

# COMUNE DI BRINDISI

(PROVINCIA DI BR)

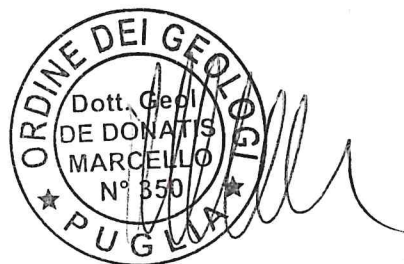
**COMMITTENTE:** DOTT. GEOL. WALTER MICCOLIS

INDAGINI GEOGNOSTICHE e SISMICHE A SUPPORTO  
DI UN PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN  
IMPIANTO FOTOVOLTAICO

\*\*\*\*\*

Ruffano, febbraio 2020

IL DIRETTORE TECNICO  
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS



## INDICE

PREMESSA .....	2
INDAGINE GEOGNOSTICA.....	3
Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH.....	4
Profili sismici con ricostruzione tomografica .....	13
Sismica con metodologia Masw.....	18

## **PREMESSA**

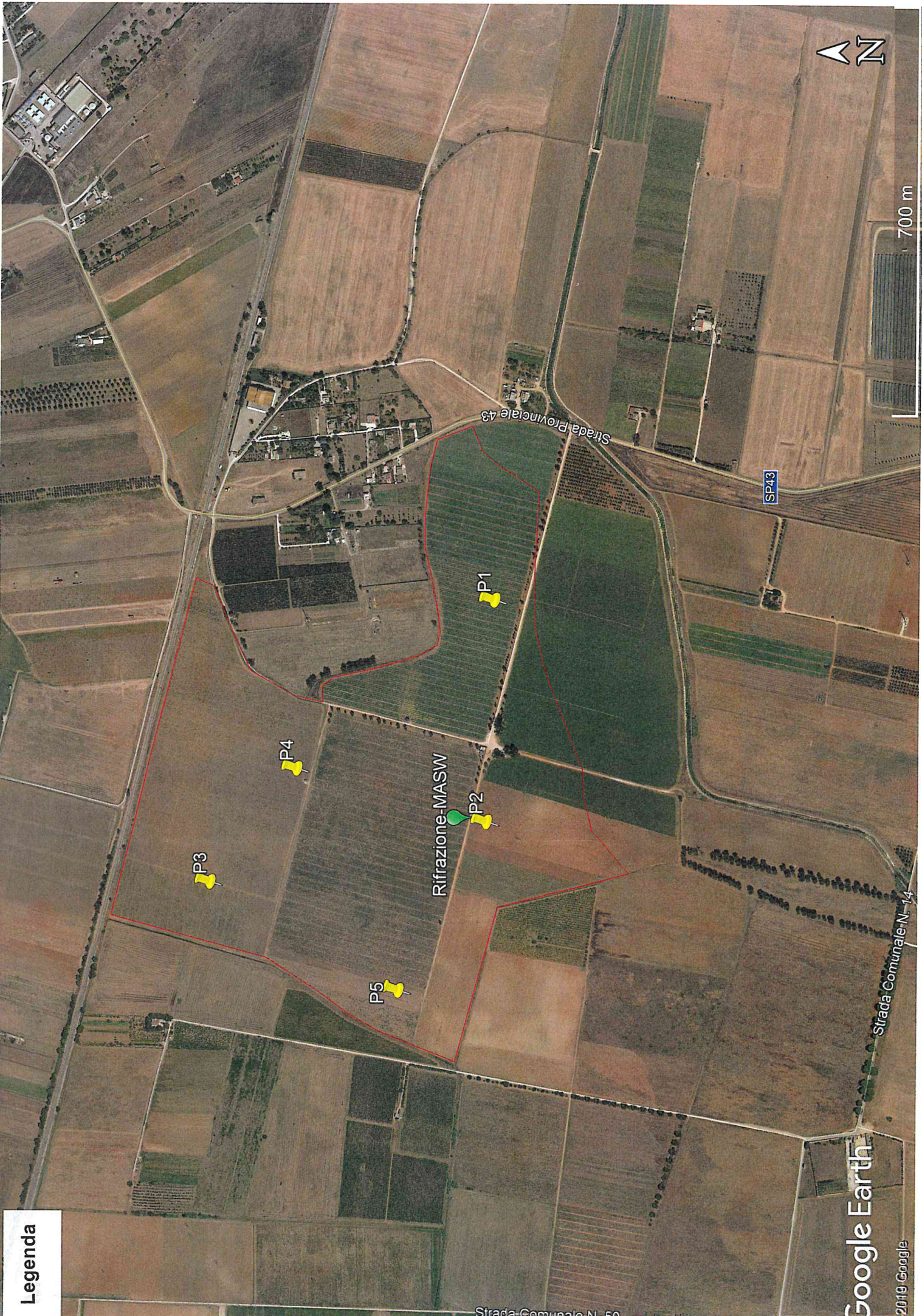
Nel mese di febbraio 2020, su incarico del Dott. Geol. Walter Miccolis, la Società Geoprove Srl, con sede a Ruffano (LE) ha eseguito delle indagini geognostiche e geofisiche di supporto ad un progetto di realizzazione di un impianto fotovoltaico in agro di Brindisi.

Sono stati pertanto eseguiti:

- n.5 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- n.1 indagine sismica a rifrazione della lunghezza di 33.0 mt;
- n.1 indagine sismica Masw sullo stesso stendimento, per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione.



Legenda





## INDAGINE GEOGNOSTICA

Le indagini geognostiche sono state eseguite dalla Ditta Geoprove, in conformità alle direttive del DM 17/01/2018 recante “Norme Tecniche per le costruzioni” ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi in base alle disposizioni della committenza, presente in sito al momento dell’esecuzione delle indagini.

Sono stati pertanto eseguiti:

- n.5 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH;
- n.1 indagine sismica a rifrazione della lunghezza di 33.0 mt;
- n.1 indagini sismica Masw sullo stesso stendimento, per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione.

## **Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH**

Nell'area in esame sono state eseguite n.5 prove penetrometriche dinamiche continue.

La prova penetrometrica dinamica DPSH consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $d$ ) misurando il numero di colpi  $N$  necessari.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente  $M$
- altezza libera caduta  $H$
- punta conica: diametro base cono  $D$ , area base  $A$  (angolo di apertura)
- avanzamento (penetrazione)  $d$



Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella più sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof. max indagine battente
Leggero	DPL (Light)	$M > 10$	8m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$	25 m

La prova è stata eseguita con un penetrometro TG 63-200 della PAGANI, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

- Maglio a caduta libera Kg 63.5
- Aste in acciaio speciale  $\phi = 50.8$  mm; L = 100 cm; Kg = 4.6
- Punta conica della superficie  $20.43$  cm<sup>2</sup>
- Altezza di caduta libera maglio 75 cm.

I dati penetrometrici sono stati successivamente elaborati secondo le più assodate metodologie in uso, arrivando ad associare a ciascuna prova una colonna geotecnica interpretativa (vedi grafico allegato).

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru software s.a.s.* Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

La successione litostratigrafica ricostruita è data da:

Prova penetrometrica n. 1:

- da 0.00 m a 0.40 m terreno vegetale
- da 0.40 m a 2.00 m argilla limosa
- da 2.00 m a 2.60 m calcarenite

Prova penetrometrica n. 2:

- da 0.00 m a 0.60 m terreno vegetale
- da 0.60 m a 2.00 m limi sabbiosi
- da 2.00 m a 4.20 m calcarenite

Prova penetrometrica n. 3:

- da 0.00 m a 0.20 m terreno vegetale
- da 0.20 m a 1.60 m limi sabbiosi
- da 1.60 m a 1.80 m calcarenite

Prova penetrometrica n. 4:

- da 0.00 m a 0.20 m terreno vegetale
- da 0.20 m a 1.20 m limi sabbiosi
- da 1.20 m a 3.20 m calcarenite



**Prova penetrometrica n. 5:**

- da 0.00 m a 0.40 m      terreno vegetale
- da 0.40 m a 1.60 m      limi sabbiosi
- da 1.60 m a 2.00 m      calcarenite

Le prove sono state eseguite fino al raggiungimento del rifiuto strumentale.

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Dott. Geol. Walter Miccolis  
Descrizione: Realizzazione Fotovoltaico  
Località: Brindisi

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



PROVA ...P1

Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 12/02/2020  
 Profondità prova 2.60 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	1	0.851	8.27	9.72	0.41	0.49
0.60	2	0.847	16.46	19.44	0.82	0.97
0.80	3	0.843	24.59	29.15	1.23	1.46
1.00	4	0.840	30.20	35.96	1.51	1.80
1.20	4	0.836	30.07	35.96	1.50	1.80
1.40	5	0.833	37.44	44.95	1.87	2.25
1.60	4	0.830	29.83	35.96	1.49	1.80
1.80	4	0.826	29.71	35.96	1.49	1.80
2.00	4	0.823	27.54	33.45	1.38	1.67
2.20	24	0.720	144.54	200.72	7.23	10.04
2.40	40	0.617	206.46	334.53	10.32	16.73
2.60	100	0.614	513.71	836.34	25.69	41.82

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	1	9.72	Coesivo	0	1.52	1.85	0.03	1.5	1.5	Terreno vegetale
2	3.75	33.85	Incoerente - coesivo	0	1.79	1.88	0.2	1.5	5.64	Argilla-limosa
2.6	54.67	457.2	Incoerente	0	2.5	2.22	0.42	1.5	82.22	Calcarenite

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Terzaghi-Peck	0.09
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Terzaghi-Peck	0.35

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Robertson (1983)	3.00
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Robertson (1983)	11.28

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17.09
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	59.32

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Apollonia	15.00
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Apollonia	56.40

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Meyerhof	1.52
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Meyerhof	1.79

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Meyerhof	1.85
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Meyerhof	1.88

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	53.79
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	95.58



**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Gibbs & Holtz 1957	25.15
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Gibbs & Holtz 1957	87.82

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Sowers (1961)	29.58
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Sowers (1961)	51.02

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Schultze- Menzenbach Sabbia fina	51.31
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Schultze- Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	970.90

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Menzenbach e Malcev	57.97
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Menzenbach e Malcev	898.02

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Classificazione A.G.I	MOLTO ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Terzaghi-Peck 1948	1.42
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Terzaghi-Peck 1948	1.97

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Terzaghi-Peck 1948	1.88
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Terzaghi-Peck 1948	2.22

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	(A.G.I.)	0.19

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Ohsaki (Sabbie pulite)	330.46
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Ohsaki (Sabbie pulite)	4101.97

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Ohta & Goto (1978) Limi	95.58
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Ohta & Goto (1978) Limi	172.28

Coefficiente spinta a Riposo K<sub>0</sub>=SigmaH/P<sub>0</sub>

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K <sub>0</sub>
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Navfac 1971-1982	1.14
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Navfac 1971-1982	11.93

Q<sub>c</sub> ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Argilla-limosa	5.64	0.40-2.00	5.64	Robertson 1983	11.28
Strato (3) Calcarenite	82.22	2.00-2.60	82.22	Robertson 1983	164.44

PROVA ...P2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 12/02/2020  
 Profondità prova 4.20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	1	0.851	8.27	9.72	0.41	0.49
0.60	1	0.847	8.23	9.72	0.41	0.49
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	5	0.840	37.75	44.95	1.89	2.25
1.20	5	0.836	37.59	44.95	1.88	2.25
1.40	6	0.833	44.92	53.94	2.25	2.70
1.60	7	0.830	52.20	62.93	2.61	3.15
1.80	8	0.826	59.43	71.92	2.97	3.60
2.00	6	0.823	41.31	50.18	2.07	2.51
2.20	37	0.670	207.37	309.44	10.37	15.47
2.40	21	0.717	125.95	175.63	6.30	8.78
2.60	12	0.814	81.72	100.36	4.09	5.02
2.80	13	0.761	82.78	108.72	4.14	5.44
3.00	9	0.809	56.90	70.37	2.85	3.52
3.20	8	0.806	50.41	62.55	2.52	3.13
3.40	13	0.753	76.58	101.64	3.83	5.08
3.60	13	0.751	76.32	101.64	3.82	5.08
3.80	21	0.698	114.67	164.19	5.73	8.21
4.00	56	0.596	245.00	411.05	12.25	20.55
4.20	69	0.594	300.69	506.48	15.03	25.32

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.6	1	9.72	Coesivo	0	1.52	1.85	0.05	1.5	1.5	Terreno vegetale
2	5.86	52.53	Incoerente - coesivo	0	1.93	2.12	0.23	1.5	8.81	Limi sabbiosi
4.2	24.73	192.01	Incoerente	0	2.19	2.09	0.6	1.5	37.19	Calcarenite

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Terzaghi-Peck	0.09
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Terzaghi-Peck	0.60



Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Robertson (1983)	3.00
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Robertson (1983)	17.62

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17.09
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	91.65

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Apollonia	15.00
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Apollonia	88.10

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Meyerhof	1.52
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Meyerhof	1.93

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Meyerhof	1.85
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Meyerhof	2.12

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	58.17
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	104.86

**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Gibbs & Holtz 1957	33.56
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Gibbs & Holtz 1957	60.2

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Sowers (1961)	30.47
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Sowers (1961)	38.41

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Schultze- Menzenbach Sabbia fina	61.77
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	335.29

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Menzenbach e Malcev	69.19
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Menzenbach e Malcev	441.14

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Terzaghi-Peck 1948	1.46
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Terzaghi-Peck 1948	1.76

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Terzaghi-Peck 1948	1.91
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Terzaghi-Peck 1948	2.10

#### Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	(A.G.I.)	0.28

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Ohsaki (Sabbie pulite)	502.56
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Ohsaki (Sabbie pulite)	1945.87

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Ohta & Goto (1978) Limi	104.86
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Ohta & Goto (1978) Limi	159.09

#### Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	$K_0$
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Navfac 1971-1982	1.85
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Navfac 1971-1982	6.55

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	8.81	0.60-2.00	8.81	Robertson 1983	17.62
Strato (3) Calcarenite	37.19	2.00-4.20	37.19	Robertson 1983	74.38



PROVA ...P3

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 12/02/2020  
 Profondità prova 1.80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	4	0.851	33.07	38.87	1.65	1.94
0.60	2	0.847	16.46	19.44	0.82	0.97
0.80	3	0.843	24.59	29.15	1.23	1.46
1.00	3	0.840	22.65	26.97	1.13	1.35
1.20	4	0.836	30.07	35.96	1.50	1.80
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	4	0.830	29.83	35.96	1.49	1.80
1.80	100	0.626	563.06	898.99	28.15	44.95

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.2	1	9.72	Coesivo	0	1.52	1.85	0.02	1.5	1.5	Terreno vegetale
1.6	3.43	31.76	Incoerente - coesivo	0	1.77	1.88	0.15	1.5	5.16	Limi sabbiosi
1.8	100	898.99	Incoerente	0	2.5	2.36	0.3	1.5	150.4	Calcarenite

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Terzaghi-Peck	0.09
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Terzaghi-Peck	0.32

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Robertson (1983)	3.00
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Robertson (1983)	10.32

**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17.09
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	54.42

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Apollonia	15.00
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Apollonia	51.60

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Meyerhof	1.52
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Meyerhof	1.77

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Meyerhof	1.85
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Meyerhof	1.88

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	47.05
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	89.04

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Gibbs & Holtz 1957	24.41
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Sowers (1961)	29.44
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Sowers (1961)	70.11

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Schultze-Menzenbach Sabbia fina	49.73
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	1524.00

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Menzenbach e Malcev	56.27
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Menzenbach e Malcev	1611.18

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Terzaghi-Peck 1948	1.41
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Terzaghi-Peck 1948	1.64

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Terzaghi-Peck 1948	1.88
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Terzaghi-Peck 1948	2.01

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	(A.G.I.)	0.06



Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Ohsaki (Sabbie pulite)	303.95
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Ohsaki (Sabbie pulite)	7236.46

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Ohta & Goto (1978) Limi	89.04
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Ohta & Goto (1978) Limi	180.41

Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Navfac 1971-1982	1.02
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Navfac 1971-1982	11.93

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	5.16	0.20-1.60	5.16	Robertson 1983	10.32
Strato (3) Calcarenite	150.4	1.60-1.80	150.4	Robertson 1983	300.80

PROVA ...P4

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 12/02/2020  
 Profondità prova 3.20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	1	0.855	8.31	9.72	0.42	0.49
0.40	3	0.851	24.80	29.15	1.24	1.46
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	5	0.843	40.98	48.59	2.05	2.43
1.00	4	0.840	30.20	35.96	1.51	1.80
1.20	6	0.836	45.11	53.94	2.26	2.70
1.40	11	0.833	82.36	98.89	4.12	4.94
1.60	16	0.780	112.13	143.84	5.61	7.19
1.80	9	0.826	66.86	80.91	3.34	4.05
2.00	9	0.823	61.96	75.27	3.10	3.76
2.20	7	0.820	48.01	58.54	2.40	2.93
2.40	17	0.767	109.07	142.18	5.45	7.11
2.60	18	0.764	115.05	150.54	5.75	7.53
2.80	80	0.611	409.08	669.07	20.45	33.45
3.00	73	0.609	347.40	570.75	17.37	28.54
3.20	90	0.606	426.42	703.66	21.32	35.18

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.2	1	9.72	Coesivo	0	1.52	1.85	0.02	1.5	1.5	Terreno vegetale
1.2	4.2	39.36	Incoerente - coesivo	0	1.83	1.89	0.12	1.5	6.32	Limi sabbiosi
3.2	33	269.36	Incoerente	0	2.24	2.16	0.44	1.5	49.63	Calcarenite

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4.**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Terzaghi-Peck	0.09
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Terzaghi-Peck	0.40

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Robertson (1983)	3.00
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Robertson (1983)	12.64

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	17.09
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	66.25

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Apollonia	15.00
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Apollonia	63.20

Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Meyerhof	1.52
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Meyerhof	1.83

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Meyerhof	1.85
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Meyerhof	1.89

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	1.5	0.00-0.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	47.05
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	87.85



**TERRENI INCOERENTI**

## Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Gibbs & Holtz 1957	28.96
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Gibbs & Holtz 1957	71.79

## Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Sowers (1961)	29.77
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Sowers (1961)	41.9

## Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Schultze- Menzenbach Sabbia fina	53.56
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Schultze- Menzenbach Ghiaia e Sabbia	465.92

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Menzenbach e Malcev	60.37
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Menzenbach e Malcev	557.13

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Terzaghi-Peck 1948	1.43
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Terzaghi-Peck 1948	1.85

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Terzaghi-Peck 1948	1.89
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Terzaghi-Peck 1948	2.15

**Modulo di Poisson**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	(A.G.I.)	0.25

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Ohsaki (Sabbie pulite)	367.78
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Ohsaki (Sabbie pulite)	2552.19

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Ohta & Goto (1978) Limi	87.85
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Ohta & Goto (1978) Limi	156.52

**Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Navfac 1971-1982	1.29
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Navfac 1971-1982	8.12

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.32	0.20-1.20	6.32	Robertson 1983	12.64
Strato (3) Calcarenite	49.63	1.20-3.20	49.63	Robertson 1983	99.26

PROVA ...P5

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)  
 Prova eseguita in data 12/02/2020  
 Profondità prova 2.00 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.20	2	0.855	16.61	19.44	0.83	0.97
0.40	1	0.851	8.27	9.72	0.41	0.49
0.60	3	0.847	24.69	29.15	1.23	1.46
0.80	3	0.843	24.59	29.15	1.23	1.46
1.00	2	0.840	15.10	17.98	0.75	0.90
1.20	3	0.836	22.55	26.97	1.13	1.35
1.40	4	0.833	29.95	35.96	1.50	1.80
1.60	9	0.830	67.12	80.91	3.36	4.05
1.80	16	0.776	111.67	143.84	5.58	7.19
2.00	78	0.623	406.53	652.34	20.33	32.62

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0.4	1.5	14.58	Coesivo	0	1.58	1.85	0.03	1.5	2.26	Terreno vegetale
1.6	4	36.69	Incoerente - coesivo	0	1.81	1.89	0.17	1.5	6.02	Limi sabbiosi
2	47	398.09	Incoerente	0	2.41	2.19	0.33	1.5	70.69	Calcarenite

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P5**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Terzaghi-Peck	0.14
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Terzaghi-Peck	0.38

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Robertson (1983)	4.52
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Robertson (1983)	12.04



**Modulo Edometrico**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	24.84
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	63.19

**Modulo di Young**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Apollonia	22.60
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Apollonia	60.20

**Classificazione AGI**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Meyerhof	1.58
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Meyerhof	1.81

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Meyerhof	1.85
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Meyerhof	1.89

**Velocità onde di taglio**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (1) Terreno vegetale	2.26	0.00-0.40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	57.74
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	93.32

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Gibbs & Holtz 1957	27
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Gibbs & Holtz 1957	85.48

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Sowers (1961)	29.69
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Sowers (1961)	47.79

#### Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Schultze-Menzenbach Sabbia fina	52.57
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Schultze-Menzenbach Ghiaia e Sabbia	687.05

#### Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Menzenbach e Malcev	59.31
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Menzenbach e Malcev	777.42

#### Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Classificazione A.G.I.	MOLTO ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Terzaghi-Peck 1948	1.43
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Terzaghi-Peck 1948	1.94

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Terzaghi-Peck 1948	1.89
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Terzaghi-Peck 1948	2.21

#### Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	(A.G.I.)	0.34
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	(A.G.I.)	0.21

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Ohsaki (Sabbie pulite)	351.35
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Ohsaki (Sabbie pulite)	3558.85

Velocità onde di taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Ohta & Goto (1978) Limi	93.32
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Ohta & Goto (1978) Limi	160.08

Coefficiente spinta a Riposo  $K_0 = \sigma_H / P_0$

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K <sub>0</sub>
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Navfac 1971-1982	1.22
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Navfac 1971-1982	11.93

Q<sub>c</sub> ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Q <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (2) Limi sabbiosi	6.02	0.40-1.60	6.02	Robertson 1983	12.04
Strato (3) Calcarenite	70.69	1.60-2.00	70.69	Robertson 1983	141.38

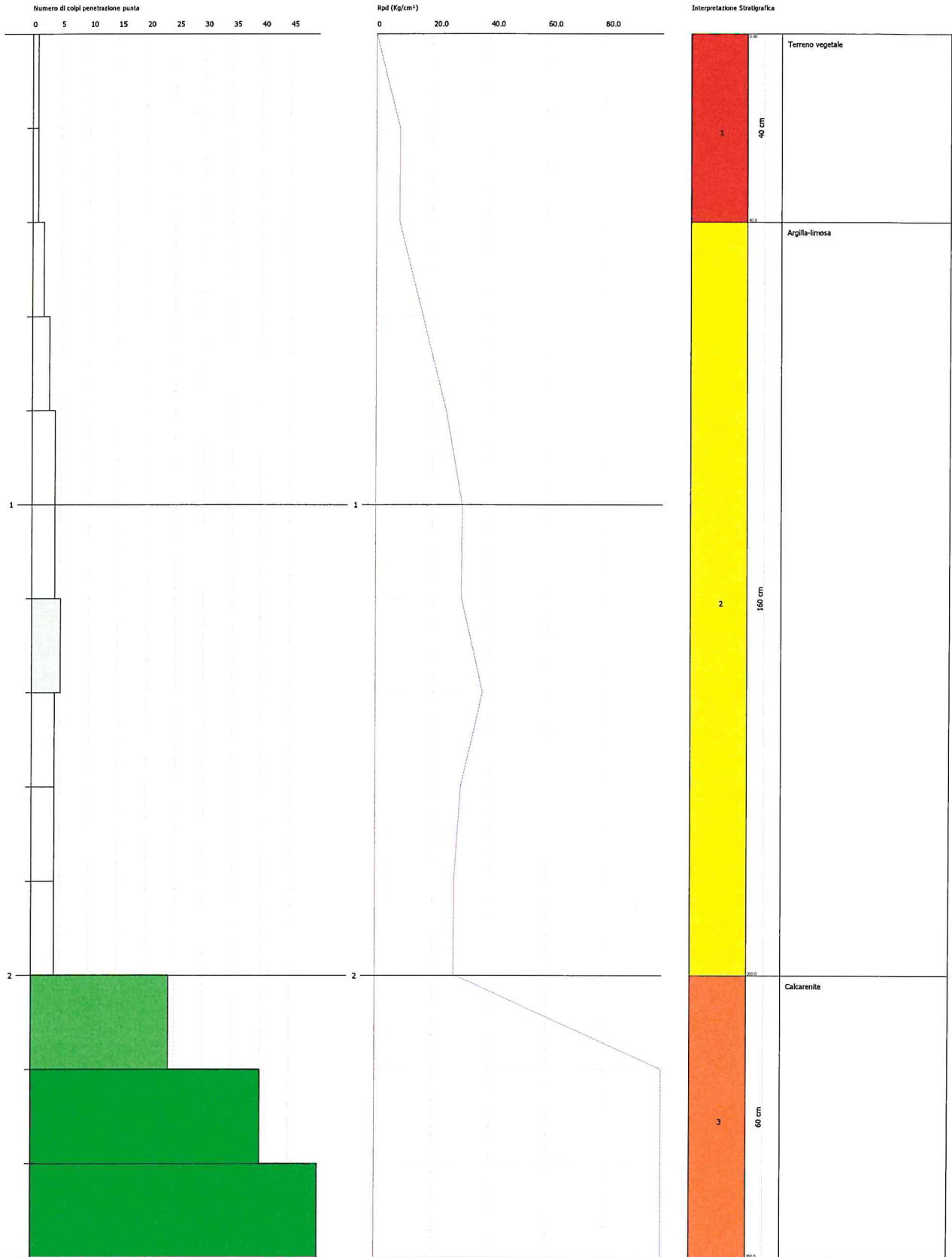


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Dott. Geol. Walter Miccolis  
Descrizione: Realizzazione Fotovoltaico  
Località: Brindisi

Data: 12/02/2020

Scale 1:12

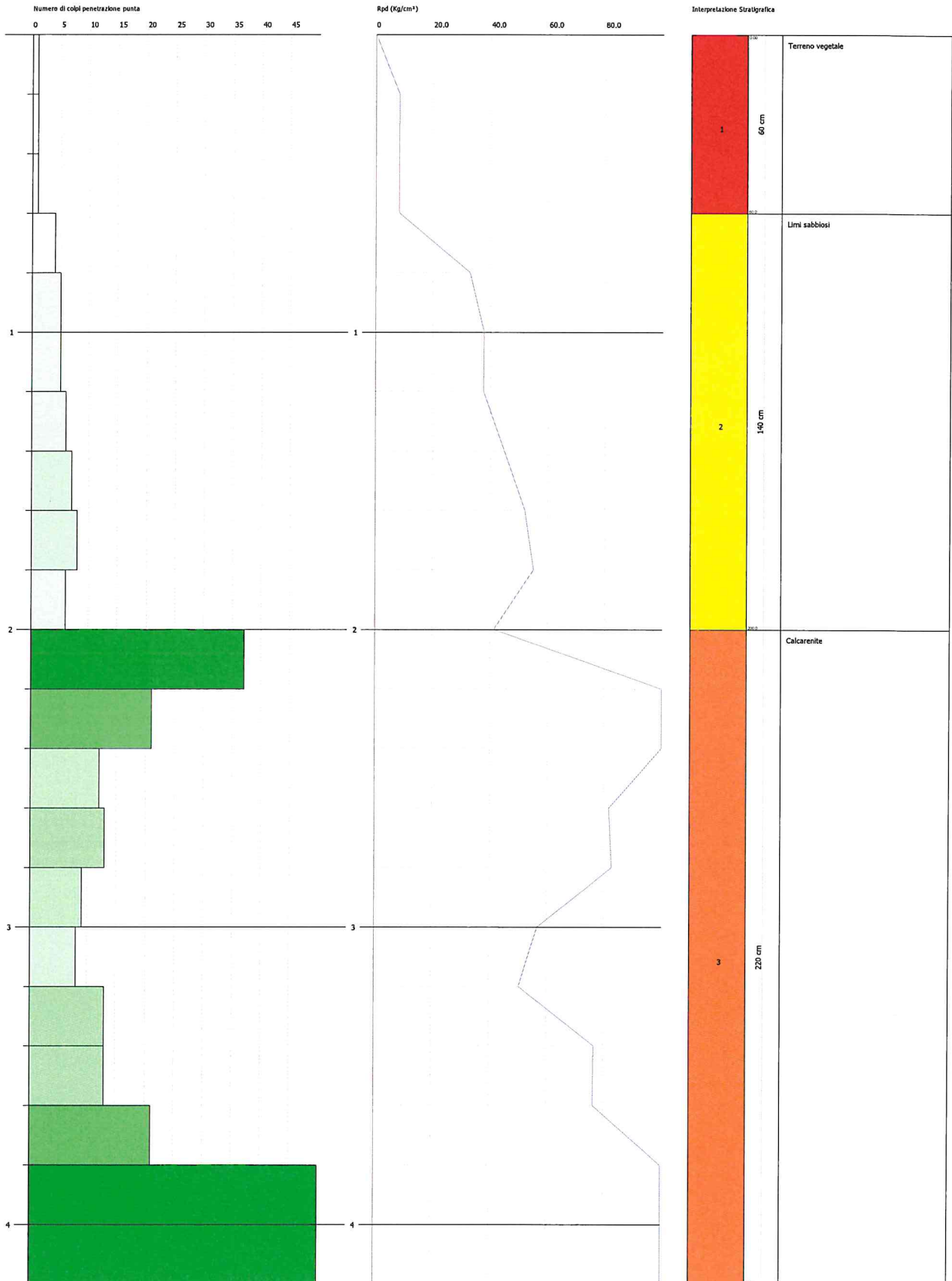


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2  
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Dott. Geol. Walter Miccolis  
Descrizione: Realizzazione Fotovoltaico  
Località: Erondi

Data: 12/02/2020

Scale 1:19

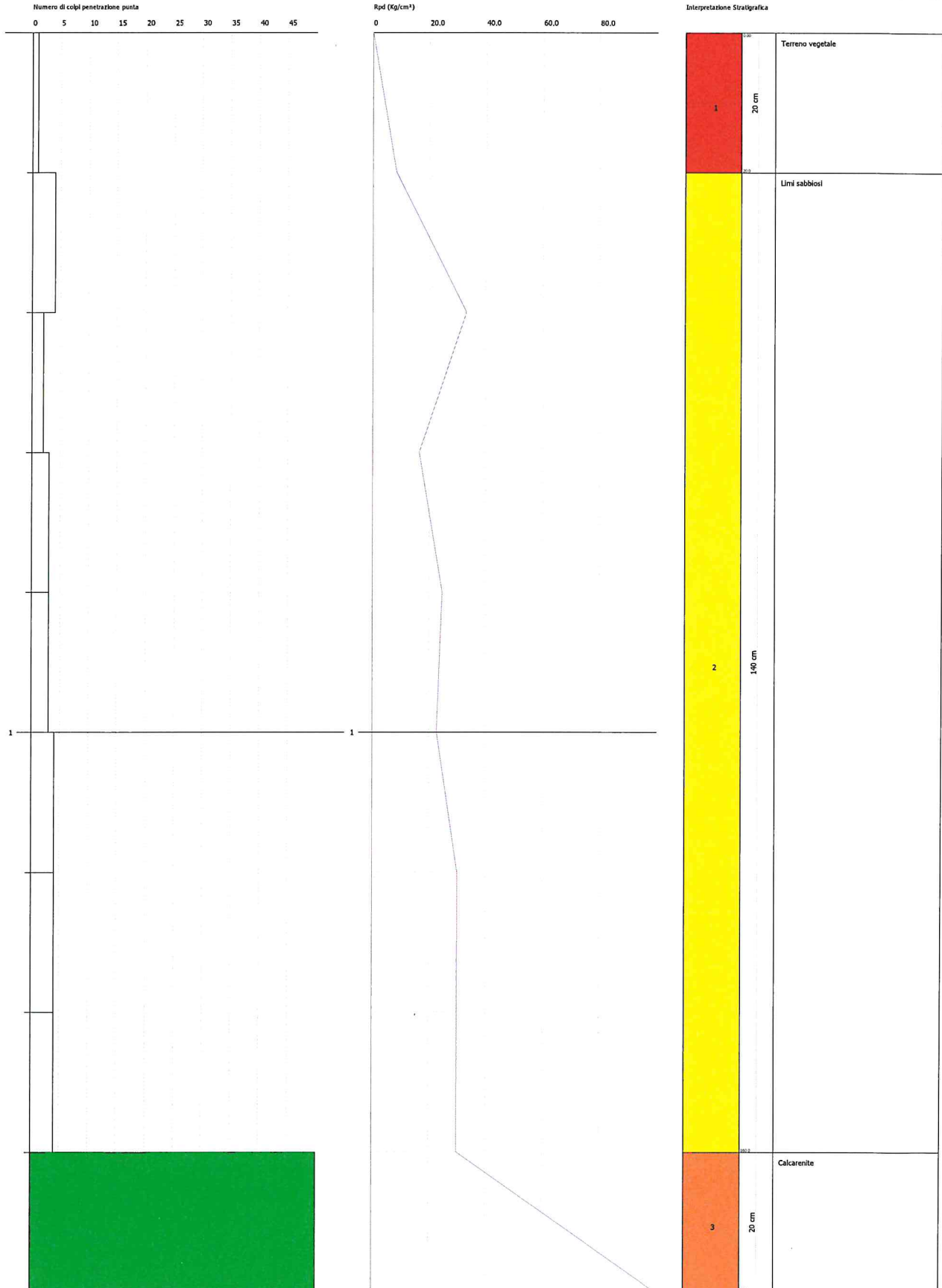


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Dott. Geol. Walter Miccolis  
Descrizione: Realizzazione Fotovoltaico  
Località: Siroli

Data: 12/03/2020

Scala 1:8



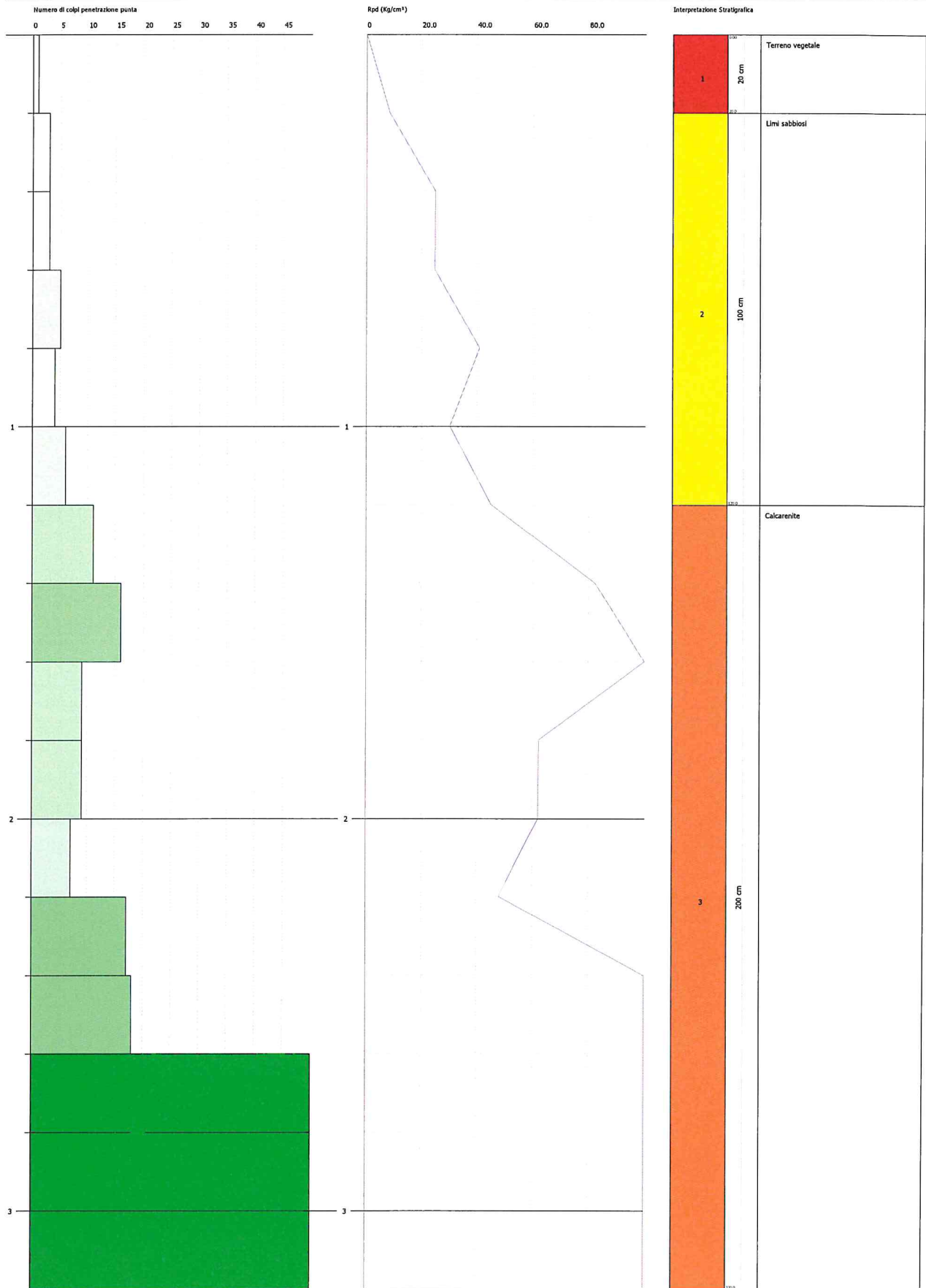


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4**  
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Dott. Geol. Walter Miccolis  
Descrizione: Realizzazione Fotoretecolo  
Località: Brindisi

Data: 12/02/2020

Scale 1:14

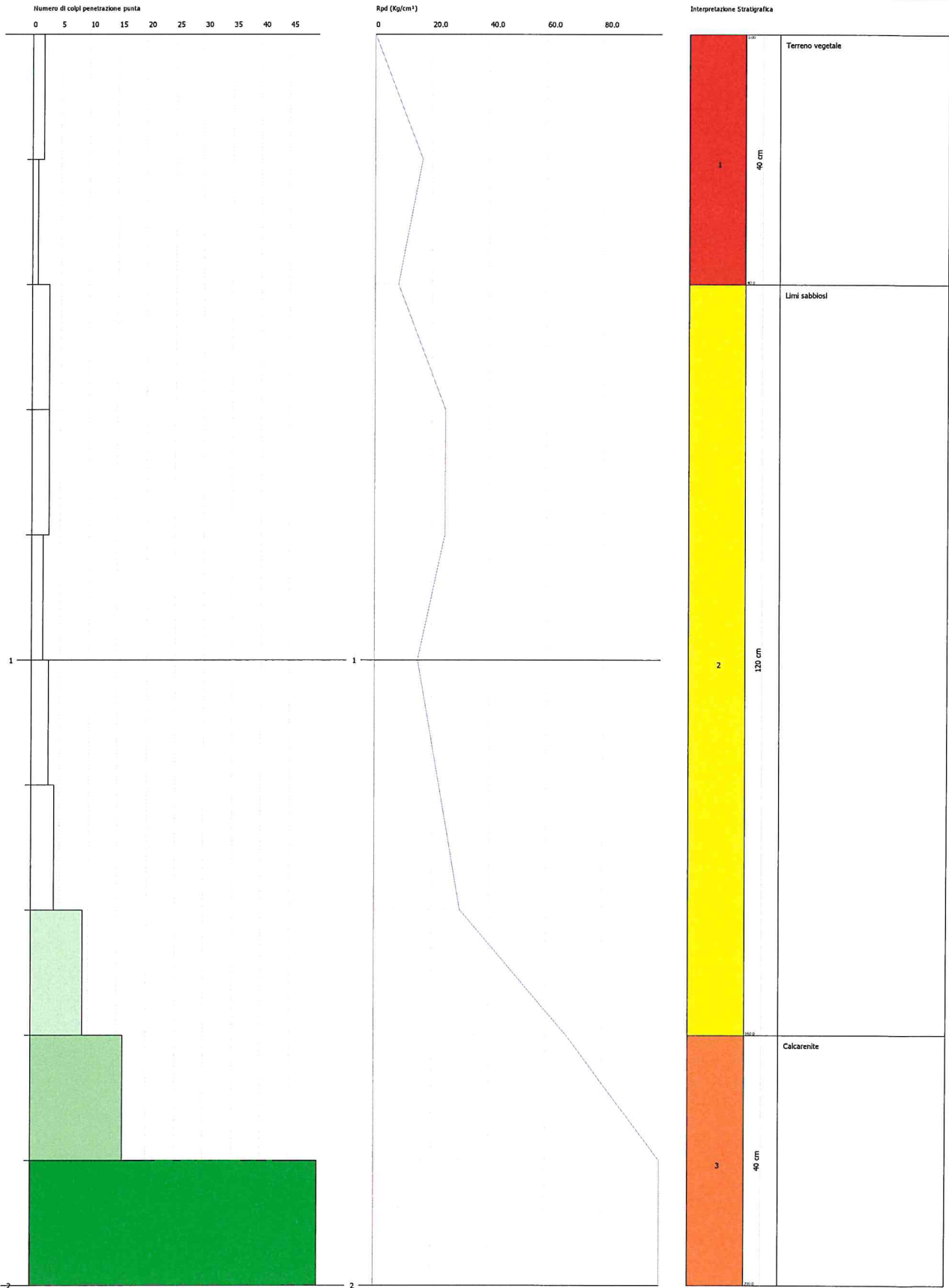


**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P5**  
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: Dott. Geol. Walter Micolis  
Descrizione: Realizzazione Fotovoltaico  
Località: Brindisi

Data: 12/02/2020

Scala 1:1





Esecuzione prova DPSH 1







Esecuzione prova DPSH 2







Esecuzione prova DPSH 3







Esecuzione prova DPSH 4







Esecuzione prova DPSH 5



## **Profili sismici con ricostruzione tomografica**

L'elaborazione del profilo sismico è avvenuta mediante apposito algoritmo delle sezioni sismografiche, con restituzione tomografia. Tale metodo permette di individuare anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche, con un elevato potere risolutivo offrendo la possibilità di ricostruire stratigraficamente situazioni complesse, non risolvibili con differenti tecniche di indagine.

La tomografia sismica, rispetto alla convenzionale sismica a rifrazione, limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma) o di ridotti spessori.

Essa consiste nella ricostruzione di sezioni bidimensionali (2D) realizzate mediante serie di stendimenti sismici a rifrazione con sismografo a 12 canali.

Lo strumento di acquisizione è il Geode, della Geometrics con geofoni da 12 Hz, il software utilizzato per l'elaborazione tomografica è il Rayfract.

La sezione di output del software di interpretazione geofisica è in grado di rappresentare la discretizzazione del sottosuolo indagato in differenti sismogrammi, ovvero livelli caratterizzati da omologhe velocità sismiche.

Per il trattamento dei dati per la ricostruzione tomografica dell'immagine si utilizza una suddivisione dell'area di studio in celle elementari, calcolando per ciascuna di queste un valore di velocità congruente con il tempo di tragitto medio relativo ai percorsi dei raggi sismici che le attraversano; la presentazione delle elaborazioni eseguite dà



come risultato una mappa della distribuzione delle velocità sismiche in una sezione piana contenente le sorgenti ed i geofoni.

Le indagini sismiche, in pratica, si effettuano misurando i tempi diretti di propagazione nel terreno delle onde sismiche tra una sorgente di energia, e uno o più sensori (geofoni), che vengono posizionati lungo un allineamento a distanze progressivamente crescenti dal punto di emissione dell'energia. Le indagini possono essere effettuate sia a livello, che in foro.

Le onde elastiche possono essere generate mediante l'utilizzazione di masse battenti o tramite esplosioni controllate. L'impiego dell'una o dell'altra fonte di energizzazione dipende essenzialmente dalla profondità d'investigazione richiesta.

In tale campagna di indagine la prospezione sismica è stata realizzata posizionando sorgenti e geofoni lungo un allineamento, utilizzando 12 geofoni con 5 registrazioni per ogni stendimento.

L'energizzazione è stata del tipo a massa battente.

La restituzione grafica è stata presentata con una finestra profonda circa 7 metri.

Il risultato finale è la rappresentazione delle velocità (in m/s) per piani o sezioni indagate visualizzata mediante una scala cromatica, che va dal blu (basse velocità) al rosso (alte velocità). Quanto più il mezzo attraversato dal suono è rigido e incomprimibile, tanto maggiore sarà la sua velocità caratteristica. Valori bassi della velocità mettono in evidenza la variazione negativa delle caratteristiche elastiche e meccaniche



Il profilo sismico è stato registrato con n.5 scoppi in linea (shots) ed è costituito da n.5 sismogrammi. L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico è stata effettuata con il *software Rayfract* che esegue l'inversione tomografica con il metodo *WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography processing)*.

Il software RAYFRACT consente la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo, con le più evolute tecniche tomografiche, soprattutto nel caso di strutture profonde. Tali tecniche consistono in due metodi, quello di inversione DELTA t-v, mediante il quale si ottengono dei profili 1D "profondità-velocità" dai dati di *traveltime* e il metodo di inversione 2D, WET, mediante il quale si ottimizzano i modelli di velocità ottenuti con il metodo DELTA t-v.

Il software RAYFRACT è stato supportato dal software SURFER 8 mediante il quale è stato eseguito automaticamente il *gridding*, l'*imaging* ed il *contouring* dei suddetti modelli di velocità.

Partendo direttamente dall'importazione delle tracce sismiche, RAYFRACT permette di effettuare il *picking* dei primi arrivi, eseguito in questo caso manualmente, ed ottenere quindi un *image* delle strutture di velocità anche in situazioni di topografia estrema e di marcati contrasti laterali di velocità.

Il modello iniziale del gradiente di velocità ottenuto con il metodo DELTA t-v viene ottimizzato automaticamente mediante l'inversione tomografica 2D WET (*Wet Tomography Eikonal Traveltime*). La teoria in proposito basa i modelli tomografici sulla modellizzazione del percorso di un fascio di raggi per ogni primo arrivo, contrariamente a quanto previsto

con la tomografia convenzionale basata sulla modellizzazione del percorso di un raggio sismico per ogni primo arrivo.

In tal modo si ottiene l'output finale dell'inversione WE.

Di seguito i risultati ottenuti.

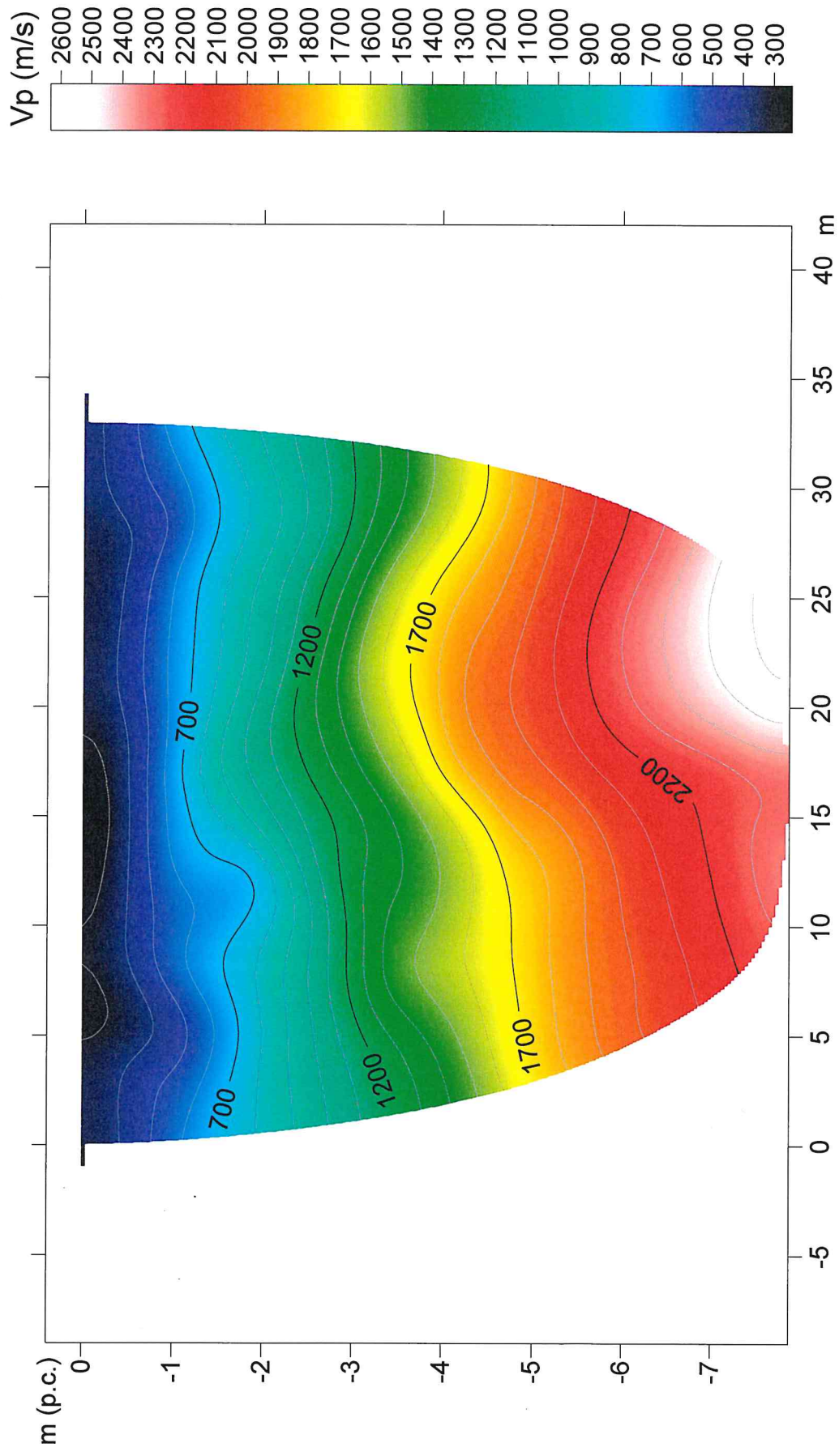
#### **PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE**

Il profilo ha permesso di ricostruire un modello a tre sismostrati: in affioramento e per uno spessore di circa mezzo metro si rinviene il primo sismostrato che, caratterizzato da una velocità di 300.0 m/sec, può essere ricondotto al terreno vegetale. Segue fino ad una profondità di circa 2.0 metri il secondo sismostrato che caratterizzato da una velocità di 700 m/sec è riconducibile a limi sabbiosi.

Le velocità aumentano con la profondità: si registra una velocità di 1200 m/sec intorno a 3.0 metri per poi aumentare fino a 1700-2000 m/sec; tale sismostrato è da ricondurre ad una calcarenite che diventa via via più tenace.

# Sismica tomografica a rifrazione

Località: Brindisi







Esecuzione profilo sismico a rifrazione e masw sullo stesso stendi mento



## Sismica con metodologia Masw

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

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (DA 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle  $V_s$ .

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono



un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erronee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Attraverso i profili masw eseguiti è stato possibile ricavare l'andamento delle velocità delle onde Vs con la profondità e da qui calcolare il parametro Vs equivalente, utile a classificare il sottosuolo in base alle NTC18, dalla seguente relazione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum^i \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

*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 VS non inferiore a 800 m/s.*



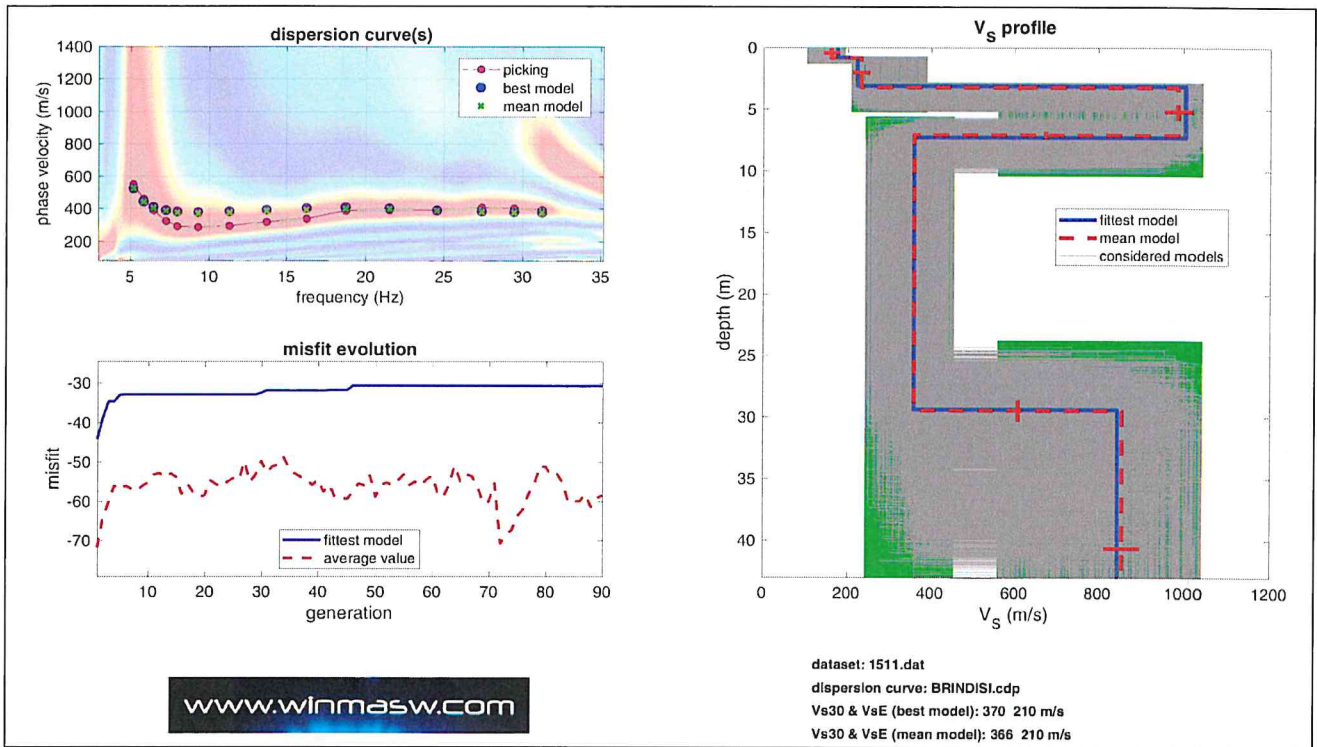
Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Dall'indagine Masw eseguita è stato ricavato l'andamento delle  $V_s$  e da qui calcolato il valore della  $V_{s,eq}$  che è risultato essere di: **210 m/s**.

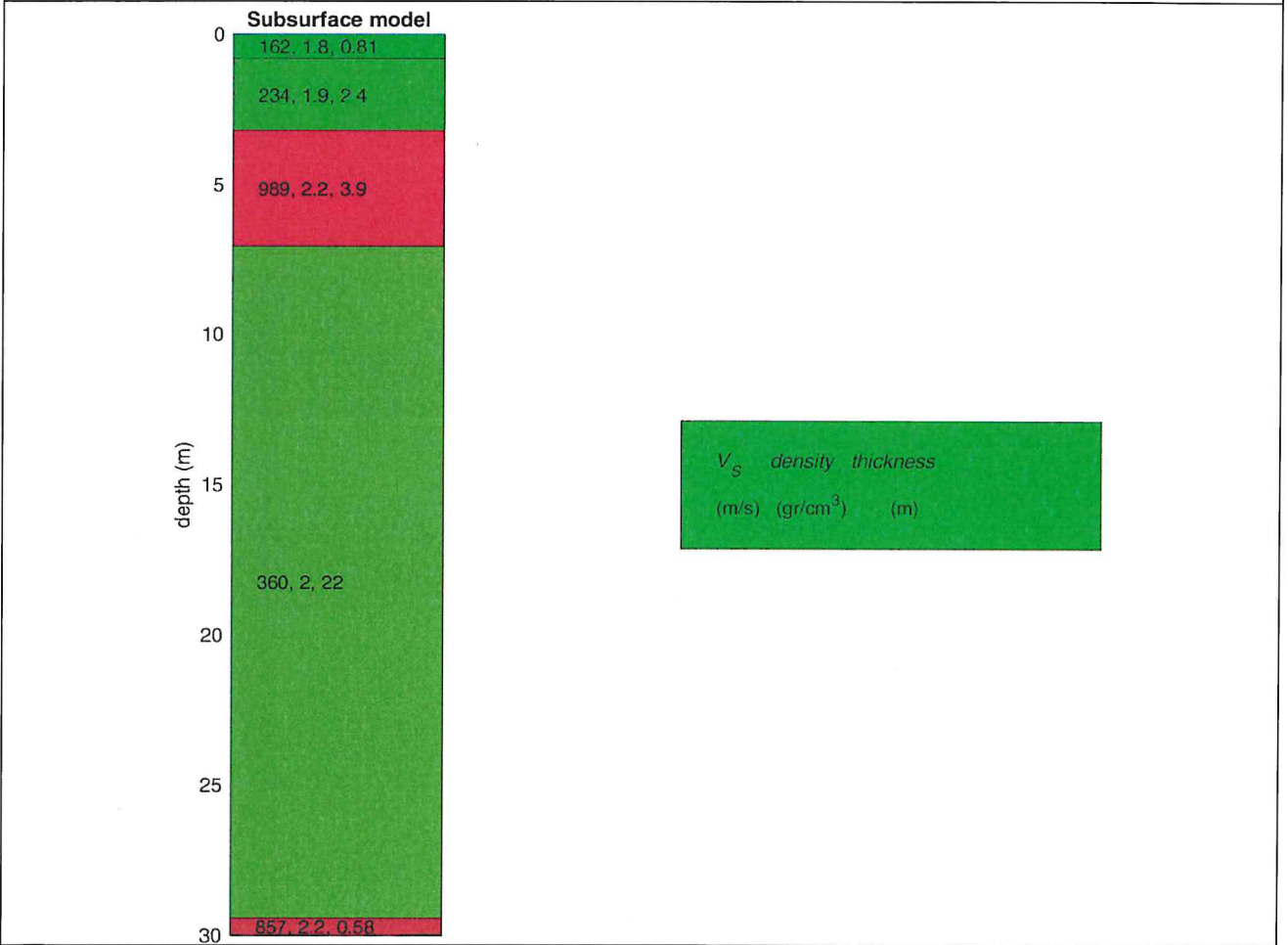
Questi valori di  $V_{s,eq}$  fanno rientrare il sottosuolo nella categoria C.

# Indagine sismica Masw

## Località: Brindisi



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



Le categorie di sottosuolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
- B) ***Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti***, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
- C) ***Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
- D) ***Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti***, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.



***E) Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente  
riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità  
del substrato non superiore a 30 m.***

***Ruffano, febbraio 2020***

**IL DIRETTORE TECNICO**

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

