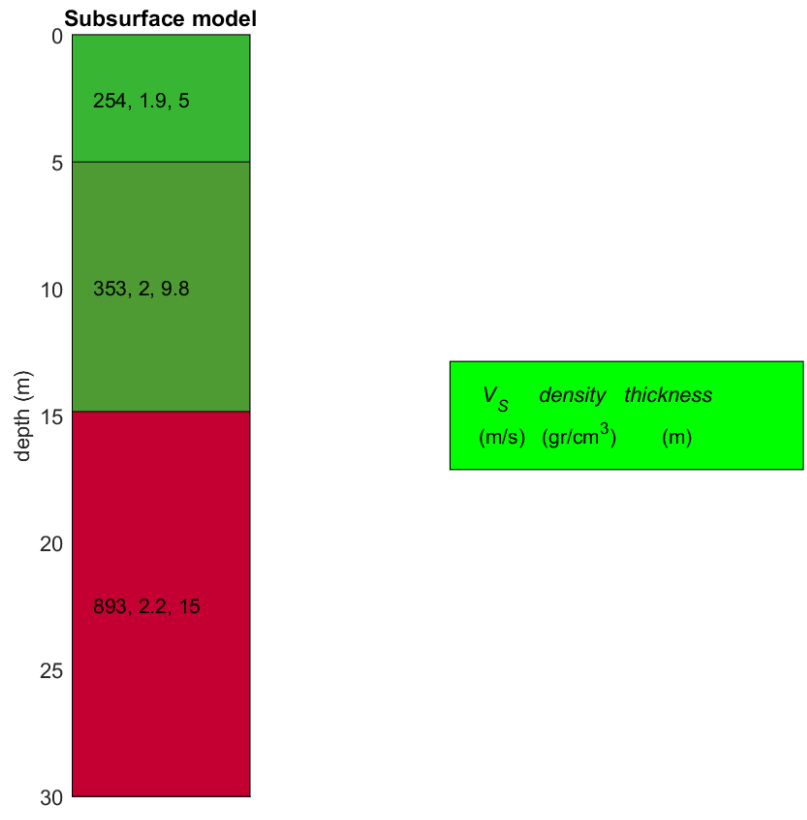
Vp (m/s): 529 735 1859

VsEq (m/s): 312

**CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE - NTC 2018**

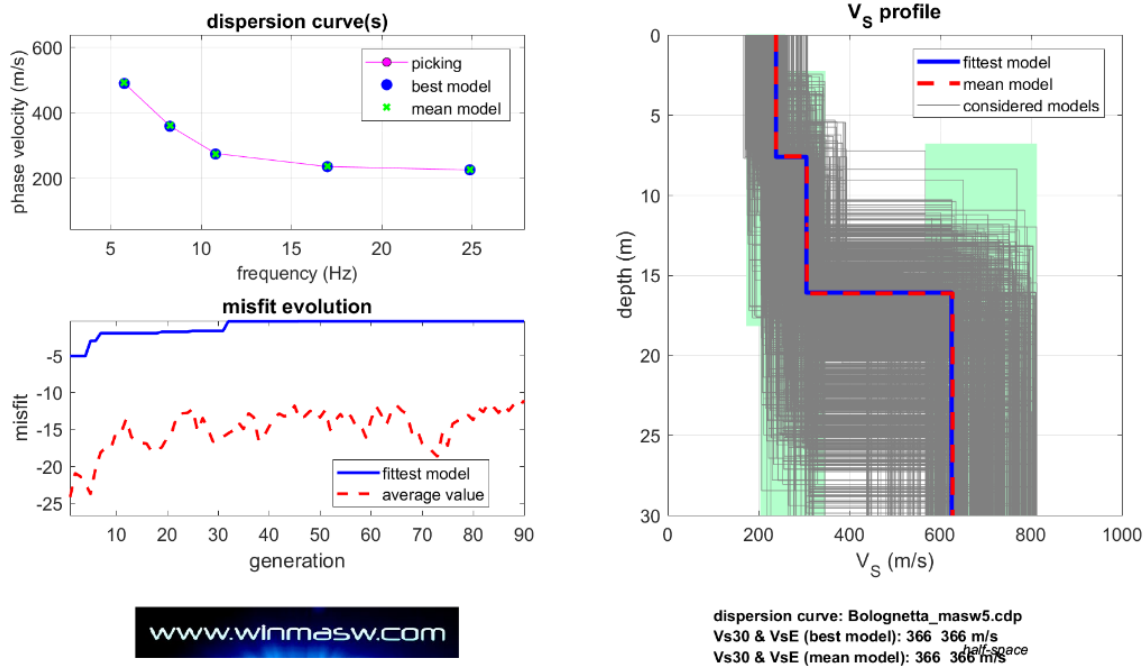
Il sito in esame ai sensi delle norme tecniche per le costruzioni – Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, rientra nella categoria sottosuolo di tipo E: *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m*





## ELABORAZIONE MASW 5

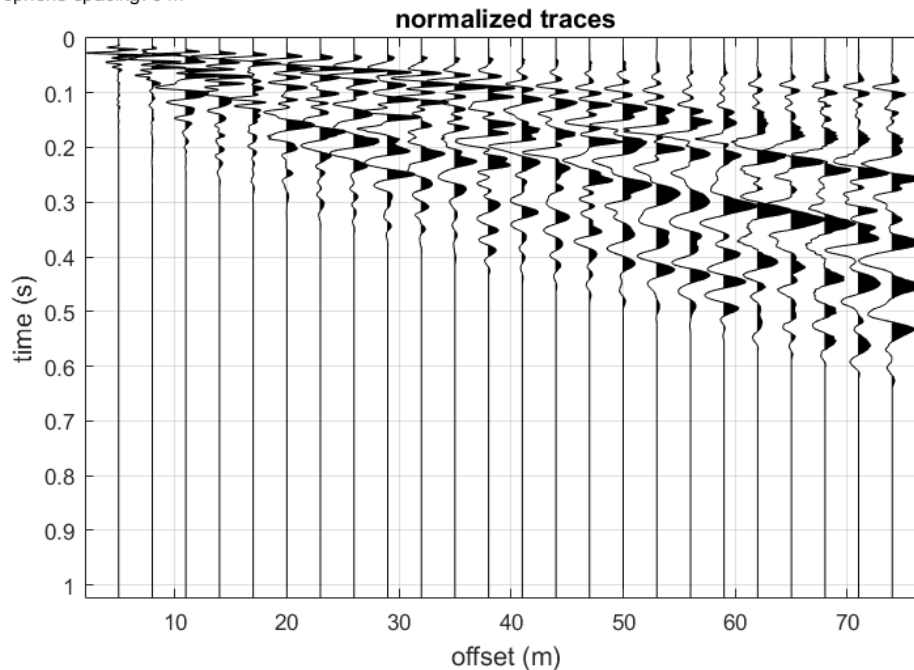
Dall'inversione della curva di dispersione determinata tramite software Win-Masw si ottiene il seguente modello medio del profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità:



dispersion curve: Bolognetta\_masw5.cdp  
Vs30 & VsE (best model): 366 366 m/s  
Vs30 & VsE (mean model): 366 366 m/s

**INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE DETERMINATA TRAMITE ANALISI DEI DATI MASW. SPETTRO OSSERVATO, CURVE DI DISPERSIONE PICCATE E CURVE DEL MODELLO INDIVIDUATO DALL'INVERSIONE. SULLA DESTRA IL PROFILO VERTICALE VS IDENTIFICATO.**

dataset: STSCKING a -3 m.sg2  
sampling: 1 ms  
minimum offset: 5 m  
geophone spacing: 3 m



Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia con un modello medio individuato tramite il profilo verticale delle velocità delle onde di taglio del sottosuolo è costituito da tre sismostrati:

X un primo sismo orizzonte consistente con Vs di 254 m/s, spessore di 5 m;

X un secondo sismo orizzonte mediamente consistente con Vs di 353 m/s e spessore di 10 m;

X un terzo sismo orizzonte molto consistente a comportamento rigido con Vs di 893 m/s.

**Analyzing Phase velocities**  
**Considered dispersion curve: BOLOGNETTA\_MASW4.cdp**  
**Analysis: Rayleigh Waves**

**Subsurface Model**

Vs (m/s): 238, 306, 627

Standard deviations (m/s): 0, 3, 3

Thickness (m): 7.6, 8.6

Standard deviations (m/s): 0.1, 0.1

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.88 1.94 2.12

Shear modulus (MPa) (approximate values): 107 182 833

Vp (m/s): 495 637 1305

VsEq (m/s): 366

**CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI DI FONDAZIONE - NTC 2018**

Il sito in esame ai sensi delle norme tecniche per le costruzioni – Decreto 17 gennaio 2018

in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento

ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, rientra nella categoria sottosuolo di tipo

*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.*

Dalle elaborazioni delle masw il sottosuolo di fondazione è di tipo B ad eccezione per la masw 4 che risulta una categoria di tipo E di cui alle NTC 2018.

Non in tutte le prospezioni sismiche masw è presente il substrato sismico con  $V_s \geq 800$  m/s (masw 2, masw 3 e masw 4), quest'ultimo dove intercettato presenta profondità variabili da sito a sito.

Pur tuttavia nelle masw 1 e masw 5 comunque il sismostrato più profondo presenta valori di  $V_s > 600$  m/s che può comunque essere ritenuto a rigidità elevata.

## CLASSIFICAZIONE SISMICA

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche e integrazioni) - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica in merito al Comune di Bolognetta, lo classifica come zona 2 con  $a_g$  che rappresenta l'indice di accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Zona sismica <b>2</b>	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.
--------------------------	---

In seguito con l'Ordinanza OPCM del 28/04/2006 n. 3519 introduce quattro zone sismiche con intervalli di accelerazione massima al suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_s > 800$  m/s.

Le quattro zone sono a pericolosità decrescente dalla Zona 1 alla Zona 4:

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ )
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

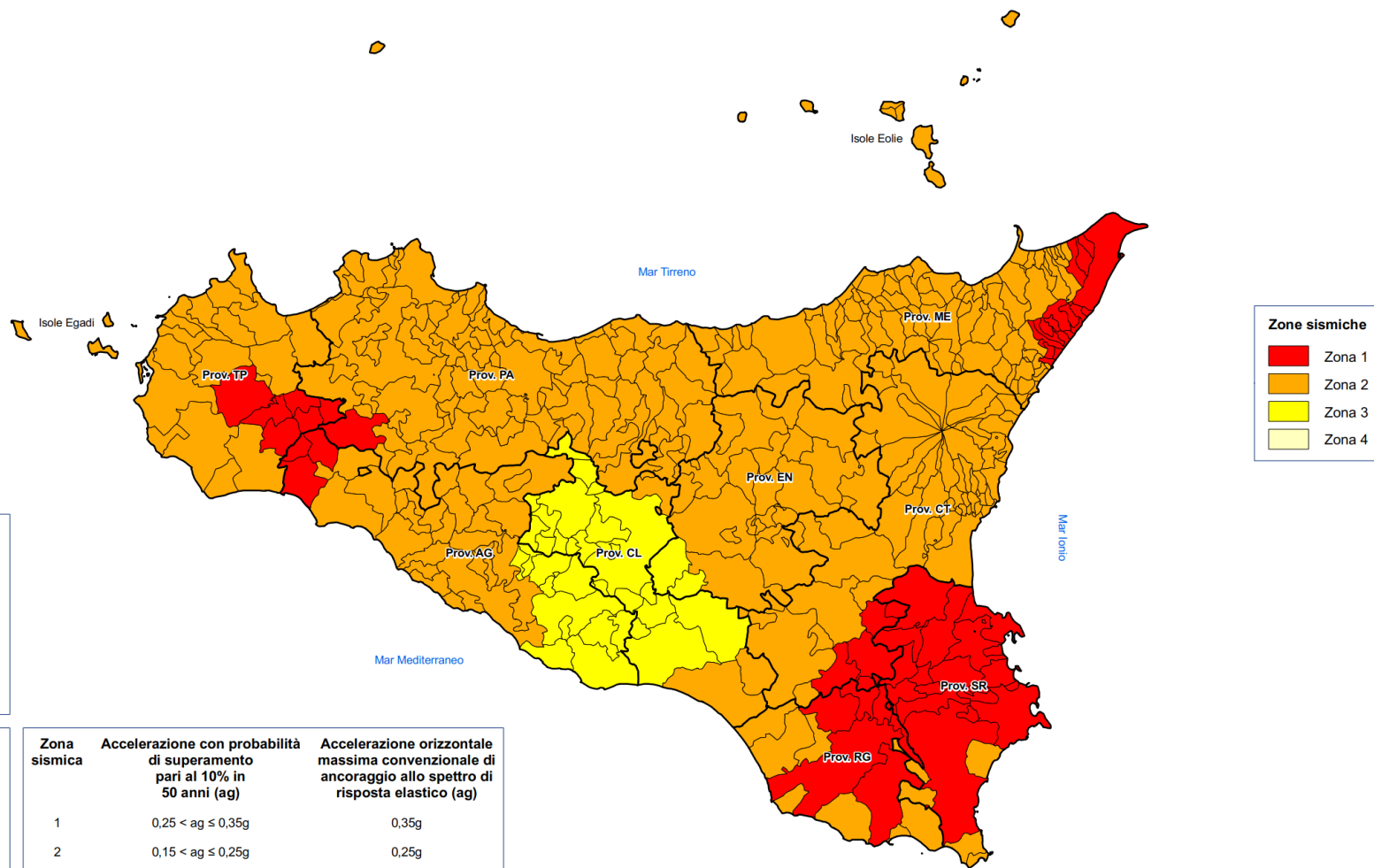
COMUNI CLASSIFICATI IN ZONA 2								
ag	COMUNE	CODICE ISTAT	SIGLA PROV.	PROVINCIA	CLASSIFICAZIONE ex DGR 408/2003	ELABORAZIONE DRPC SICILIA (Criteri OPCM 3519/2006)	NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA	NOTE
0,1170	ALIMENA	19082002	PA	PALERMO	2	3	2	Mantiene la categoria con rischio più elevato
0,1452	ALIMINUSA	19082003	PA	PALERMO	2	3	2	Mantiene la categoria con rischio più elevato
0,1801	ALTAVILLA MILICIA	19082004	PA	PALERMO	2	2	2	
0,1854	ALTOFONTE	19082005	PA	PALERMO	2	2	2	
0,1808	BAGHERIA	19082006	PA	PALERMO	2	2	2	
0,1364	BALESTRATE	19082007	PA	PALERMO	2	3	2	Mantiene la categoria con rischio più elevato
0,1641	BAUCINA	19082008	PA	PALERMO	2	2	2	
0,1823	BELMONTE MEZZAGNO	19082009	PA	PALERMO	2	2	2	
0,1666	BISACQUINO	19082010	PA	PALERMO	2	2	2	
0,1196	BLUFI	19082082	PA	PALERMO	2	3	2	Mantiene la categoria con rischio più elevato
0,1739	BOLOGNETTA	19082011	PA	PALERMO	2	2	2	



Regione Siciliana - Presidenza  
**Dipartimento della Protezione Civile**

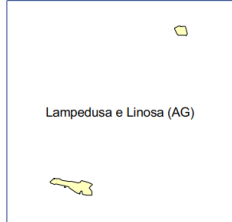
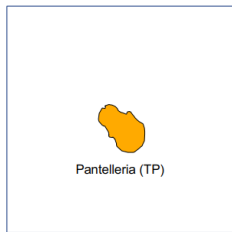


Proposta di aggiornamento della Classificazione sismica regionale con i criteri dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006, n. 3519



**Zone sismiche**

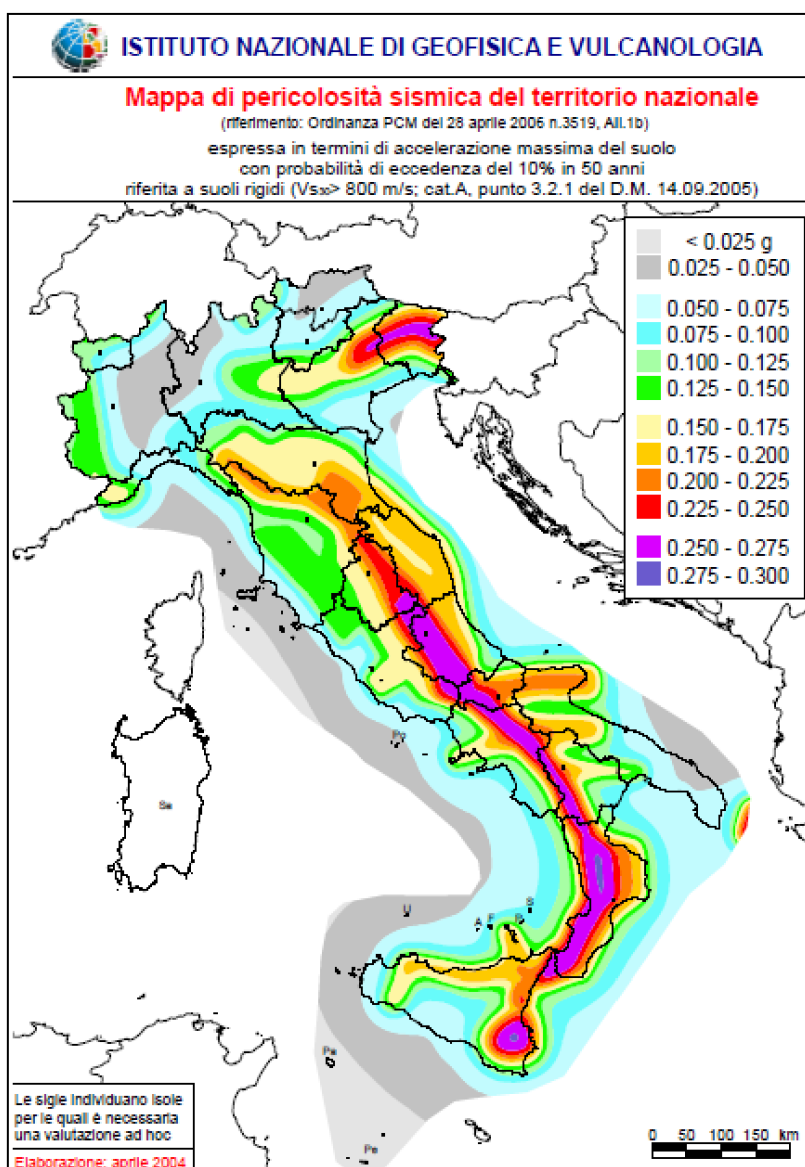
- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Zona 4



Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio allo spettro di risposta elastico (ag)
1	$0,25 < ag \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < ag \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < ag \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

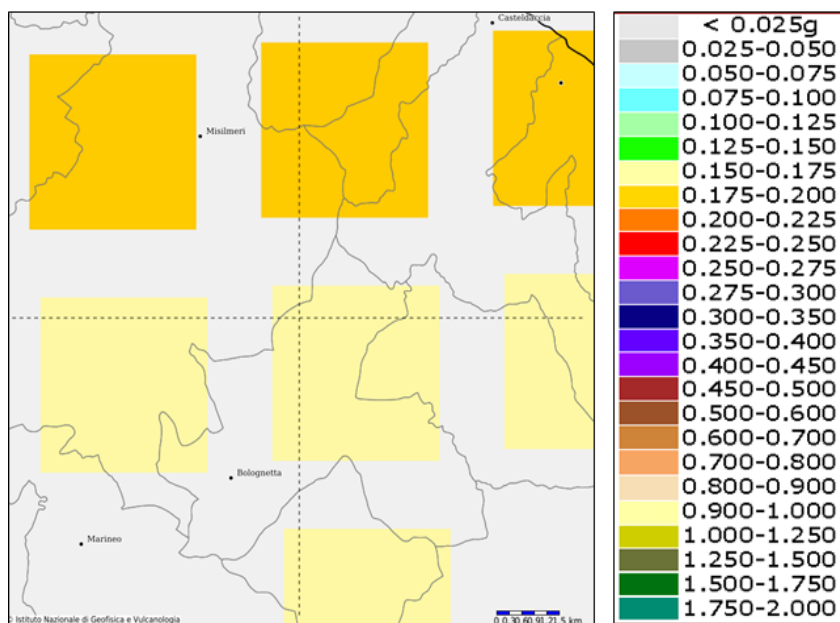
In seguito a questa classificazione, relativa a tutti i comuni italiani, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica del Progetto S1 (DPCN) nelle nuove Norme tecniche per le costruzioni.

Lo studio è stato realizzato dall'INGV che ha messo a disposizione della comunità nazionale un prodotto che fosse scientificamente valido e avanzato e al tempo stesso immediatamente utilizzabile in provvedimenti normativi.



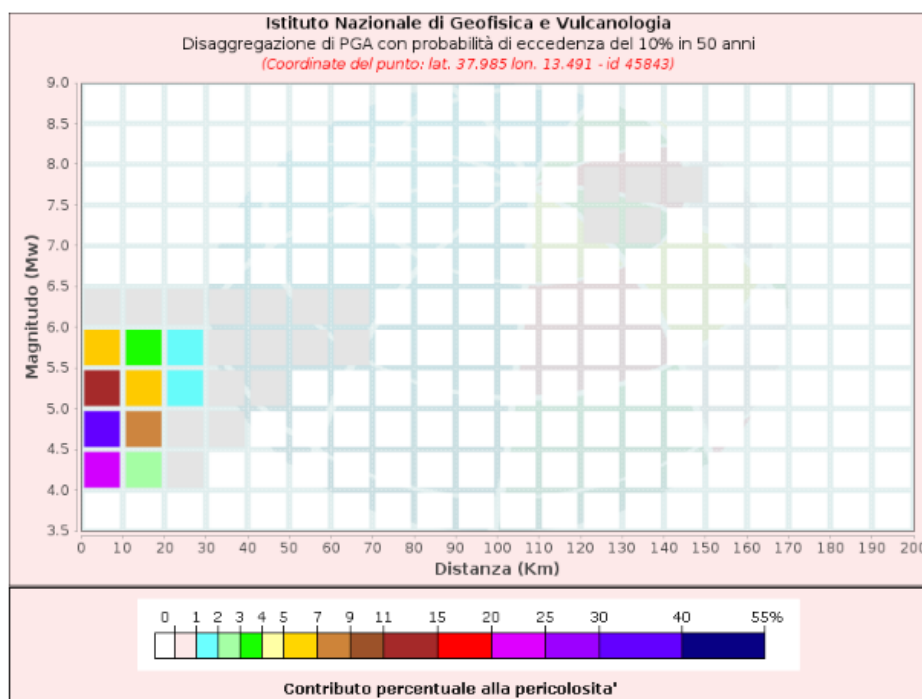
## MAPPE INTERATTIVE DI PERICOLOSITÀ SISMICA

L'utilizzo delle Mappe interattive di pericolosità sismica consente, oltre a visualizzare la distribuzione spaziale dei parametri descritti al punto precedente, di avere informazioni sui dati disaggregati di pericolosità sismica.



**MAPPA DELLO SCUOTIMENTO ATTESO IN TERMINI DI ACCELERAZIONE, CON PROBABILITÀ DI ECCEDEZZA DEL 10% IN 50 ANNI (TEMPO DI RITORNO PARI A 475 ANNI)**

La figura la tabella seguente e riportano il contributo percentuale alla pericolosità per coppie di valori di Magnitudo e Distanza epicentrale.





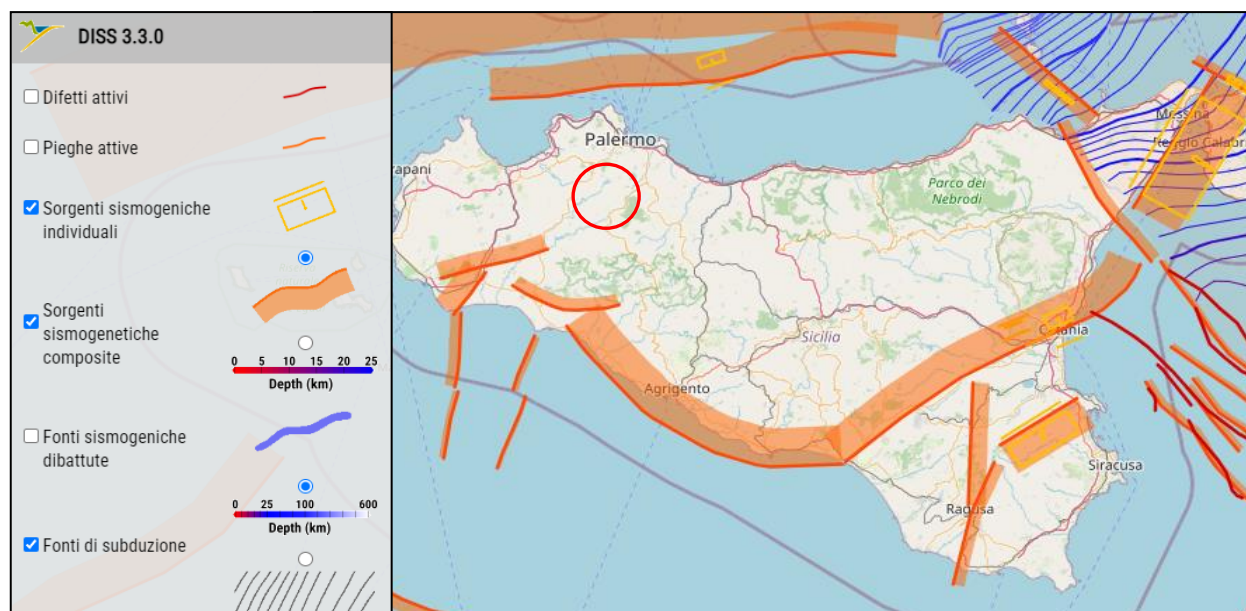
Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 37.985 lon. 13.491 - id 45843)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	20.6000	32.6000	14.5000	5.5800	0.5650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	2.9800	7.5800	6.1500	3.9900	0.5570	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0638	0.7430	1.3600	1.4800	0.2770	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0070	0.2050	0.4650	0.1120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0076	0.1030	0.0341	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0146	0.0097	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0018	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0006	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.9	7.86	0.702

**GRAFICO DI DISAGGREGAZIONE DEL VALORE DI A(G) CON PROBABILITÀ DI ECCEDENZA DEL 10% IN 50 ANNI, IN TERMINI DI DISTANZA EPICENTRALE E MAGNITUDO.**

Nella figura seguente si riporta la mappa delle sorgenti sismogenetiche della Sicilia ricavate dal Database DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*), un archivio georeferenziato di informazioni tettoniche, di faglie e paleosismologia espressamente dedicate a potenziali applicazioni nella valutazione del rischio sismico su scala regionale e nazionale.

Per la Sicilia si ricava la seguente mappa delle sorgenti sismogenetiche (DISS):



**MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE PER LA SICILIA (DISS)**

A sud del sito di progetto si individuano a larga scala le sorgenti ITCS006 - Sciacca-Gela con Mw Magnitudo massima = 7.2 e la ITCS029 - Gela-Catania CON Mw Magnitudo massima = 7.1.

Ad una distanza minore di circa 52 km dal sito di interesse si individua la sorgente composita ITCS120 - Monte Magaggiaro-Pizzo Telegrafo con una Mw=5.7 e la sorgente ITCS021 - Mazara-Belice con una Mw = 6.1.

A nord del sito di progetto ad una distanza di circa 40 km nel Mar Tirreno si individuano a larga scala le sorgenti sismogenetiche composite ITCS222 – Tirreno meridionale con una Mw=7 e la ITCS014 Tirreno meridionale con una Mw=8.2.

## SISMICITA' STORICA DEL SITO

L'area di Bolognetta, come evidenziato nel precedente paragrafo, è compresa in un settore strutturale non particolarmente attivo dal punto di vista sismogenetico.

Dalla consultazione del database Macrosismico Italiano (DBMI15) in cui sono riportati i terremoti con intensità massima epicentrale  $\geq 5$  in un periodo che va dal 1000 al 2019, si evince chiaramente che l'area di Bolognetta dall'anno 1823, è stata interessata da 6 eventi sismici localizzati principalmente tra la Sicilia centrale e quella settentrionale.

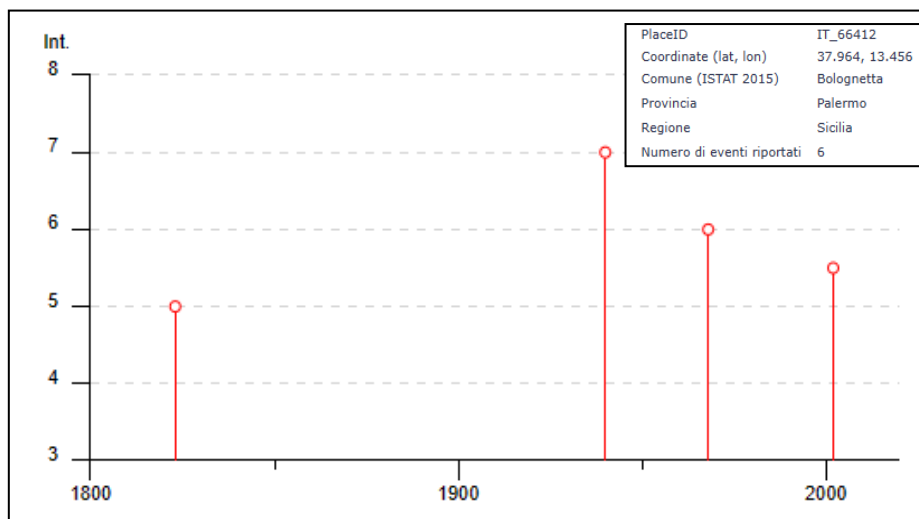
La magnitudo massima pari a 6.41 si riferisce al terremoto della Valle del Belice del 1968 con la più alta intensità spettrale ( $I=10$ ); a seguire il terremoto avvenuto nel Tirreno meridionale nel 2002 con magnitudo 5.92.

Il terremoto che ha fatto registrare una maggior intensità locale a Bolognetta ( $I=7$ ) è quello avvenuto nel Tirreno Meridionale nel 1940 con una magnitudo pari a 5.29.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	<a href="#">🔗</a>	1823	03	05	16	37	Sicilia settentrionale	107	8	5.81
7	<a href="#">🔗</a>	1940	01	15	13	19 2	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
6	<a href="#">🔗</a>	1968	01	15	02	01 0	Valle del Belice	162	10	6.41
5-6	<a href="#">🔗</a>	2002	09	06	01	21 2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	<a href="#">🔗</a>	2004	05	05	13	39 4	Isole Eolie	641		5.42
NF	<a href="#">🔗</a>	2005	11	21	10	57 4	Sicilia centrale	255		4.56

### Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Balestrieri	1	2
Marineo	16	4
Cefalà Diana	5	5
Villafraati	5	7
Godrano	6	7
Misilmeri	13	8
Baucina	7	8



### STORIA SISMICA DI BOLOGNETTA

Al fine della caratterizzazione delle azioni sismiche cui alle NTC 2018 e della definizione delle forme spettrali in base ai parametri correlati al reticolo di riferimento, si riporta quanto segue:

#### ***Classificazione della categoria di sottosuolo:***

Le misure sismiche eseguite hanno consentito di ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

La descrizione stratigrafica è congruente con quella prevista dalla tab. 3.2.II delle NTC 2018, pertanto il sito in esame rientra nella categoria di sottosuolo “B” e di tipo “E”.

#### ***Classificazione delle condizioni topografiche:***

La categoria topografica dell’area occupata dall’impianto è la T1 a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica ST pari a 1.0.

### **PARAMETRI SISMICI DI RIFERIMENTO**

Il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008 “Norme Tecniche per le Costruzioni” e l’aggiornamento delle Norme Tecniche per Costruzioni D.M. 17/01/2018 raccoglie in forma unitaria le regole che disciplinano la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle costruzioni, al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali si valutano i diversi stati limite considerati, si definiscono dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione.

I dati di pericolosità sismica prodotti e messi in rete dall’Istituto Nazionale di Geofisica e

Vulcanologia (INGV), costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato periodo avvenga un evento sismico di entità almeno pari a un valore prefissata e rappresenta la frequenza e la forza dei terremoti che interessano un dato territorio, ovvero dalla sua sismicità.

Viene definita come la probabilità che in una data area ed in un certo intervallo di tempo si verifichi un terremoto che superi una soglia di intensità, magnitudo o accelerazione di picco ( $P_{ga}$ ) di nostro interesse.

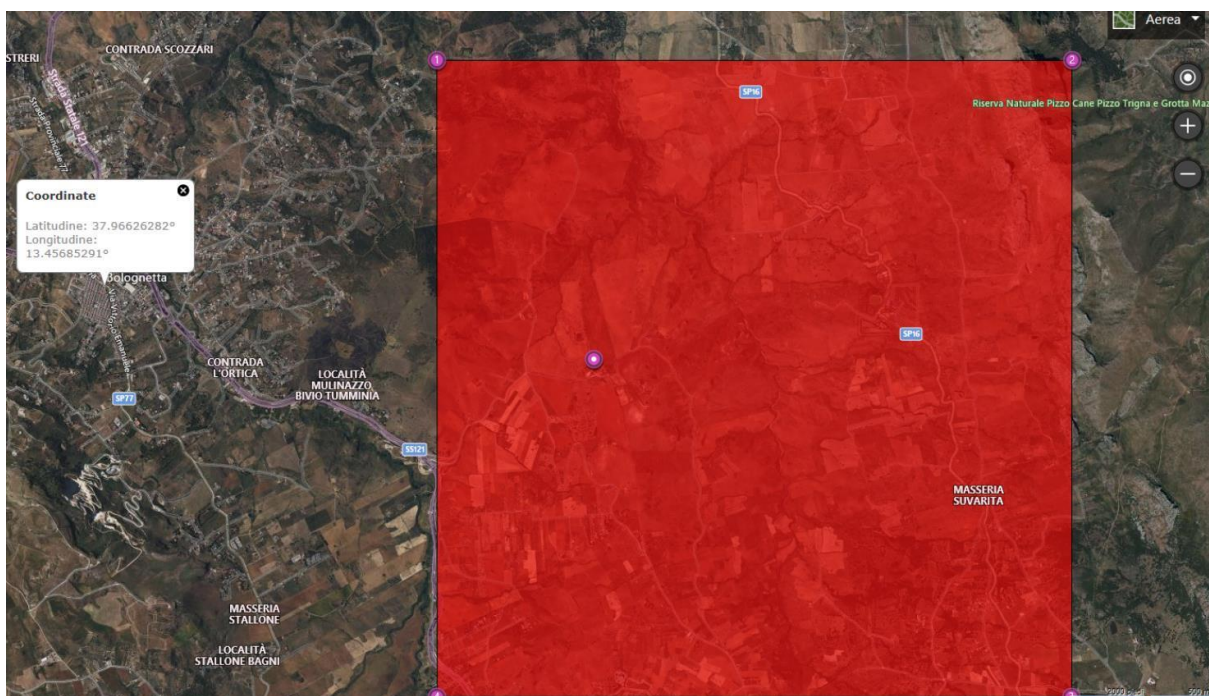
Per la determinazione dei valori della pericolosità sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in molteplici griglie aventi passo di  $0.05^\circ$ , come ben visibile nelle figure seguenti dove è riportata la mappa della Basilicata con i valori di pericolosità sismica (dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido; i parametri sismici calcolati per il sito con GeoStru PS <http://www.geostru.com/geoapp/Parametri-Sismici.aspx> sono quelli riportati di seguito dove i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  definiscono le forme spettrali.

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, tale periodo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento"  $V_R$  e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento"  $RVP$ .

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento a un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

## PERICOLOSITÀ SISMICA – PARAMETRI SISMICI



**NODI DEL RETICOLO INDIVIDUATO**

Vita nominale ( $V_n$ ): 50 [anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso ( $C_u$ ): 1  
 Periodo di riferimento ( $V_r$ ): 50 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLO: 30 [anni]  
 Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLD: 50 [anni]  
 Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLV: 475 [anni]  
 Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 37.9604416 [°]  
 Longitudine (WGS84): 13.5055914 [°]  
 Latitudine (ED50): 37.9615059 [°]  
 Longitudine (ED50): 13.5064440 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	45843	37.984960	13.490810	2946.22
2	45844	37.984950	13.554050	4920.28
3	46066	37.934950	13.554030	5111.64
4	46065	37.934960	13.490840	3253.37

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.045	2.347	0.233
SLD	50	0.061	2.354	0.255
	72	0.075	2.328	0.264
	101	0.089	2.333	0.271
	140	0.104	2.340	0.277
	201	0.122	2.345	0.284
SLV	475	0.172	2.379	0.297
SLC	975	0.222	2.443	0.309
	2475	0.300	2.520	0.324

**Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.349	0.240
SLD	50	0.062	2.345	0.257
	72	0.076	2.327	0.266
	101	0.090	2.329	0.272
	140	0.105	2.328	0.277
	201	0.123	2.333	0.284
SLV	475	0.174	2.376	0.295
SLC	975	0.225	2.428	0.308

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.043	2.369	0.233
SLD	50	0.058	2.365	0.257
	72	0.070	2.354	0.269
	101	0.081	2.364	0.276
	140	0.095	2.363	0.283
	201	0.111	2.362	0.289
SLV	475	0.156	2.380	0.307
SLC	975	0.203	2.447	0.313
	2475	0.275	2.523	0.325

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.043	2.365	0.232
SLD	50	0.057	2.365	0.255
	72	0.069	2.354	0.267
	101	0.080	2.368	0.275
	140	0.094	2.364	0.282
	201	0.109	2.371	0.289
SLV	475	0.153	2.402	0.308
SLC	975	0.197	2.464	0.315
	2475	0.267	2.544	0.328

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.044	2.357	0.234
SLD	50	0.060	2.357	0.256
SLV	475	0.164	2.385	0.301
SLC	975	0.212	2.447	0.311





## PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a  $15^\circ$

### Muri di sostegno NTC 2008

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.010	0.013	0.047	0.078
kv	0.005	0.006	0.024	0.039
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.521	0.700	1.925	2.469
Beta	0.180	0.180	0.240	0.310

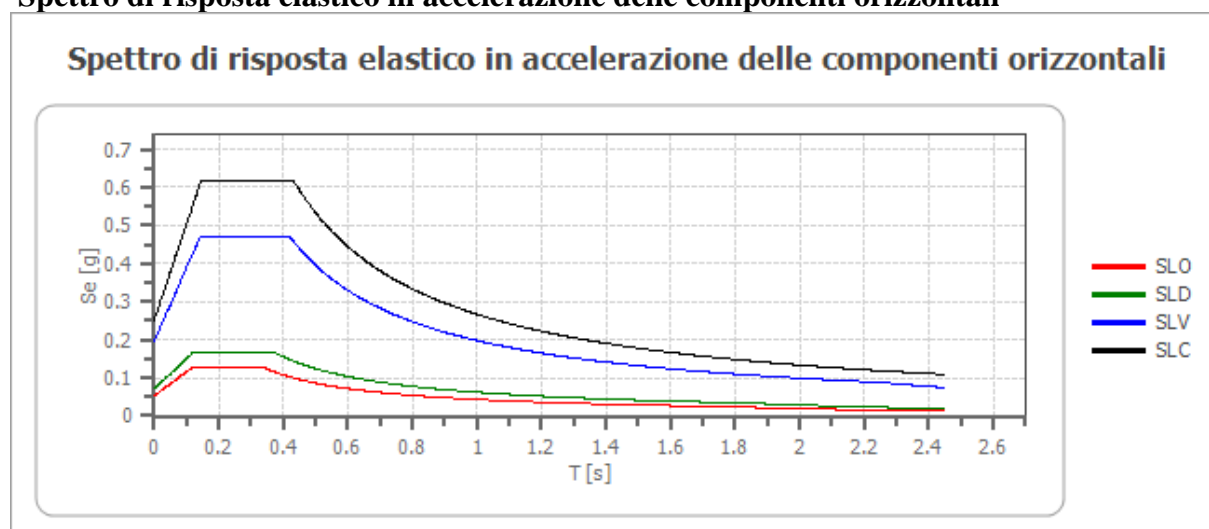
### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.047	0.070
kv	0.005	0.007	0.024	0.035
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.521	0.700	1.925	2.469
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.034	0.075	--
kv	--	0.017	0.037	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.521	0.700	1.925	2.469
Beta	--	0.470	0.380	--

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

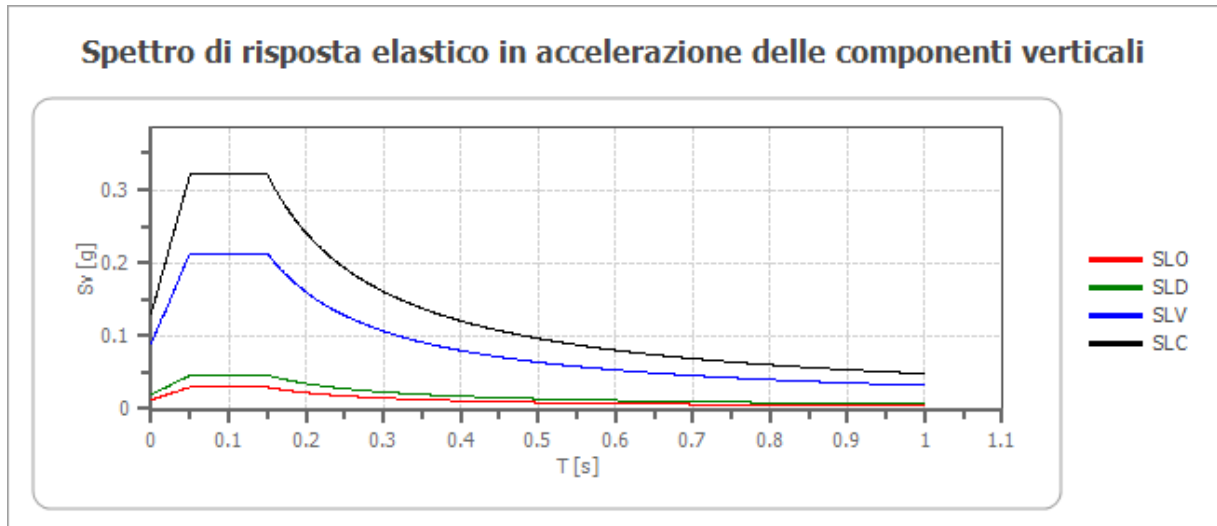


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.044	2.357	0.234	1.200	1.470	1.000	1.200	1.000	0.115	0.344	1.777	0.053	0.125
SLD	1.0	0.060	2.357	0.256	1.200	1.440	1.000	1.200	1.000	0.123	0.368	1.838	0.071	0.168
SLV	1.0	0.164	2.385	0.301	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.141	0.422	2.254	0.196	0.468
SLC	1.0	0.212	2.447	0.311	1.190	1.390	1.000	1.190	1.000	0.144	0.433	2.446	0.252	0.616

## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.044	2.357	0.234	1	1.470	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.030
SLD	1.0	0.060	2.357	0.256	1	1.440	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.046
SLV	1.0	0.164	2.385	0.301	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.089	0.213
SLC	1.0	0.212	2.447	0.311	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.131	0.321

## Spettro di progetto

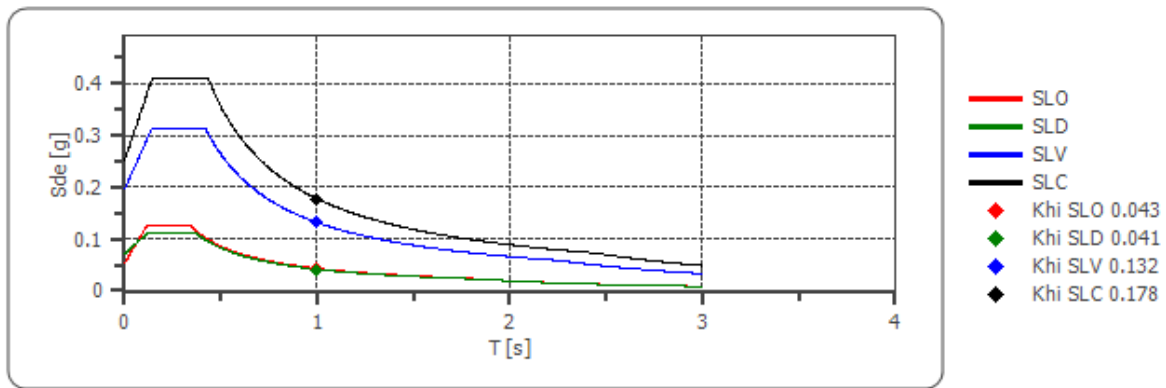
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

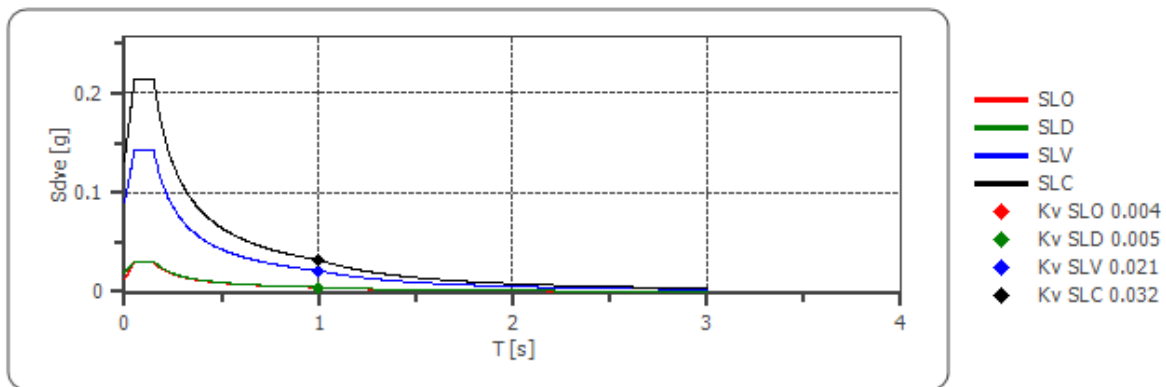
Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>hi</sub> = S <sub>d</sub> e(T) Orizzontale [g]	0.043	0.041	0.132	0.178
k <sub>v</sub> = S <sub>d</sub> v <sub>e</sub> (T) Verticale [g]	0.004	0.005	0.021	0.032

### Spettro di progetto delle componenti orizzontali



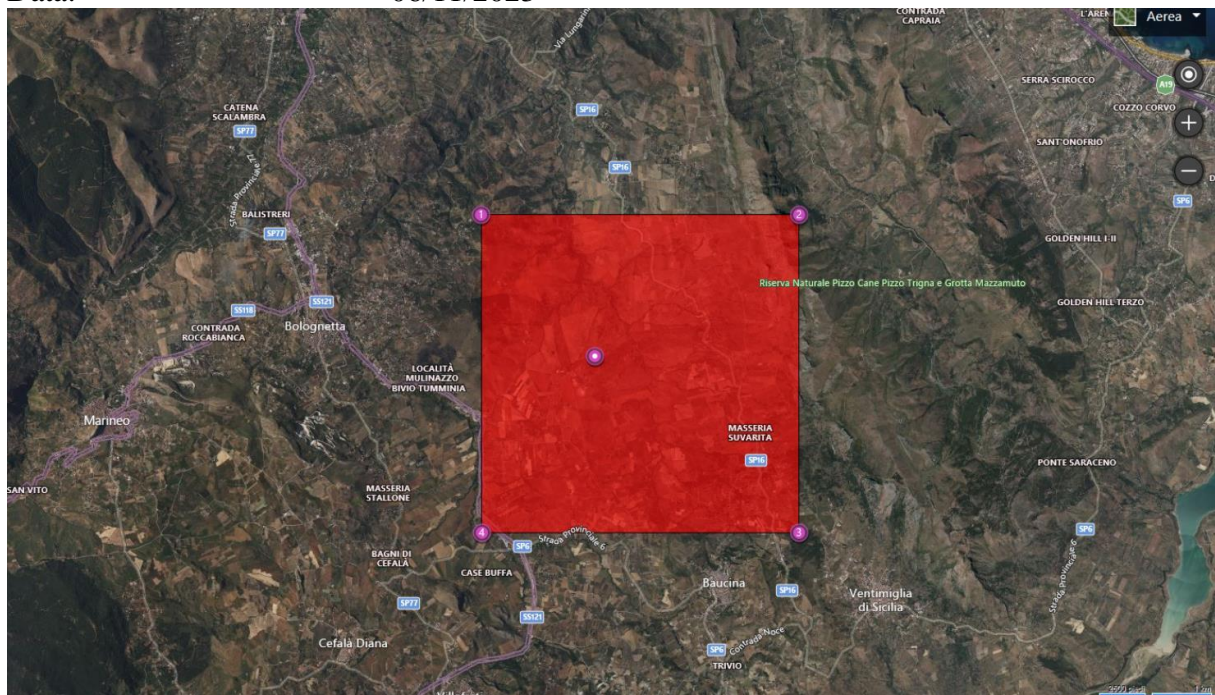
### Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.044	2.357	0.234	1.200	1.470	1.000	1.200	1.000	0.115	0.344	1.777	0.053	0.125
SLO verticale	1.0	0.044	2.357	0.234	1.200	1.470	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.030
SLD orizzontale	1.0	0.060	2.357	0.256	1.200	1.440	1.000	1.200	1.500	0.123	0.368	1.838	0.071	0.112
SLD verticale	1.0	0.060	2.357	0.256	1.200	1.440	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.020	0.031
SLV orizzontale	1.0	0.164	2.385	0.301	1.200	1.400	1.000	1.200	1.500	0.141	0.422	2.254	0.196	0.312
SLV verticale	1.0	0.164	2.385	0.301	1.200	1.400	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.089	0.142
SLC orizzontale	1.0	0.212	2.447	0.311	1.190	1.390	1.000	1.190	1.500	0.144	0.433	2.446	0.252	0.411
SLC verticale	1.0	0.212	2.447	0.311	1.190	1.390	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.131	0.214

# PERICOLOSITÀ SISMICA

Data: 06/11/2023



Vita nominale ( $V_n$ ): 50 [anni]  
Classe d'uso: II  
Coefficiente d'uso ( $C_u$ ): 1  
Periodo di riferimento ( $V_r$ ): 50 [anni]

Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLO: 30 [anni]  
Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLD: 50 [anni]  
Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLV: 475 [anni]  
Periodo di ritorno ( $T_r$ ) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 37.9616585 [°]  
Longitudine (WGS84): 13.5125570 [°]  
Latitudine (ED50): 37.9627190 [°]  
Longitudine (ED50): 13.5134096 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	45843	37.984960	13.490810	3168.58
2	45844	37.984950	13.554050	4335.87
3	46066	37.934950	13.554030	4713.90
4	46065	37.934960	13.490840	3666.70

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

**Punto 1**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.045	2.347	0.233
SLD	50	0.061	2.354	0.255
	72	0.075	2.328	0.264
	101	0.089	2.333	0.271
	140	0.104	2.340	0.277
	201	0.122	2.345	0.284
SLV	475	0.172	2.379	0.297
SLC	975	0.222	2.443	0.309
	2475	0.300	2.520	0.324

**Punto 2**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.046	2.349	0.240
SLD	50	0.062	2.345	0.257
	72	0.076	2.327	0.266
	101	0.090	2.329	0.272
	140	0.105	2.328	0.277
	201	0.123	2.333	0.284
SLV	475	0.174	2.376	0.295
SLC	975	0.225	2.428	0.308
	2475	0.304	2.509	0.322

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.043	2.369	0.233
SLD	50	0.058	2.365	0.257
	72	0.070	2.354	0.269
	101	0.081	2.364	0.276
	140	0.095	2.363	0.283
	201	0.111	2.362	0.289
SLV	475	0.156	2.380	0.307
SLC	975	0.203	2.447	0.313
	2475	0.275	2.523	0.325

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.043	2.365	0.232
SLD	50	0.057	2.365	0.255
	72	0.069	2.354	0.267
	101	0.080	2.368	0.275
	140	0.094	2.364	0.282
	201	0.109	2.371	0.289
SLV	475	0.153	2.402	0.308
SLC	975	0.197	2.464	0.315
	2475	0.267	2.544	0.328

**Punto d'indagine**

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.044	2.357	0.234
SLD	50	0.060	2.357	0.256
SLV	475	0.164	2.385	0.301
SLC	975	0.212	2.446	0.311

## PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1.000

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

### Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.014	0.019	0.062	0.085
kv	0.007	0.010	0.031	0.042
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.695	0.935	2.524	2.973
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

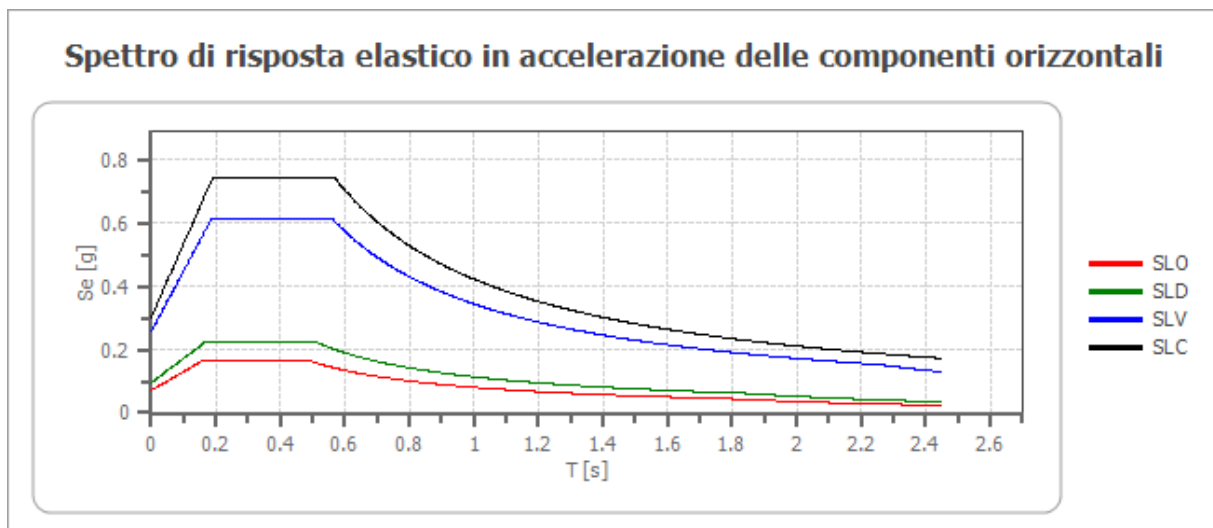
### Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.098	--
kv	--	0.022	0.049	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.695	0.935	2.524	2.973
Beta	--	0.470	0.380	--

### Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.045	0.098	--
kv	--	0.022	0.049	--
amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.695	0.935	2.524	2.973
Beta	--	0.470	0.380	--

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.044	2.357	0.234	1.600	2.060	1.000	1.600	1.000	0.161	0.483	1.777	0.071	0.167
SLD	1.0	0.060	2.357	0.256	1.600	1.980	1.000	1.600	1.000	0.169	0.506	1.838	0.095	0.225
SLV	1.0	0.164	2.385	0.301	1.570	1.860	1.000	1.570	1.000	0.187	0.560	2.256	0.257	0.614
SLC	1.0	0.212	2.446	0.311	1.430	1.830	1.000	1.430	1.000	0.190	0.569	2.448	0.303	0.741

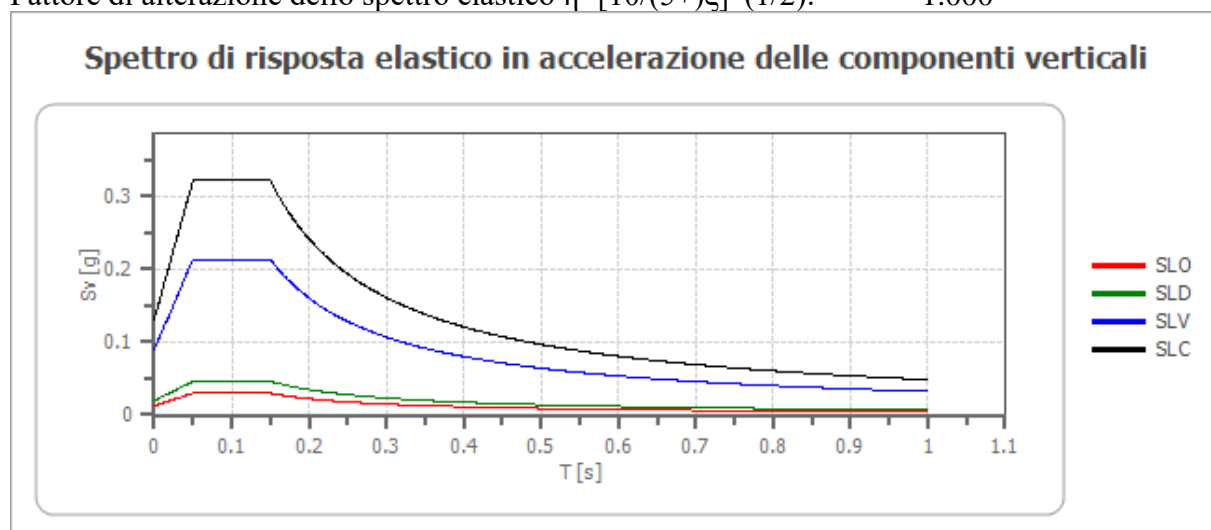
## Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ :

1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	$\eta$ [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	1.0	0.044	2.357	0.234	1	2.060	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.030
SLD	1.0	0.060	2.357	0.256	1	1.980	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.020	0.046
SLV	1.0	0.164	2.385	0.301	1	1.860	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.090	0.214
SLC	1.0	0.212	2.446	0.311	1	1.830	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.132	0.322

## Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale  $q$ :

1.50

Fattore di struttura spettro verticale  $q$ :

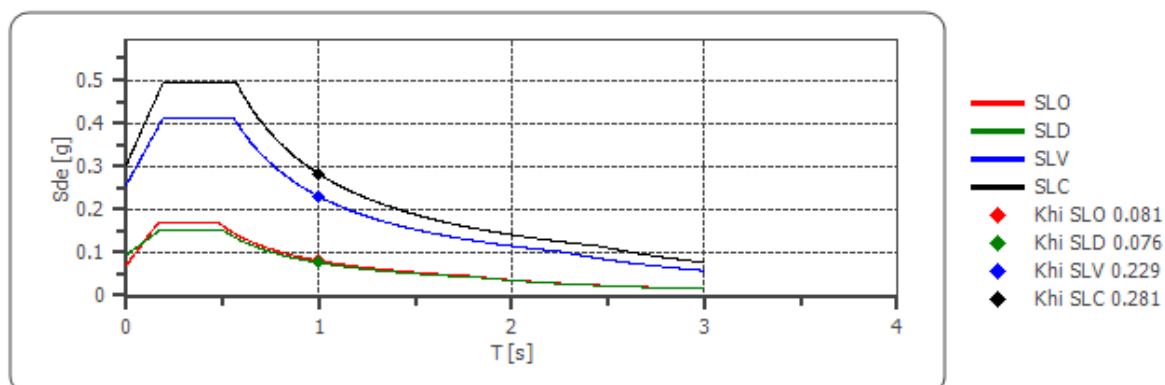
1.50

Periodo fondamentale  $T$ :

1.00 [s]

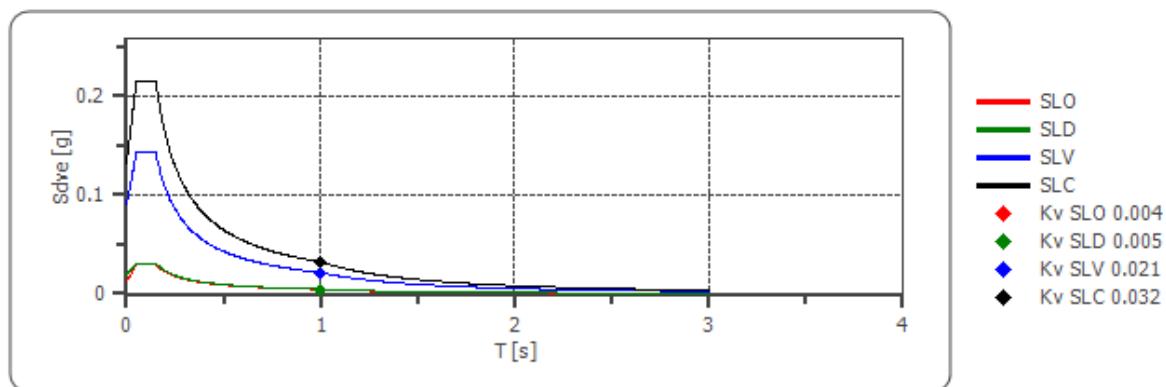
	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.081	0.076	0.229	0.281
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.004	0.005	0.021	0.032

## Spettro di progetto delle componenti orizzontali





## Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]
SLO orizzontale	1.0	0.044	2.357	0.234	1.600	2.060	1.000	1.600	1.000	0.161	0.483	1.777	0.071	0.167
SLO verticale	1.0	0.044	2.357	0.234	1.600	2.060	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.013	0.030
SLD orizzontale	1.0	0.060	2.357	0.256	1.600	1.980	1.000	1.600	1.500	0.169	0.506	1.838	0.095	0.150
SLD verticale	1.0	0.060	2.357	0.256	1.600	1.980	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.020	0.031
SLV orizzontale	1.0	0.164	2.385	0.301	1.570	1.860	1.000	1.570	1.500	0.187	0.560	2.256	0.257	0.409
SLV verticale	1.0	0.164	2.385	0.301	1.570	1.860	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.090	0.142
SLC orizzontale	1.0	0.212	2.446	0.311	1.430	1.830	1.000	1.430	1.500	0.190	0.569	2.448	0.303	0.494
SLC verticale	1.0	0.212	2.446	0.311	1.430	1.830	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.132	0.215

## ASSETTO STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

I dati acquisiti hanno consentito di definire un modello geologico per il sottosuolo, rispetto al quale possono essere verificate le diverse soluzioni progettuali.

Per le varie aree di interesse risulta che il sottosuolo è costituito essenzialmente da due unità formazionali prevalenti che sono successioni argilloso-sabbioso-arenacee della Formazione del “Flysch Numidico” e quella argilloso-marnoso-calcaree delle “Argille Varicolori”.

In tabella seguente si riportano i parametri fisici e meccanici medi cautelativi ricavati per i terreni delle due diverse formazioni:

### ***FLYSCH NUMIDICO – argille-sabbioso-arenacee***

In tale formazione i terreni presentano valori del numero di colpi sempre superiori a 4 pertanto non sono terreni classificabili come sciolti ma da consistenti a molto consistenti con la profondità.

litologia	$\gamma_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	C <sub>uk</sub> (KPa)	$\Phi_k$ (°)
argille e limi argillosi da consistenti a molto consistenti	1.90	60	-

### ***ARGILLE VARICOLORI – argille marnoso-calcaree***

Tale formazione rispetto alla precedente presenta valori di resistenza alla penetrazione più bassi ma comunque classificabili da consistenti a molto consistenti, ad eccezione di 20 cm come nel caso della prova P7 e di 1.00 m della prova P2.

litologia	$\gamma_n$ (g/cm <sup>3</sup> )	C <sub>uk</sub> (KPa)	$\Phi_k$ (°)
argille e limi argillosi poco consistenti	1.80	45	-

Con  $\gamma_n$  Peso di volume naturale, C<sub>u</sub> coesione non drenata e  $\phi$  coefficiente dell'angolo di resistenza al taglio.

## **VALUTAZIONI CONCLUSIVE**

Il presente studio ha preso in considerazione le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, ed idrogeologiche di un'area localizzata nel territorio comunale di Bolognetta (PA) dove la società richiedente ha in progetto la realizzazione di un impianto agrivoltaico con una potenza di immissione in rete pari a 69 Mw.

Le aree occupate dal parco fotovoltaico e dalle cabine elettriche, sia quelle attraversate dai cavidotti si presentano come aree morfologicamente stabili, ad eccezione di limitate aree che presentano circoscritte morfologie da movimenti superficiali controllabili con interventi di regimentazione idraulica.

Per le fondazioni dell'impianto fotovoltaico non sono previste opere di sbancamento o fondazioni in calcestruzzo, in quanto la struttura dei moduli sarà sostenuta da puntali metallici infissi nel terreno con macchina battipali.

Dal punto di vista morfologico si tratta di una zona a morfologia poco acclive con vaste aree subpianeggianti, pertanto la categoria topografica è la T1 a cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografica  $St=1$ .

Le categorie di suolo di fondazione variano da B ad E.

Le indagini geologiche e geognostiche condotte nell'area hanno consentito di definire la modellazione geologica del sito.

Per il settore di impianto ubicato a nord, data la vicinanza ad un altro impianto della stessa ditta denominato Tumminia 1, si sono utilizzate le prove penetrometriche eseguite in tali aree.

Dalle prove penetrometriche eseguite si sono ricavati i seguenti valori dei parametri di resistenza meccanica dei terreni:

coesione non drenata ( $0,30 \text{ Kg/cm}^2 - 2,6 \text{ Kg/cm}^2$ ) - livelli argillosi

coefficiente dell'angolo di resistenza al taglio ( $26^\circ - 31^\circ$ ) – livelli sabbioso-arenacei

Per una più dettagliata definizione dei parametri geotecnici dei terreni lo scrivente suggerisce l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio in condizioni drenate ovvero a lungo termine.

Le conoscenze geologiche acquisite nel corso dello studio eseguito, consentono di affermare che l'area in esame rientra in un territorio che per le sue generali condizioni risulta idoneo ad accogliere i lavori di progetto, in quanto gli stessi non appaiono in contrasto con i dettami del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico varato dall'Autorità di Bacino distrettuale della Sicilia non apportando incrementi della pericolosità geomorfologica, rientrando a tutti gli effetti tra gli interventi adottabili coerentemente con quanto disposto dalle Norme di Attuazione del Piano per l'Assetto Idrogeologico.

### **IL GEOLOGO**

**GIANCRISTIANO FRANCHINO**

