



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA DI FOGGIA



COMUNE DI FOGGIA



COMUNE DI SAN SEVERO

## AGROVOLTAICO "LA MOTTA"

Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse, della potenza elettrica di 30,7664 MW DC 26,14 MW DC \* e 30,00 MW AC 25,00 MW AC \*, con contestuale utilizzo del terreno ad attività agricole di qualità e apicoltura, da realizzare nel Comune di Foggia (FG) e nel Comune di San Severo (FG) in località "La Motta"

\* Revisione n. 1: Modifiche al progetto consistenti nella variazione planimetriche all'area interessata dall'impianto agrovoltaiico, ora ricadente in aree idonee di cui al D.lgs. 199/2021 s.m.i., nella riduzione della superficie totale occupata dal sistema agrovoltaiico (S tot) e nella riduzione della potenza elettrica.

### PROGETTO DEFINITIVO

Proponente dell'impianto FV:

**ILOS**

INE Foggia 1 Srl

A Company of ILOS New Energy Italy

**INE FOGGIA 1 S.r.l.**

Piazza di Sant Anastasia n. 7, 00186, Roma (RM)

PEC: inefoggia1srl@legalmail.it

**CHIERICONI SERGIO**

Documento firmato digitalmente, ai sensi del  
D.Lgs. 28.12.2000 n. 445 s.m.i. e del D.Lgs.  
7.03.2005 n. 82 s.m.i.

Gruppo di progettazione:

Ing. Giovanni Montanarella - progettazione generale e progettazione elettrica

Arch. Giuseppe Pulizzi - progettazione generale e coordinamento gruppo di lavoro

Ing. Salvatore Di Croce - progettazione generale, studi e indagini idrologiche e idrauliche

Dott. Arturo Urso - studi e progettazione agronomica

Ing. Angela Cuonzo - studio d'impatto ambientale e analisi territoriale

Geom. Donato Lensi - studio d'impatto ambientale e rilievi topografici

Dott. Geologo Baldassarre F. La Tessa - studi e indagini geologiche, geotecniche e sismiche

Dott. Archeologo Antonio Saponara - studi e indagini archeologiche

Ing. Nicola Robles - valutazione d'impatto acustico

Ing. Filippo A. Filippetti - valutazione d'impatto acustico

Partner del progetto agronomico e  
Coordinatore generale e progettazione:

**m2  
energia**  
ENERGIE  
RINNOVABILI

**M2 ENERGIA S.r.l.**

Via C. D'Ambrosio n. 6, 71016, San Severo (FG)

m2energia@gmail.com - m2energia@pec.it

**GIANCARLO FRANCESCO DIMAURO**

Documento firmato digitalmente, ai sensi del  
D.Lgs. 28.12.2000 n. 445 s.m.i. e del D.Lgs.  
7.03.2005 n. 82 s.m.i.

Elaborato redatto da:

Dr. geol. Baldassarre Franco LA TESSA

Ordine dei Geologi della Regione Puglia - n.499



Spazio riservato agli uffici:

<b>PD</b>	Titolo elaborato:			Codice elaborato	
	Relazione geotecnica			PD02_02_01	
N. progetto: FG0Fo02	Codice identificativo MASE - ID: 9119	Codice A.U.: SBRA9C8	Protocollo:	Scala: -	Formato di stampa: A4
Redatto il: 26/09/2022	Revisione: <b>Revisione n. 1 del 27/10/2023</b>			Nome_file o Identificatore: FG0Fo02_PD02_02_01_RelazioneGeotecnica	

## **Carico Limite e Cedimenti**

OGGETTO: *Progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agrovoltaiico per la produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere ed infrastrutture connesse, della potenza elettrica di ~~30,7664~~ MWDC 26,14 MWDC e ~~30,00~~ MWAC 25,00 MWAC, con contestuale utilizzo del terreno ad attività agricole di qualità e apicoltura, da realizzare nel Comune di Foggia (FG) e nel Comune di San Severo in Località " La Motta"*

*"Il presente elaborato costituisce la revisione n. 1 dell'omonimo elaborato consegnato con l'istanza per l'avvio della Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, ai sensi dell'art. 23 del D.lgs. 03/04/2006, n. 152 e s.m.i., consegnata in data 28/10/2022 e acquisita agli atti con prot. MiTE/135730 del 02/11/2022, a cui è stata assegnata il codice identificativo MASE ID 9119."*

### **Proponete**

### **Normative di riferimento**

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.  
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.  
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.  
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per il calcolo, l' esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'
- D.M. 16 Gennaio 1996  
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.  
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996
- Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018)
- Circolare 7 del 21/01/2019 Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

## Richiami teorici

### Determinazione della capacità portante

Il carico verticale che grava sul palo va confrontato con il valore di calcolo della resistenza verticale del palo stesso. Il problema che si pone, quindi, è quello di determinare la capacità portante del palo. Determinata la capacità portante, la resistenza di calcolo verticale del palo si ottiene applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza.

La capacità portante di un palo viene valutata come somma di due contributi: portanza di base (o di punta) e portanza per attrito laterale lungo il fusto. Cioè si assume valida l'espressione:

$$Q_T = Q_P + Q_L - W_P$$

dove:

$Q_T$	Portanza totale del palo;
$Q_P$	Portanza di base del palo;
$Q_L$	Portanza per attrito laterale del palo;
$W_P$	Peso proprio del palo.

Le due componenti  $Q_P$  e  $Q_L$  sono calcolate in modo indipendente fra loro. Risulta molto difficoltoso, tranne che in poche situazioni, stabilire quanta parte del carico viene assorbita per attrito laterale e quanta per resistenza alla base.

Nel caso di pali soggetti a trazione la resistenza allo sfilamento vale:

$$Q_T = Q_L + W_P$$

Dalla capacità portante del palo si ricava il carico ammissibile del palo  $Q_A$  applicando degli opportuni coefficienti di sicurezza rispettivamente  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$ .

I coefficienti  $\gamma_b$  e  $\gamma_s$  rappresentano rispettivamente i valori del coefficiente di sicurezza per la portanza di punta e quello per la portanza laterale.

Quindi nel caso di pali compressi abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_P/\gamma_b + Q_L/\gamma_s - W_P$$

Nel caso invece di pali soggetti a sforzi di trazione abbiamo la seguente relazione:

$$Q_A = Q_L/\gamma_s + W_P$$

### *Capacità portante di punta*

In generale la capacità portante di punta viene calcolata tramite l'espressione:

$$Q_P = A_P (c N_c + q_b N_q)$$

dove  $A_P$  è l'area portante efficace della punta del palo,  $c$  è la coesione,  $q_b$  è la pressione del terreno alla quota della punta del palo ed i coefficienti  $N_c$  e  $N_q$  sono i coefficienti delle formule della capacità portante corretti per tener conto degli effetti di profondità.

$N_c$  ed  $N_q$  dipendono sia dalla geometria del palo che dalle caratteristiche del terreno angolo di attrito e coesione ( $\phi$  e  $c$ ).

In letteratura è possibile trovare diverse formule per il calcolo dei valori di  $N_c$  ed  $N_q$ .

Per pali in argilla in condizioni non drenate ( $\phi=0$ ,  $c=c_u$ ) si assume in genere per  $N_c$  il valore proposto da Skempton pari a 9 (valore in corrispondenza della punta del palo) mentre  $N_q=1$ . Diversi autori hanno proposto altri valori per il fattore  $N_c$  ma in generale le variazioni sono abbastanza contenute.

Diverso è il caso del fattore  $N_q$  per il quale diversi autori propongono dei valori spesso molto discordanti fra di loro.

In particolare da prove effettuati su pali realizzati in terreni non coesivi, si vede che la variazione della resistenza alla punta non cresce in modo lineare con la profondità, ma raggiunto un certo valore essa si mantiene pressochè costante. Questo fenomeno è stato spiegato da Vesic mettendo in conto un <<effetto arco>> che si manifesta nei dintorni del palo.

Un modo semplice per tener conto del fatto che la resistenza alla punta non può crescere indefinitamente è quello di considerare il diagramma delle pressioni verticali in corrispondenza del palo opportunamente modificato.

In particolare si assume che la pressione verticale  $\sigma_v$  cresca linearmente (pressione geostatica) fino ad una certa profondità  $z_c$  ( $\sigma_v=\sigma_c$ ); superata tale profondità il valore della pressione verticale si mantiene costante e pari a  $\sigma_c$ : in pratica si assume un diagramma bilatero per l'andamento della pressione verticale in corrispondenza del palo.

Il valore di  $z_c$  (detta anche profondità critica) dipende dal diametro del palo,  $D$ , dalla tecnologia di realizzazione (palo infisso o trivellato) dall'angolo di attrito del terreno  $\phi$ .

Nella determinazione di  $z_c$  il valore di  $\phi$  da considerare è funzione del valore dell'angolo di attrito prima dell'installazione del palo,  $\phi'$ , secondo le seguenti relazioni:

Per pali infissi  $\phi = 3/4 \phi' + 10$

Per pali trivellati  $\phi = \phi' - 3$

A parità di diametro influisce il grado di addensamento del terreno (densità relativa  $D_r$ ) e la resistenza alla punta cresce con il crescere della densità.

Nella sezione successiva descriveremo le relazioni per la determinazione di  $N_c$  ed  $N_q$ .

### *Capacità portante per attrito laterale*

La portanza laterale è data dall'integrale esteso a tutta la superficie laterale del palo delle tensioni tangenziali palo-terreno in condizioni limiti:

$$Q_L = \text{Int}(\tau_a) dS$$

dove  $\tau_a$  è dato dalla nota relazione di Coulomb:

$$\tau_a = c_a + \sigma_h \text{tg } \delta$$

dove  $c_a$  è l'adesione palo-terreno,  $\delta$  è l'angolo di attrito palo-terreno, e  $\sigma_h$  è la tensione orizzontale alla generica profondità  $z$ . La tensione orizzontale  $\sigma_h$  è legata alla pressione verticale  $\sigma_v$  tramite il coefficiente di spinta  $K_s$

$$\sigma_h = K_s \sigma_v$$

Indicando con  $C$  il perimetro e con  $L$  la lunghezza del palo abbiamo:

$$\text{Int}^L (C(c_a + K_s \sigma_v \text{tg } \delta) dz)$$

### Analisi del palo soggetto a forze orizzontali (Portanza trasversale)

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto) mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno di infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante di rigidezza elastica,  $K_h$ , espressa in  $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$  che rappresenta la pressione (in  $\text{Kg/cm}^2$ ) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm. La determinazione di questa costante può essere fatta o tramite prove di carico su piastra o mediante metodi analitici (convenzionali). La variazione della costante di Winkler con la profondità dipende dal tipo di terreno in cui il palo è immerso. Ad esempio nel caso di terreni coesivi in condizioni non drenate  $K_h$  assume un valore costante con la profondità mentre nel caso di terreni incoerenti la variazione di  $K_h$  è di tipo lineare (crescente con la profondità). In generale l'espressione di  $K_h$  assume una forma binomia del tipo:

$$K_h(z) = A + B z^n$$

Per l'analisi di pali caricati trasversalmente si utilizza il modello di Winkler. Il palo viene suddiviso in un determinato numero (100) di elementi tipo trave aventi area ed inerzia pari a quella della sezione trasversale del palo. In corrispondenza di ogni nodo di separazione fra i vari elementi viene inserita una molla orizzontale di opportuna rigidezza che schematizza il terreno. Il comportamento delle molle che schematizzano il terreno non è infinitamente elastico ma è di tipo elastoplastico. La singola molla reagisce fino ad un valore limite di spostamento o di reazione; una volta che è stato superato tale limite la molla non offre ulteriori incrementi di resistenza (diagramma tipo elastoplastico perfetto). Indicando con  $d_{ye}$  la lunghezza del tratto di influenza della molla, con  $D$  il diametro del palo la molla avrà una rigidezza pari a:

$$K_m = d_{ye} D K_k$$

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che il terreno può esplicare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale. La resistenza limite  $p_u = p_u(z)$  dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo. In terreni puramente coesivi ( $c=c_u$ ,  $\phi=0$ ) la resistenza cresce dal valore 0 in sommità fino ad un valore limite in corrispondenza di una profondità pari a circa 3 diametri. Il valore limite in tal caso è variabile fra 8 e 12  $c_u$ . Nel caso di terreni dotati di attrito e coesione la resistenza limite ad una generica profondità  $z$  è rappresentata dalla relazione (Brinch Hansen):

$$P_u = q K_{pq} + c K_{pc}$$

dove:

$D$  diametro del palo

$q$  pressione geostatica alla profondità  $z$

$c$  coesione alla profondità  $z$

$K_{pq}$ ,  $K_{pc}$  coefficienti funzione dell'angolo di attrito del terreno  $\phi$  e del rapporto  $z/D$ .

Broms ha eseguito l'analisi considerando il caso sia di palo vincolato in testa che di palo libero immerso in un mezzo omogeneo. Nel caso di terreni coesivi Broms assume in questo caso un diagramma di resistenza nullo fino ad una profondità pari a  $1,5D$  e poi valore costante pari a  $9c_u D$ .

Nel caso di terreni incoerenti Broms assume che la resistenza laterale sia variabile con la profondità dal valore 0 (in testa) fino al valore  $3\sigma_v K_p D$  (alla base) essendo  $K_p$  il coefficiente di resistenza passiva espresso da  $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$ .

## Dati

### Geometria della fondazione

#### Simbologia adottata

<i>Descr</i>	Descrizione del palo
<i>Frm</i>	Forma del palo ((C)=Costante, (R)=Rastremato)
<i>X</i>	Ascissa del baricentro del palo espressa in [m]
<i>Y</i>	Ordinata del baricentro del palo espressa in [m]
<i>D</i>	Diametro del palo espresso in [cm]
<i>L</i>	Lunghezza del palo espressa in [m]

Descr	Frm	X [m]	Y [m]	D [cm]	L [m]
PALO A SEZIONE IPE	(C)	0,00	0,00	20,00	3,50

### Materiali palo

#### Acciaio

Tipo	B450A	
Tensione caratteristica di snervamento	4588,65	[kg/cm <sup>2</sup> ]
Modulo elastico	2100000,00	[kg/cm <sup>2</sup> ]

#### Coefficienti di sicurezza sui materiali

Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza sezione	1.00

### Caratteristiche pali

Pali in acciaio  
 Armatura con ferri longitudinali e staffe  
 Vincolo in testa di tipo CERNIERA  
 Tipo di palo INFISSO  
 Contributo sia della portanza laterale sia della portanza di punta

### Descrizione terreni e falda

#### Simbologia adottata

<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_{sat}$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi$	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
$\delta$	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
<i>c</i>	Coesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
<i>ca</i>	Adesione del terreno espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\phi_{min}, \phi_{med}$	Angolo di attrito interno del terreno minimo e medio espresso in gradi
$\delta_{min}, \delta_{med}$	Angolo di attrito palo-terreno minimo e medio espresso in gradi
<i>Cmin, Cmed</i>	Coesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
<i>cAmin, cAmed</i>	Adesione del terreno minima e media espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]

### Parametri caratteristici

Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	<i>c</i> [kg/cm <sup>2</sup> ]	<i>ca</i> [kg/cm <sup>2</sup> ]
Sabbia e argilla con liv. gh	1800,0	1900,0	26,00	20,00	0,040	0,000
argilla	1900,0	2000,0	24,00	20,00	0,200	0,004

**Parametri minimi**

Descrizione	$\phi_{min}$ [°]	$\delta_{min}$ [°]	$C_{min}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$Ca_{min}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Sabbia e argilla con liv. gh	20,00	18,00	0,008	0,000
argilla	30,00	20,00	0,100	0,005

**Parametri medi**

Descrizione	$\phi_{med}$ [°]	$\delta_{med}$ [°]	$C_{med}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$Ca_{med}$ [kg/cm <sup>2</sup> ]
Sabbia e argilla con liv. gh	26,00	20,00	0,040	0,000
argilla	30,00	20,00	0,200	0,040

**Falda**

Profondità dal piano di posa 3,00 [m]

**Descrizione stratigrafia****Simbologia adottata**

<i>N</i>	Identificativo strato
<i>Z1</i>	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
<i>Z2</i>	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]
<i>Z3</i>	Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato
<i>Kw</i>	Costante di Winkler espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>α</i>	Coefficiente di espansione laterale

n°	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Kw [kg/cm <sup>2</sup> /cm]	Ks	α
1	-30,0	-30,0	-30,0	Sabbia e argilla con liv. gh	2.20	0.50	1.00
2	-31,0	-32,0	-32,0	argilla	0.00	0.00	1.00

**Normativa**

N.T.C. 2018

**Simbologia adottata**

$\gamma_{Gsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Gfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
$\gamma_{Qsfav}$	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{Qfav}$	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_c$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
$\gamma_{cu}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
$\gamma_{qu}$	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
$\gamma_r$	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniaxiale delle rocce

**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:**

Carichi	Effetto		Statici		Sismici	
			A1	A2	A1	A2
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.50	1.30	1.00	1.00

**Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:**

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.00	1.40	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_r$	1.00	1.00	1.00	1.00

**PALI DI FONDAZIONE**CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali**Pali infissi**

		R1	R2	R3
Punta	$\gamma_b$	1.00	1.45	1.15

		R1	R2	R3
Laterale compressione	$\gamma_s$	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	$\gamma_t$	1.00	1.45	1.15
Laterale trazione	$\gamma_{st}$	1.00	1.60	1.25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali  $\gamma_T$  per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
	$\gamma_T$	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali  
 Numero di verticali indagate 1  $\xi_3=1.70$   $\xi_4=1.70$

## Condizioni di carico

**Le condizioni di carico definite rappresentano le combinazioni di calcolo**

### Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.  
 Carichi orizzontali positivi verso sinistra.  
 Momento positivo senso antiorario.  
 $f_{nd}$  Indice della fondazione  
 $N_{TOT}$  Sforzo normale totale espressa in [kg]  
 $M_{YTOT}$  Momento in direzione Y espresso in [kgm]  
 $T_{TOT}$  Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Condizione n° 1 - A1-M1-R3 - Sismica

Fondazione	$N_{TOT}$ [kg]	$M_{YTOT}$ [kgm]	$T_{TOT}$ [kg]
PALO A SEZIONE IPE	1375,0	0,0	325,0

## Descrizione combinazioni di carico

### Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - A1-M1-R3

Cond	$\gamma$	$\Psi$
Condizione n° 1	1.00	1.00

## Opzioni di calcolo

### Analisi in condizioni drenate

#### Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Hansen.  
 E' stato richiesto di correggere l'angolo di attrito in funzione del tipo di palo (Trivellato/Infisso).  
 L'andamento della pressione verticale  $\sigma_v$  con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

#### Verifica della portanza trasversale

Costante di Winkler orizzontale definita da STRATO  
 Criterio di rottura palo-terreno: Pressione limite (Pressione passiva con moltiplicatore = 3.00)

#### Cedimento verticale in testa ai pali

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il metodo degli Elementi Finiti.  
 Spostamento limite attrito laterale: 0,50 [cm]  
 Spostamento limite punta: 1,00 [cm]

## Risultati

### Verifica della portanza assiale

#### Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione  
 Nc, Nq Fattori di capacità portante  
 $N'c = f(Nc, sc, dc)$   
 $N'q = f(Nq, sq, dq)$   
 dove:  
 sc, sq Fattori di forma  
 dc, dq Fattori di profondità  
 Pl<sub>min</sub>, Pl<sub>med</sub> Portanza laterale minima e media espressa in [kg]  
 Pp<sub>min</sub>, Pp<sub>med</sub> Portanza di punta minima e media espressa in [kg]  
 Pd Portanza di progetto espressa in [kg]  
 N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kg]  
 η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

cmb	Nc	Nq	N'c	N'q
1	38.64	26.09	103.92	36.73

cmb	Pl <sub>med</sub> [kg]	Pp <sub>med</sub> [kg]	Pl <sub>min</sub> [kg]	Pp <sub>min</sub> [kg]	Wp [kg]	Pd [kg]	N [kg]	η
1	1599	8056	1491	5055	78	3270	1375	2.378

### Verifica della portanza trasversale

#### Simbologia adottata

cmb Identificativo della combinazione  
 Td Taglio resistente di progetto in testa al palo, espresso in [kg]  
 T Taglio agente in testa al palo, espresso in [kg]  
 η=Td/T Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

cmb	Td [kg]	T [kg]	η
1	3783	325	11,641

### Spostamenti e pressioni in esercizio

#### Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione palo  
 Y ordinata palo espressa in [cm]  
 Ue spostamento in esercizio espresso in [cm]  
 Pe pressione in esercizio espressa in [kg/cmq]

#### Combinazione n° 1

n°	Y [m]	Ue [cm]	Pe [kg/cm <sup>2</sup> ]	n°	Y [m]	Ue [cm]	Pe [kg/cm <sup>2</sup> ]	n°	Y [m]	Ue [cm]	Pe [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	0,00	0,1105	0,243	2	0,04	0,1078	0,237	3	0,07	0,1050	0,231
4	0,11	0,1022	0,225	5	0,14	0,0995	0,219	6	0,18	0,0967	0,213
7	0,21	0,0940	0,207	8	0,25	0,0913	0,201	9	0,28	0,0887	0,195
10	0,32	0,0860	0,189	11	0,35	0,0834	0,183	12	0,39	0,0808	0,178
13	0,42	0,0782	0,172	14	0,46	0,0757	0,166	15	0,49	0,0731	0,161
16	0,53	0,0707	0,155	17	0,56	0,0682	0,150	18	0,60	0,0658	0,145
19	0,63	0,0635	0,140	20	0,67	0,0611	0,135	21	0,70	0,0589	0,129
22	0,74	0,0566	0,125	23	0,77	0,0544	0,120	24	0,81	0,0522	0,115
25	0,84	0,0501	0,110	26	0,88	0,0480	0,106	27	0,91	0,0460	0,101
28	0,95	0,0440	0,097	29	0,98	0,0420	0,092	30	1,02	0,0401	0,088
31	1,05	0,0382	0,084	32	1,09	0,0364	0,080	33	1,12	0,0346	0,076
34	1,16	0,0328	0,072	35	1,19	0,0311	0,069	36	1,23	0,0295	0,065
37	1,26	0,0278	0,061	38	1,30	0,0263	0,058	39	1,33	0,0247	0,054
40	1,37	0,0232	0,051	41	1,40	0,0217	0,048	42	1,44	0,0203	0,045
43	1,47	0,0189	0,042	44	1,51	0,0176	0,039	45	1,54	0,0162	0,036
46	1,58	0,0150	0,033	47	1,61	0,0137	0,030	48	1,65	0,0125	0,028
49	1,68	0,0113	0,025	50	1,72	0,0102	0,022	51	1,75	0,0091	0,020
52	1,79	0,0080	0,018	53	1,82	0,0069	0,015	54	1,86	0,0059	0,013
55	1,89	0,0049	0,011	56	1,93	0,0039	0,009	57	1,96	0,0030	0,007
58	2,00	0,0021	0,005	59	2,03	0,0012	0,003	60	2,07	0,0003	0,001
61	2,10	-0,0005	-0,001	62	2,14	-0,0014	-0,003	63	2,17	-0,0022	-0,005
64	2,21	-0,0029	-0,006	65	2,24	-0,0037	-0,008	66	2,28	-0,0044	-0,010



n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe
	[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]
67	2,31	-0,0052	-0,011	68	2,35	-0,0059	-0,013	69	2,38	-0,0066	-0,014
70	2,42	-0,0072	-0,016	71	2,45	-0,0079	-0,017	72	2,49	-0,0085	-0,019
73	2,52	-0,0092	-0,020	74	2,56	-0,0098	-0,022	75	2,59	-0,0104	-0,023
76	2,63	-0,0110	-0,024	77	2,66	-0,0116	-0,025	78	2,70	-0,0122	-0,027
79	2,73	-0,0127	-0,028	80	2,77	-0,0133	-0,029	81	2,80	-0,0139	-0,030
82	2,84	-0,0144	-0,032	83	2,87	-0,0150	-0,033	84	2,91	-0,0155	-0,034
85	2,94	-0,0160	-0,035	86	2,98	-0,0166	-0,036	87	3,01	-0,0171	-0,038
88	3,05	-0,0176	-0,039	89	3,08	-0,0181	-0,040	90	3,12	-0,0187	-0,041
91	3,15	-0,0192	-0,042	92	3,19	-0,0197	-0,043	93	3,22	-0,0202	-0,044
94	3,26	-0,0207	-0,046	95	3,29	-0,0212	-0,047	96	3,33	-0,0217	-0,048
97	3,36	-0,0223	-0,049	98	3,40	-0,0228	-0,050	99	3,43	-0,0233	-0,051
100	3,47	-0,0238	-0,052	101	3,50	-0,0243	-0,053	102			

## Spostamenti e pressioni limiti

### Simbologia adottata

Nr.	Identificativo sezione palo
Y	ordinata palo espressa in [cm]
Ur	spostamento limite espresso in [cm]
Pr	pressione limite espressa in [kg/cmq]

n°	Y	Ur	Pr	n°	Y	Ur	Pr	n°	Y	Ur	Pr
	[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]
1	0,00	9,7859	0,384	2	0,04	9,6199	0,432	3	0,07	9,4539	0,481
4	0,11	9,2881	0,529	5	0,14	9,1224	0,578	6	0,18	8,9569	0,626
7	0,21	8,7917	0,675	8	0,25	8,6268	0,723	9	0,28	8,4622	0,771
10	0,32	8,2981	0,820	11	0,35	8,1344	0,868	12	0,39	7,9712	0,917
13	0,42	7,8086	0,965	14	0,46	7,6466	1,013	15	0,49	7,4852	1,062
16	0,53	7,3245	1,110	17	0,56	7,1645	1,159	18	0,60	7,0054	1,207
19	0,63	6,8470	1,255	20	0,67	6,6895	1,304	21	0,70	6,5329	1,352
22	0,74	6,3772	1,401	23	0,77	6,2226	1,449	24	0,81	6,0689	1,497
25	0,84	5,9163	1,546	26	0,88	5,7648	1,594	27	0,91	5,6145	1,643
28	0,95	5,4652	1,691	29	0,98	5,3172	1,739	30	1,02	5,1704	1,788
31	1,05	5,0249	1,836	32	1,09	4,8806	1,885	33	1,12	4,7376	1,933
34	1,16	4,5960	1,981	35	1,19	4,4558	2,030	36	1,23	4,3169	2,078
37	1,26	4,1794	2,127	38	1,30	4,0433	2,175	39	1,33	3,9087	2,223
40	1,37	3,7755	2,272	41	1,40	3,6438	2,320	42	1,44	3,5136	2,369
43	1,47	3,3849	2,417	44	1,51	3,2577	2,465	45	1,54	3,1320	2,514
46	1,58	3,0078	2,562	47	1,61	2,8852	2,611	48	1,65	2,7640	2,659
49	1,68	2,6444	2,707	50	1,72	2,5264	2,756	51	1,75	2,4098	2,804
52	1,79	2,2948	2,853	53	1,82	2,1812	2,901	54	1,86	2,0692	2,950
55	1,89	1,9587	2,998	56	1,93	1,8496	3,046	57	1,96	1,7420	3,095
58	2,00	1,6358	3,143	59	2,03	1,5311	3,192	60	2,07	1,4277	3,141
61	2,10	1,3257	2,917	62	2,14	1,2251	2,695	63	2,17	1,1257	2,477
64	2,21	1,0277	2,261	65	2,24	0,9309	2,048	66	2,28	0,8352	1,837
67	2,31	0,7407	1,630	68	2,35	0,6474	1,424	69	2,38	0,5551	1,221
70	2,42	0,4639	1,021	71	2,45	0,3736	0,822	72	2,49	0,2843	0,626
73	2,52	0,1959	0,431	74	2,56	0,1084	0,238	75	2,59	0,0216	0,048
76	2,63	-0,0643	-0,142	77	2,66	-0,1496	-0,329	78	2,70	-0,2342	-0,515
79	2,73	-0,3181	-0,700	80	2,77	-0,4015	-0,883	81	2,80	-0,4843	-1,066
82	2,84	-0,5667	-1,247	83	2,87	-0,6485	-1,427	84	2,91	-0,7300	-1,606
85	2,94	-0,8111	-1,785	86	2,98	-0,8919	-1,962	87	3,01	-0,9724	-2,139
88	3,05	-1,0527	-2,316	89	3,08	-1,1327	-2,492	90	3,12	-1,2125	-2,668
91	3,15	-1,2922	-2,843	92	3,19	-1,3718	-3,018	93	3,22	-1,4513	-3,193
94	3,26	-1,5307	-3,368	95	3,29	-1,6101	-3,542	96	3,33	-1,6894	-3,717
97	3,36	-1,7688	-3,891	98	3,40	-1,8482	-4,066	99	3,43	-1,9275	-4,241
100	3,47	-2,0070	-4,415	101	3,50	-2,0864	-4,590	102			

## Sollecitazioni in esercizio

### Simbologia adottata

Nr.	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
N	sfuerzo normale espresso in [kg]
T	taglio espresso in [kg]
M	momento espresso in [kgm]

### Combinazione n° 1

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	0,00	325,00	1375,00	2	0,00	-11,08	299,89	1375,76
3	0,07	-21,57	283,72	1376,47	4	0,07	-31,50	267,98	1377,13
5	0,14	-40,88	252,66	1377,74	6	0,14	-49,73	237,76	1378,30
7	0,21	-58,05	223,28	1378,82	8	0,21	-65,86	209,21	1379,29
9	0,28	-73,18	195,56	1379,70	10	0,28	-80,03	182,32	1380,07
11	0,35	-86,41	169,48	1380,39	12	0,35	-92,34	157,04	1380,67
13	0,42	-97,84	145,00	1380,89	14	0,42	-102,91	133,35	1381,06
15	0,49	-107,58	122,08	1381,19	16	0,49	-111,85	111,20	1381,27
17	0,56	-115,75	100,69	1381,30	18	0,56	-119,27	90,55	1381,28
19	0,63	-122,44	80,78	1381,21	20	0,63	-125,27	71,36	1381,09
21	0,70	-127,76	62,30	1380,93	22	0,70	-129,94	53,58	1380,71
23	0,77	-131,82	45,21	1380,45	24	0,77	-133,40	37,16	1380,14
25	0,84	-134,70	29,45	1379,78	26	0,84	-135,73	22,05	1379,37
27	0,91	-136,51	14,97	1378,91	28	0,91	-137,03	8,20	1378,40
29	0,98	-137,32	1,73	1377,85	30	0,98	-137,38	-4,45	1377,25
31	1,05	-137,22	-10,33	1376,59	32	1,05	-136,86	-15,94	1375,89
33	1,12	-136,30	-21,26	1375,15	34	1,12	-135,56	-26,32	1374,35
35	1,19	-134,64	-31,12	1373,50	36	1,19	-133,55	-35,66	1372,61
37	1,26	-132,30	-39,95	1371,66	38	1,26	-130,90	-43,99	1370,67
39	1,33	-129,36	-47,80	1369,63	40	1,33	-127,69	-51,37	1368,54
41	1,40	-125,89	-54,72	1367,40	42	1,40	-123,98	-57,85	1366,22
43	1,47	-121,95	-60,76	1364,98	44	1,47	-119,82	-63,47	1363,70
45	1,54	-117,60	-65,97	1362,36	46	1,54	-115,29	-68,28	1360,98
47	1,61	-112,90	-70,39	1359,55	48	1,61	-110,44	-72,31	1358,07
49	1,68	-107,91	-74,06	1356,55	50	1,68	-105,32	-75,62	1354,97
51	1,75	-102,67	-77,02	1353,35	52	1,75	-99,97	-78,25	1351,67
53	1,82	-97,24	-79,31	1349,95	54	1,82	-94,46	-80,22	1348,18
55	1,89	-91,65	-80,98	1346,36	56	1,89	-88,82	-81,58	1344,50
57	1,96	-85,96	-82,04	1342,58	58	1,96	-83,09	-82,36	1340,62
59	2,03	-80,21	-82,54	1338,60	60	2,03	-77,32	-82,59	1336,54
61	2,10	-74,43	-82,51	1334,43	62	2,10	-71,54	-82,30	1332,27
63	2,17	-68,66	-81,97	1330,06	64	2,17	-65,79	-81,52	1327,81
65	2,24	-62,94	-80,95	1325,50	66	2,24	-60,11	-80,26	1323,15
67	2,31	-57,30	-79,47	1320,75	68	2,31	-54,52	-78,57	1318,29
69	2,38	-51,77	-77,56	1315,80	70	2,38	-49,05	-76,44	1313,25
71	2,45	-46,38	-75,23	1310,65	72	2,45	-43,74	-73,91	1308,01
73	2,52	-41,16	-72,50	1305,31	74	2,52	-38,62	-70,99	1302,57
75	2,59	-36,13	-69,39	1299,78	76	2,59	-33,70	-67,70	1296,94
77	2,66	-31,34	-65,91	1294,05	78	2,66	-29,03	-64,04	1291,11
79	2,73	-26,79	-62,08	1288,13	80	2,73	-24,61	-60,03	1285,09
81	2,80	-22,51	-57,89	1282,01	82	2,80	-20,49	-55,67	1278,88
83	2,87	-18,54	-53,37	1275,70	84	2,87	-16,67	-50,98	1272,47
85	2,94	-14,89	-48,51	1269,19	86	2,94	-13,19	-45,96	1265,86
87	3,01	-11,58	-43,33	1262,49	88	3,01	-10,06	-40,62	1259,09
89	3,08	-8,64	-37,83	1255,66	90	3,08	-7,32	-34,95	1252,21
91	3,15	-6,09	-32,00	1248,73	92	3,15	-4,97	-28,97	1245,23
93	3,22	-3,96	-25,86	1241,70	94	3,22	-3,05	-22,67	1238,15
95	3,29	-2,26	-19,40	1234,58	96	3,29	-1,58	-16,05	1230,98
97	3,36	-1,02	-12,63	1227,36	98	3,36	-0,58	-9,12	1223,71
99	3,43	-0,26	-5,54	1220,04	100	3,43	-0,07	-1,87	1216,34
101	3,50	0,00	-1,87	1212,62	102				

## Sollecitazioni limiti

### Simbologia adottata

Nr.	Identificativo sezione
Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
Nr	sforzio normale espresso in [kg]
Tr	taglio espresso in [kg]
Mr	momento espresso in [kgm]

n°	Y	Mr	Tr	Nr	n°	Y	Mr	Tr	Nr
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	0,00	4918,22	9303,85	2	0,00	0,00	4918,22	9303,85
3	0,07	-342,27	4840,84	9303,10	4	0,07	-342,27	4840,84	9303,10
5	0,14	-679,84	4763,35	9301,33	6	0,14	-679,84	4763,35	9301,33
7	0,21	-1011,74	4672,31	9298,56	8	0,21	-1011,74	4672,31	9298,56
9	0,28	-1337,03	4567,71	9294,78	10	0,28	-1337,03	4567,71	9294,78
11	0,35	-1654,76	4449,56	9289,99	12	0,35	-1654,76	4449,56	9289,99
13	0,42	-1963,98	4317,86	9284,19	14	0,42	-1963,98	4317,86	9284,19
15	0,49	-2263,75	4172,61	9277,38	16	0,49	-2263,75	4172,61	9277,38
17	0,56	-2553,11	4013,80	9269,56	18	0,56	-2553,11	4013,80	9269,56
19	0,63	-2831,12	3841,44	9260,74	20	0,63	-2831,12	3841,44	9260,74
21	0,70	-3096,83	3655,52	9250,91	22	0,70	-3096,83	3655,52	9250,91

n°	Y	Mr	Tr	Nr	n°	Y	Mr	Tr	Nr
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
23	0,77	-3349,28	3456,05	9240,06	24	0,77	-3349,28	3456,05	9240,06
25	0,84	-3587,54	3243,03	9228,21	26	0,84	-3587,54	3243,03	9228,21
27	0,91	-3810,65	3016,46	9215,35	28	0,91	-3810,65	3016,46	9215,35
29	0,98	-4017,66	2776,33	9201,49	30	0,98	-4017,66	2776,33	9201,49
31	1,05	-4207,62	2522,65	9186,61	32	1,05	-4207,62	2522,65	9186,61
33	1,12	-4379,59	2255,42	9170,73	34	1,12	-4379,59	2255,42	9170,73
35	1,19	-4532,61	1974,63	9153,84	36	1,19	-4532,61	1974,63	9153,84
37	1,26	-4665,74	1680,29	9135,93	38	1,26	-4665,74	1680,29	9135,93
39	1,33	-4778,04	1372,40	9117,02	40	1,33	-4778,04	1372,40	9117,02
41	1,40	-4868,54	1050,95	9097,11	42	1,40	-4868,54	1050,95	9097,11
43	1,47	-4936,30	715,95	9076,18	44	1,47	-4936,30	715,95	9076,18
45	1,54	-4980,38	367,40	9054,24	46	1,54	-4980,38	367,40	9054,24
47	1,61	-4999,82	5,22	9031,30	48	1,61	-4999,82	5,22	9031,30
49	1,68	-4993,67	-370,37	9007,35	50	1,68	-4993,67	-370,37	9007,35
51	1,75	-4961,00	-759,58	8982,39	52	1,75	-4961,00	-759,58	8982,39
53	1,82	-4900,84	-1162,35	8956,42	54	1,82	-4900,84	-1162,35	8956,42
55	1,89	-4812,24	-1578,67	8929,44	56	1,89	-4812,24	-1578,67	8929,44
57	1,96	-4694,27	-2008,54	8901,45	58	1,96	-4694,27	-2008,54	8901,45
59	2,03	-4545,98	-2451,96	8872,46	60	2,03	-4545,98	-2451,96	8872,46
61	2,10	-4366,64	-2876,00	8842,45	62	2,10	-4366,64	-2876,00	8842,45
63	2,17	-4158,72	-3238,02	8811,44	64	2,17	-4158,72	-3238,02	8811,44
65	2,24	-3926,52	-3539,64	8779,42	66	2,24	-3926,52	-3539,64	8779,42
67	2,31	-3674,24	-3782,34	8746,39	68	2,31	-3674,24	-3782,34	8746,39
69	2,38	-3405,99	-3967,53	8712,36	70	2,38	-3405,99	-3967,53	8712,36
71	2,45	-3125,76	-4096,50	8677,31	72	2,45	-3125,76	-4096,50	8677,31
73	2,52	-2837,48	-4170,46	8641,26	74	2,52	-2837,48	-4170,46	8641,26
75	2,59	-2544,96	-4190,48	8604,19	76	2,59	-2544,96	-4190,48	8604,19
77	2,66	-2251,97	-4157,54	8566,12	78	2,66	-2251,97	-4157,54	8566,12
79	2,73	-1962,21	-4072,49	8527,04	80	2,73	-1962,21	-4072,49	8527,04
81	2,80	-1679,30	-3936,07	8486,95	82	2,80	-1679,30	-3936,07	8486,95
83	2,87	-1406,83	-3748,93	8445,85	84	2,87	-1406,83	-3748,93	8445,85
85	2,94	-1148,33	-3511,59	8403,75	86	2,94	-1148,33	-3511,59	8403,75
87	3,01	-907,33	-3224,48	8360,67	88	3,01	-907,33	-3224,48	8360,67
89	3,08	-687,29	-2887,93	8317,00	90	3,08	-687,29	-2887,93	8317,00
91	3,15	-491,67	-2502,20	8272,82	92	3,15	-491,67	-2502,20	8272,82
93	3,22	-323,91	-2067,44	8228,14	94	3,22	-323,91	-2067,44	8228,14
95	3,29	-187,44	-1583,75	8182,96	96	3,29	-187,44	-1583,75	8182,96
97	3,36	-85,68	-1051,19	8137,27	98	3,36	-85,68	-1051,19	8137,27
99	3,43	-22,06	-469,73	8091,07	100	3,43	-22,06	-469,73	8091,07
101	3,50	0,00	-160,65	0,00	102				

### Diagramma Carico-Cedimento verticale

#### Simbologia adottata

N Carico sul palo espresso in [kg]  
w Cedimento del palo espresso in [cm]

n°	N	w	n°	N	w	n°	N	w	n°	N	w
	[kg]	[cm]		[kg]	[cm]		[kg]	[cm]		[kg]	[cm]
1	987	0,098	2	2432	0,243	3	4599	0,459	4	7234	0,783
5	9304	1,081	6			7			8		

### Diagramma Carico-Cedimento orizzontale

#### Simbologia adottata

N Carico sul palo espresso in [kg]  
u Cedimento del palo espresso in [cm]

n°	N	u	n°	N	u	n°	N	u	n°	N	u
	[kg]	[cm]		[kg]	[cm]		[kg]	[cm]		[kg]	[cm]
1	325	0,111	2	325	0,111	3	326	0,111	4	328	0,112
5	337	0,115	6	372	0,127	7	437	0,149	8	502	0,171
9	566	0,193	10	628	0,216	11	691	0,239	12	753	0,263
13	815	0,289	14	878	0,315	15	940	0,343	16	1002	0,372
17	1065	0,402	18	1127	0,434	19	1189	0,466	20	1252	0,501
21	1314	0,536	22	1377	0,574	23	1439	0,612	24	1501	0,653
25	1564	0,695	26	1626	0,739	27	1689	0,784	28	1751	0,832
29	1813	0,881	30	1876	0,933	31	1938	0,986	32	2001	1,042
33	2063	1,100	34	2125	1,160	35	2188	1,223	36	2251	1,289
37	2313	1,357	38	2375	1,427	39	2438	1,501	40	2501	1,578
41	2563	1,657	42	2626	1,740	43	2688	1,826	44	2750	1,915
45	2813	2,009	46	2875	2,106	47	2938	2,206	48	2999	2,311

n°	N	u	n°	N	u	n°	N	u	n°	N	u
	[kg]	[cm]		[kg]	[cm]		[kg]	[cm]		[kg]	[cm]
49	3061	2,419	50	3123	2,531	51	3184	2,648	52	3245	2,769
53	3298	2,877	54	3343	2,973	55	3382	3,058	56	3416	3,134
57	3453	3,219	58	3488	3,301	59	3550	3,452	60	3612	3,611
61	3666	3,755	62	3707	3,866	63	3733	3,940	64	3748	3,983
65	3756	4,007	66	3790	4,103	67	3851	4,291	68	3913	4,489
69	3962	4,649	70	3991	4,749	71	4006	4,802	72	4038	4,915
73	4089	5,101	74	4151	5,338	75	4204	5,554	76	4237	5,692
77	4253	5,762	78	4261	5,796	79	4293	5,935	80	4354	6,217
81	4416	6,515	82	4456	6,723	83	4476	6,827	84	4486	6,879
85	4524	7,088	86	4587	7,444	87	4648	7,815	88	4686	8,059
89	4705	8,180	90	4714	8,241	91	4718	8,272	92	4736	8,393
93	4798	8,834	94	4859	9,297	95	4895	9,592	96	4913	9,739
97	4913	9,740	98	4913	9,740	99	4913	9,740	100	4913	9,741
101	4913	9,745	102	4915	9,761	103	4915	9,761	104	4915	9,761
105	4915	9,761	106	4915	9,762	107	4916	9,765	108	4917	9,777
109	4917	9,777	110	4917	9,778	111	4917	9,778	112	4917	9,778
113	4918	9,780	114	4918	9,780	115	4918	9,780	116	4918	9,780
117	4918	9,780	118	4918	9,781	119	4918	9,783	120	4918	9,783
121	4918	9,783	122	4918	9,783	123	4918	9,783	124	4918	9,783
125	4918	9,785	126	4918	9,785	127	4918	9,785	128	4918	9,785
129	4918	9,785	130	4918	9,785	131	4918	9,785	132	4918	9,785
133	4918	9,785	134	4918	9,785	135	4918	9,785	136	4918	9,785
137	4918	9,785	138	4918	9,785	139	4918	9,786	140	4918	9,786
141	4918	9,786	142	4918	9,786	143	4918	9,786	144	4918	9,786
145	4918	9,786	146	4918	9,786	147	4918	9,786	148	4918	9,786
149	4918	9,786	150			151			152		

## Descrizione armature

La verifica delle sezioni è stata effettuata con il metodo degli stati limite ultimi.

## Verifica armature pali

### Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso espressa in [m]
CS	coefficiente di sicurezza
M	momento agente, espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente, espresso in [kg]
Mu	momento ultimo, espresso in [kgm]
Nu	sforzo normale ultimo, espresso in [kg]
T	taglio agente, espresso in [kg]
V <sub>Rd</sub>	taglio resistente, espresso in [kg]

## Verifiche a presso-flessione

### Combinazione n° 1

Y	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	CS
[m]	[kgm]	[kg]	[kg]	
0,00	5000	0	230370	100,00
0,04	5000	0	230370	451,38
0,07	5000	0	230370	231,77
0,11	5000	0	230370	158,71
0,14	5000	0	230370	122,30
0,18	5000	0	230370	100,55
0,21	5000	0	230370	86,14
0,25	5000	0	230370	75,92
0,28	5000	0	230370	68,32
0,32	5000	0	230370	62,48
0,35	5000	0	230370	57,86
0,39	5000	0	230370	54,15
0,42	5000	0	230370	51,10
0,46	5000	0	230370	48,58
0,49	5000	0	230370	46,48
0,53	5000	0	230370	44,70
0,56	5000	0	230370	43,20
0,60	5000	0	230370	41,92
0,63	5000	0	230370	40,84
0,67	5000	0	230370	39,91
0,70	5000	0	230370	39,13
0,74	5000	0	230370	38,48

Y	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	CS
[m]	[kgm]	[kg]	[kg]	
0,77	5000	0	230370	37,93
0,81	5000	0	230370	37,48
0,84	5000	0	230370	37,12
0,88	5000	0	230370	36,84
0,91	5000	0	230370	36,63
0,95	5000	0	230370	36,49
0,98	5000	0	230370	36,41
1,02	5000	0	230370	36,40
1,05	5000	0	230370	36,44
1,09	5000	0	230370	36,53
1,12	5000	0	230370	36,68
1,16	5000	0	230370	36,88
1,19	5000	0	230370	37,14
1,23	5000	0	230370	37,44
1,26	5000	0	230370	37,79
1,30	5000	0	230370	38,20
1,33	5000	0	230370	38,65
1,37	5000	0	230370	39,16
1,40	5000	0	230370	39,72
1,44	5000	0	230370	40,33
1,47	5000	0	230370	41,00
1,51	5000	0	230370	41,73
1,54	5000	0	230370	42,52
1,58	5000	0	230370	43,37
1,61	5000	0	230370	44,29
1,65	5000	0	230370	45,27
1,68	5000	0	230370	46,34
1,72	5000	0	230370	47,48
1,75	5000	0	230370	48,70
1,79	5000	0	230370	50,01
1,82	5000	0	230370	51,42
1,86	5000	0	230370	52,93
1,89	5000	0	230370	54,55
1,93	5000	0	230370	56,29
1,96	5000	0	230370	58,16
2,00	5000	0	230370	60,17
2,03	5000	0	230370	62,34
2,07	5000	0	230370	64,67
2,10	5000	0	230370	67,18
2,14	5000	0	230370	69,89
2,17	5000	0	230370	72,82
2,21	5000	0	230370	76,00
2,24	5000	0	230370	79,44
2,28	5000	0	230370	83,19
2,31	5000	0	230370	87,26
2,35	5000	0	230370	91,72
2,38	5000	0	230370	96,59
2,42	5000	0	230370	101,93
2,45	5000	0	230370	107,81
2,49	5000	0	230370	114,30
2,52	5000	0	230370	121,49
2,56	5000	0	230370	129,47
2,59	5000	0	230370	138,38
2,63	5000	0	230370	148,35
2,66	5000	0	230370	159,56
2,70	5000	0	230370	172,24
2,73	5000	0	230370	186,66
2,77	5000	0	230370	203,13
2,80	5000	0	230370	222,09
2,84	5000	0	230370	244,05
2,87	5000	0	230370	269,70
2,91	5000	0	230370	299,92
2,94	5000	0	230370	335,87
2,98	5000	0	230370	379,12
3,01	5000	0	230370	431,79
3,05	5000	0	230370	496,86
3,08	5000	0	230370	578,60
3,12	5000	0	230370	683,29
3,15	5000	0	230370	820,46
3,19	5000	0	230370	1000,00
3,22	5000	0	230370	1000,00
3,26	5000	0	230370	1000,00
3,29	5000	0	230370	1000,00
3,33	5000	0	230370	1000,00
3,36	5000	0	230370	1000,00
3,40	5000	0	230370	1000,00
3,43	5000	0	230370	1000,00

Y	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	T <sub>u</sub>	CS
[m]	[kgm]	[kg]	[kg]	
3,47	5000	0	230370	1000,00
3,50	5000	0	230370	100,00

Verifiche a taglio

Combinazione n° 1

Inviluppo verifiche

Inviluppo

Y	A <sub>r</sub>	M <sub>u</sub>	N <sub>u</sub>	CS	V <sub>Rd</sub>	CS <sub>T</sub>
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]		[kg]	
0,00	28,48	5000	0	100.00	0	708.83
0,04	28,48	5000	0	451.38	0	768.18
0,07	28,48	5000	0	231.77	0	811.96
0,11	28,48	5000	0	158.71	0	859.66
0,14	28,48	5000	0	122.30	0	911.79
0,18	28,48	5000	0	100.55	0	968.92
0,21	28,48	5000	0	86.14	0	1031.76
0,25	28,48	5000	0	75.92	0	1101.12
0,28	28,48	5000	0	68.32	0	1177.99
0,32	28,48	5000	0	62.48	0	1263.56
0,35	28,48	5000	0	57.86	0	1359.28
0,39	28,48	5000	0	54.15	0	1466.94
0,42	28,48	5000	0	51.10	0	1588.76
0,46	28,48	5000	0	48.58	0	1727.58
0,49	28,48	5000	0	46.48	0	1886.99
0,53	28,48	5000	0	44.70	0	2071.68
0,56	28,48	5000	0	43.20	0	2287.88
0,60	28,48	5000	0	41.92	0	2544.04
0,63	28,48	5000	0	40.84	0	2851.87
0,67	28,48	5000	0	39.91	0	3228.15
0,70	28,48	5000	0	39.13	0	3697.78
0,74	28,48	5000	0	38.48	0	4299.37
0,77	28,48	5000	0	37.93	0	5096.09
0,81	28,48	5000	0	37.48	0	6199.09
0,84	28,48	5000	0	37.12	0	7823.44
0,88	28,48	5000	0	36.84	0	10446.97
0,91	28,48	5000	0	36.63	0	15387.47
0,95	28,48	5000	0	36.49	0	28096.13
0,98	28,48	5000	0	36.41	0	133229.59
1,02	28,48	5000	0	36.40	0	51816.31
1,05	28,48	5000	0	36.44	0	22296.34
1,09	28,48	5000	0	36.53	0	14455.75
1,12	28,48	5000	0	36.68	0	10833.57
1,16	28,48	5000	0	36.88	0	8751.57
1,19	28,48	5000	0	37.14	0	7402.85
1,23	28,48	5000	0	37.44	0	6460.50
1,26	28,48	5000	0	37.79	0	5766.90
1,30	28,48	5000	0	38.20	0	5236.70
1,33	28,48	5000	0	38.65	0	4819.67
1,37	28,48	5000	0	39.16	0	4484.33
1,40	28,48	5000	0	39.72	0	4209.93
1,44	28,48	5000	0	40.33	0	3982.27
1,47	28,48	5000	0	41.00	0	3791.30
1,51	28,48	5000	0	41.73	0	3629.70
1,54	28,48	5000	0	42.52	0	3492.03
1,58	28,48	5000	0	43.37	0	3374.15
1,61	28,48	5000	0	44.29	0	3272.89
1,65	28,48	5000	0	45.27	0	3185.73
1,68	28,48	5000	0	46.34	0	3110.72
1,72	28,48	5000	0	47.48	0	3046.26
1,75	28,48	5000	0	48.70	0	2991.07
1,79	28,48	5000	0	50.01	0	2944.12
1,82	28,48	5000	0	51.42	0	2904.56
1,86	28,48	5000	0	52.93	0	2871.68
1,89	28,48	5000	0	54.55	0	2844.93
1,93	28,48	5000	0	56.29	0	2823.83
1,96	28,48	5000	0	58.16	0	2807.99
2,00	28,48	5000	0	60.17	0	2797.12

<b>Y</b>	<b>Ar</b>	<b>Mu</b>	<b>Nu</b>	<b>CS</b>	<b>VRd</b>	<b>CSr</b>
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]		[kg]	
2,03	28,48	5000	0	62.34	0	2790.96
2,07	28,48	5000	0	64.67	0	2789.34
2,10	28,48	5000	0	67.18	0	2792.11
2,14	28,48	5000	0	69.89	0	2799.18
2,17	28,48	5000	0	72.82	0	2810.52
2,21	28,48	5000	0	76.00	0	2826.10
2,24	28,48	5000	0	79.44	0	2845.96
2,28	28,48	5000	0	83.19	0	2870.18
2,31	28,48	5000	0	87.26	0	2898.88
2,35	28,48	5000	0	91.72	0	2932.21
2,38	28,48	5000	0	96.59	0	2970.37
2,42	28,48	5000	0	101.93	0	3013.64
2,45	28,48	5000	0	107.81	0	3062.32
2,49	28,48	5000	0	114.30	0	3116.78
2,52	28,48	5000	0	121.49	0	3177.49
2,56	28,48	5000	0	129.47	0	3244.98
2,59	28,48	5000	0	138.38	0	3319.88
2,63	28,48	5000	0	148.35	0	3402.96
2,66	28,48	5000	0	159.56	0	3495.11
2,70	28,48	5000	0	172.24	0	3597.39
2,73	28,48	5000	0	186.66	0	3711.10
2,77	28,48	5000	0	203.13	0	3837.78
2,80	28,48	5000	0	222.09	0	3979.30
2,84	28,48	5000	0	244.05	0	4137.94
2,87	28,48	5000	0	269.70	0	4316.54
2,91	28,48	5000	0	299.92	0	4518.59
2,94	28,48	5000	0	335.87	0	4748.52
2,98	28,48	5000	0	379.12	0	5012.01
3,01	28,48	5000	0	431.79	0	5316.40
3,05	28,48	5000	0	496.86	0	5671.38
3,08	28,48	5000	0	578.60	0	6090.05
3,12	28,48	5000	0	683.29	0	6590.50
3,15	28,48	5000	0	820.46	0	7198.43
3,19	28,48	5000	0	1000.00	0	7951.64
3,22	28,48	5000	0	1000.00	0	8908.12
3,26	28,48	5000	0	1000.00	0	10161.51
3,29	28,48	5000	0	1000.00	0	11873.55
3,33	28,48	5000	0	1000.00	0	14349.67
3,36	28,48	5000	0	1000.00	0	18244.11
3,40	28,48	5000	0	1000.00	0	25256.84
3,43	28,48	5000	0	1000.00	0	41613.07
3,47	28,48	5000	0	1000.00	0	123077.58
3,50	28,48	5000	0	100.00	0	123077.58

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

#### Tipo di analisi svolta

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo del palo viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle sollecitazioni, dovute al carico applicato;
- Verifica a portanza verticale;
- Verifica a portanza trasversale;
- Calcolo dei cedimenti;
- Progetto e verifica delle armature del palo.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

#### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	CARL - Carico Limite e Cedimenti
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	GEOI. LA TESSA BALDASSARRE FRANCO
Licenza	AIU6015SI

#### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

#### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

#### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

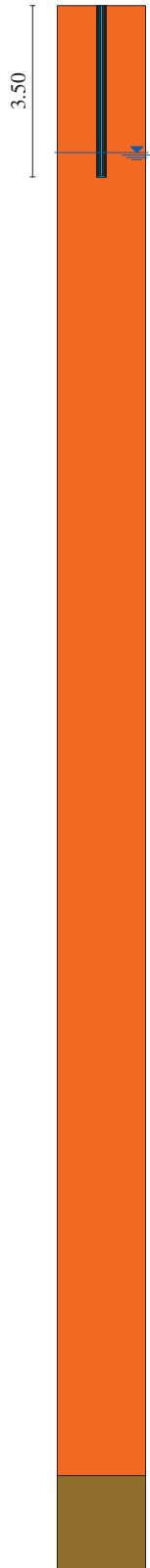
Il Geologo

Baldassarre Franco La Tessa





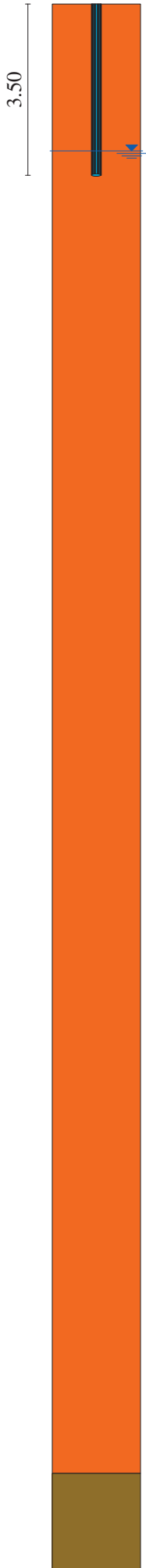
## Stratigrafia



Sabbia e argilla con liv. gh  
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$   $\gamma_s=1900 \text{ kg/mc}$   
 $\phi=26.0^\circ$   $\delta=20.0^\circ$   
 $c=0,04 \text{ kg/cmq}$   $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

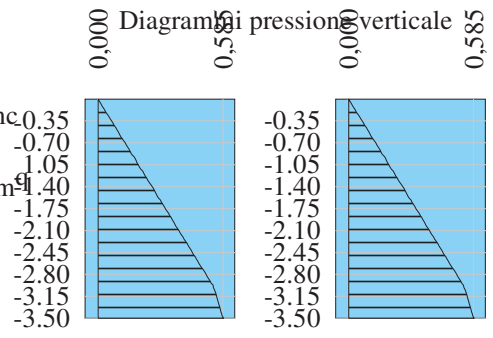
argilla  
 $\gamma=1900 \text{ kg/mc}$   $\gamma_s=2000 \text{ kg/mc}$   
 $\phi=24.0^\circ$   $\delta=20.0^\circ$   
 $c=0,20 \text{ kg/cmq}$   $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

# Diagrammi pressioni



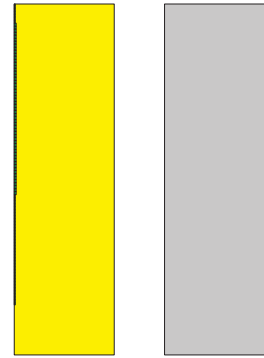
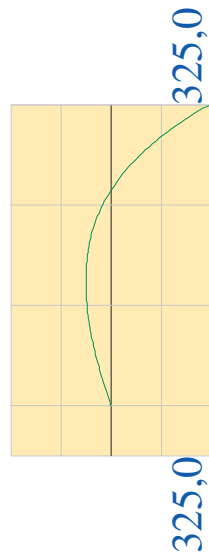
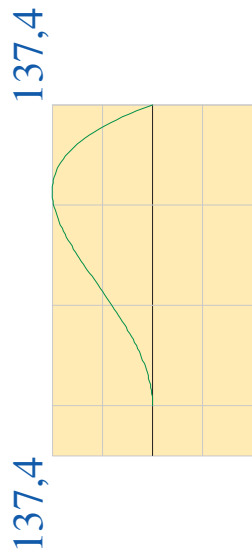
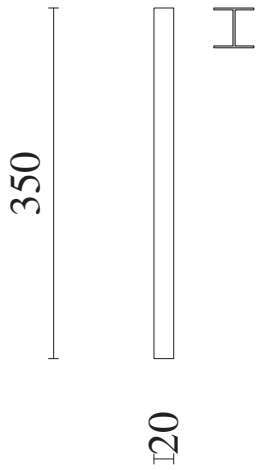
Sabbia e argilla con liv. gh  
 $\gamma=1800 \text{ kg/mc}$   $\gamma_s=1900 \text{ kg/mc}$   
 $\phi=26.0^\circ$   $\delta=20.0^\circ$   
 $c=0,04 \text{ kg/cmq}$   $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$

argilla  
 $\gamma=1900 \text{ kg/mc}$   $\gamma_s=2000 \text{ kg/mc}$   
 $\phi=24.0^\circ$   $\delta=20.0^\circ$   
 $c=0,20 \text{ kg/cmq}$   $ca=0,00 \text{ kg/cmq}$



Pressione verticale [Portanza di punta]      Pressione verticale [Portanza laterale]

## Armature palo



Palo N° 1

$L = 3,5 \text{ m}$

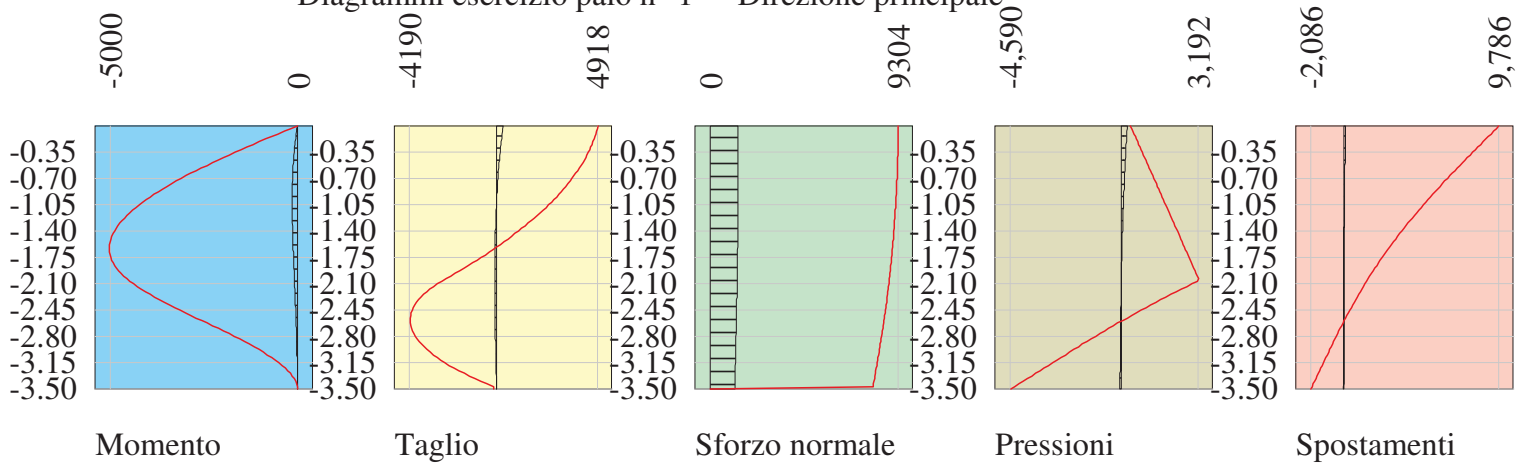
$D = 20 \text{ cm}$

$M = 0,0 \text{ kgm}$

$N = 1375,0 \text{ kg}$

$T = 325,0 \text{ kg}$

Diagrammi esercizio palo n° 1 - Direzione principale



Diagrammi limiti palo n° 1 - Direzione principale

-5000

0

-4190

4918

0

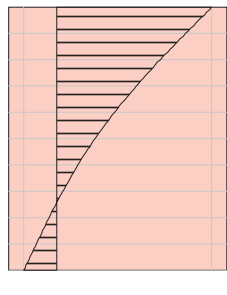
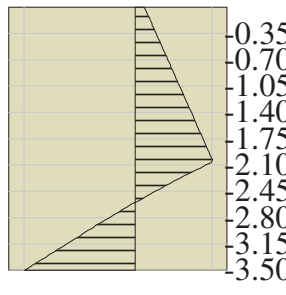
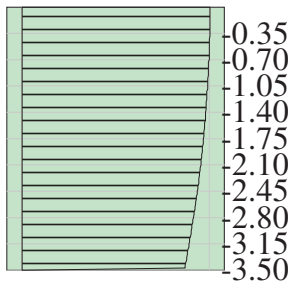
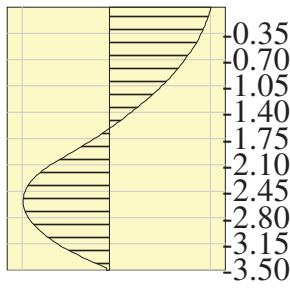
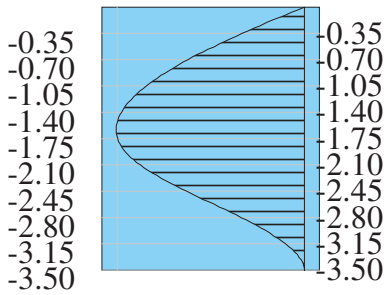
9304

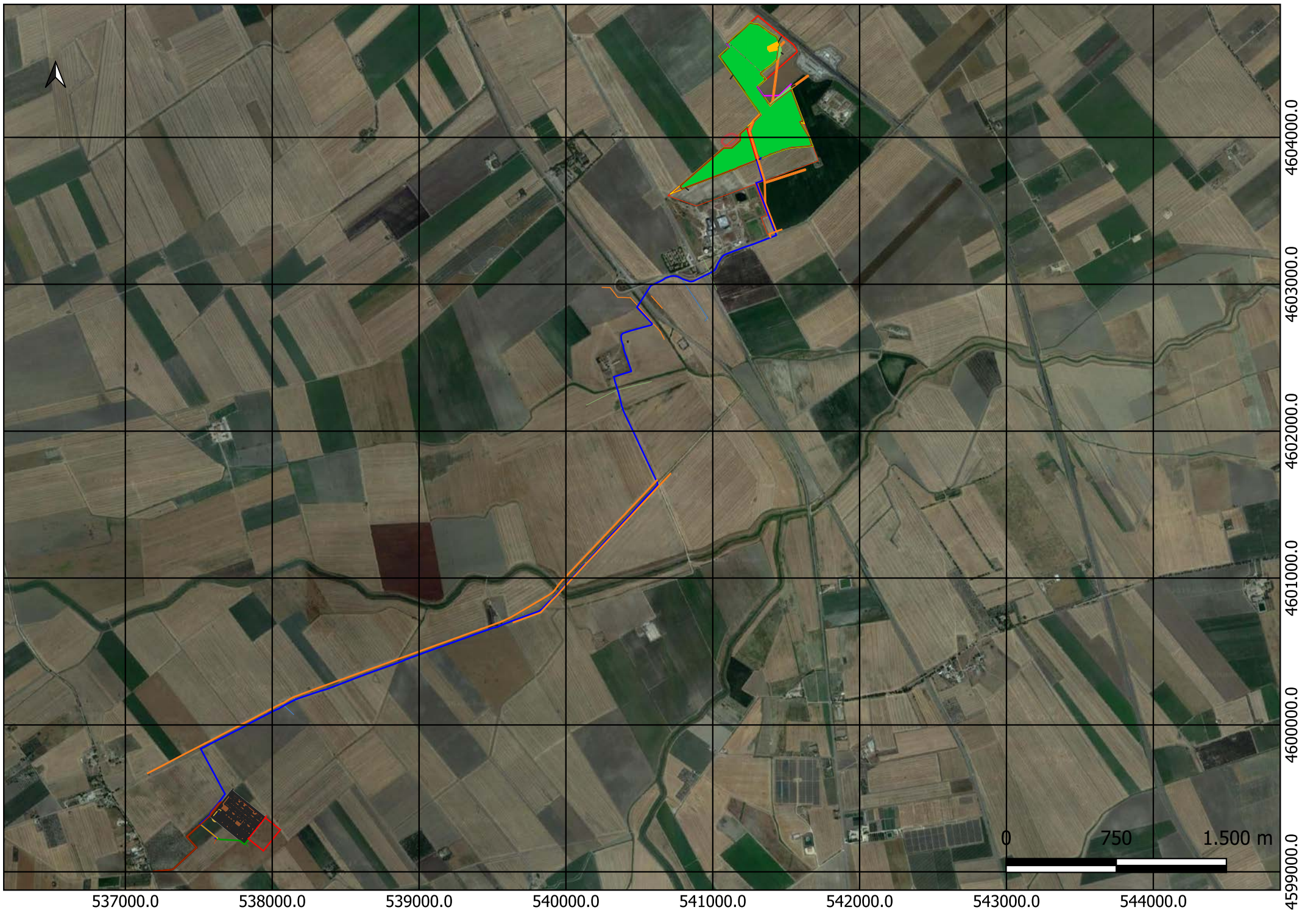
-4,590

3,192

-2,086


9,786

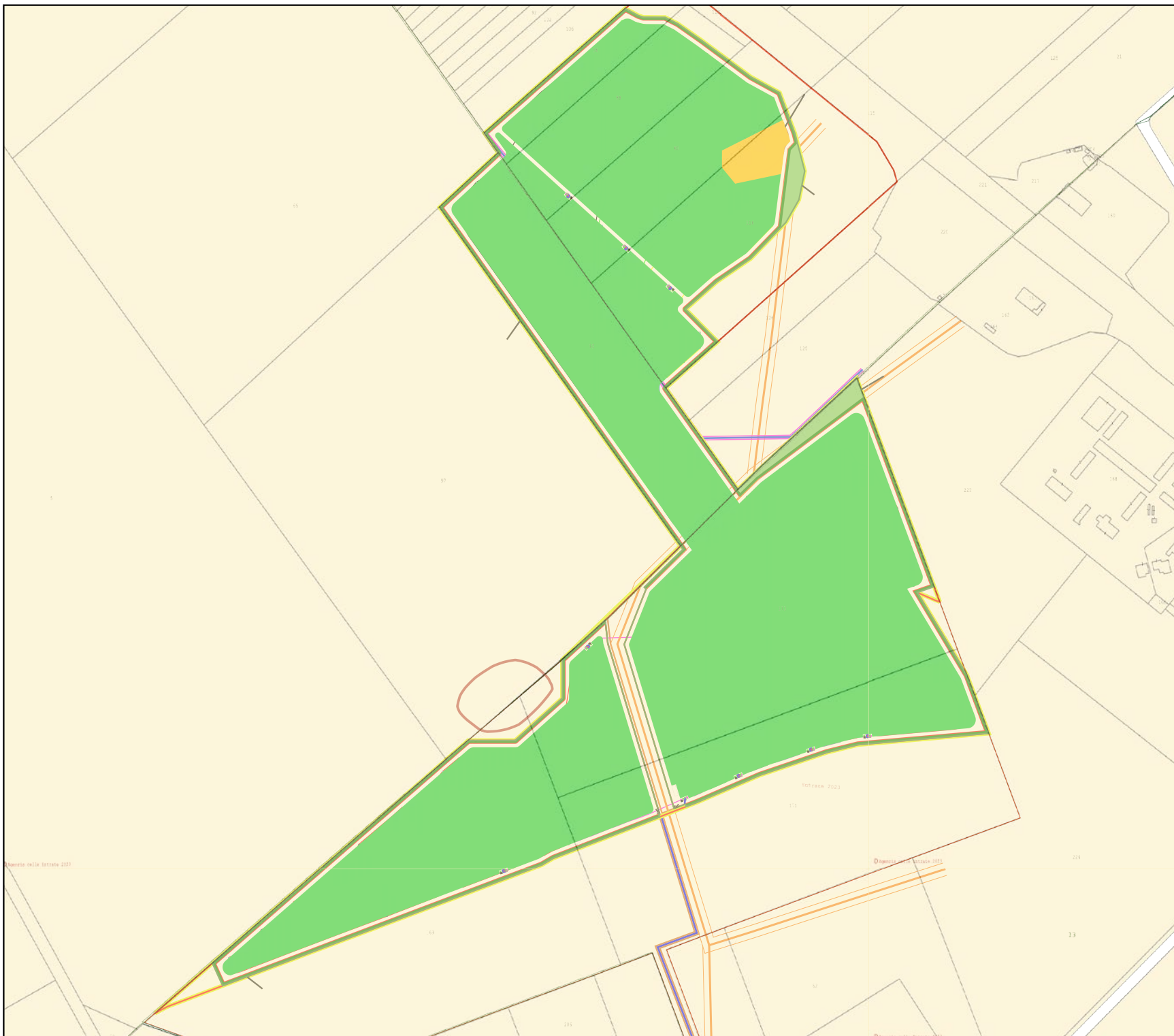






# PLANIMETRIA CATATALE

 Area d'intervento



Scala

0 100 200 m



# PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI

- Prova sismica MASW
- Prove penetrometriche dinamiche
- Trincee esplorative
- Area d'intervento



Scala

0 100 200 m





## RELAZIONE SISMICA MASW

### per la definizione del profilo verticale $V_{s,eq}$ e parametro $V_{s,30}$

#### **Introduzione**

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata eseguita una serie di prove sismiche tipo *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva utili a definire il profilo verticale della  $V_s$  (velocità di propagazione delle onde di taglio) e confrontante con prove eseguite nelle vicinanze. Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del D.M. 17 gennaio 2018 (ex DM 14/09/2005) e Circolare n.7 del 21/01/2019 del C.S. L.L. P.P.. 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 ai valori della velocità equivalente  $V_{s,eq}$  definita mediante la media armonica dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{seq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{j=2}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}} = \frac{\sum_{j=1}^N h_j}{\sum_{j=1}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}}$$


La velocità equivalente è ottenuta imponendo l'equivalenza tra i tempi di arrivo delle onde di taglio in un terreno omogeneo equivalente di spessore pari ad  $H$ . Dove  $H$  è la profondità del substrato definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da valori di  $V_s$  non inferiori ad 800 m/s. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{seq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$  ottenuto ponendo  $H=30$ m nell'equazione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Lo scopo della definizione adottata è quello di privilegiare il contributo degli strati più deformabili.

L'introduzione della  $V_{s,eq}$  unita alla modifica nella definizione delle categorie di sottosuolo si è resa necessaria al fine di includere nell'attuale testo normativo le configurazioni stratigrafiche che rimanevano escluse nelle NTC 2008 (ad esempio profili di tipo B con profondità del substrato inferiore a 30m).

### **Acquisizione ed elaborazione dati**

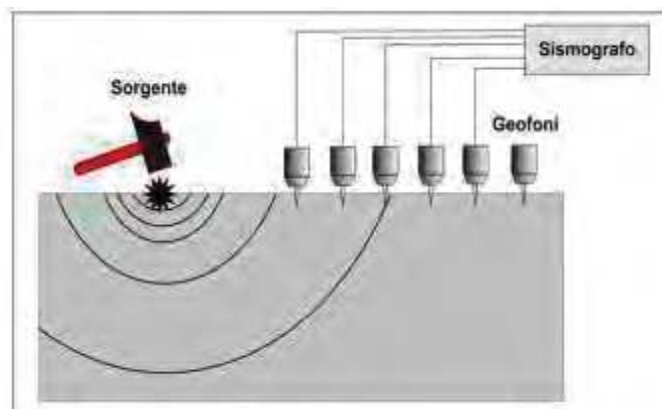
Strumentazione impiegata *Hardware*

Le prove sismiche sono state eseguite con geosismica attiva di superficie del tipo Multichannel Analysis of Surface Waves (**M.A.S.W.**). Per l'acquisizione dei dati è stata utilizzata la seguente strumentazione: Sismografo **PASI Srl** S.N.10026072N a 24 canali dotato di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea delle tracce sismiche sullo schermo del computer incorporato. Sono stati utilizzati geofoni Pasi verticali con frequenza caratteristica di 4.5 Hz. Con piastra in acciaio e massa battente da 8 kg.

*Software*

Per le analisi dei dati acquisiti si è adottato il software *winMASW4.7* ([www.eliosoft.it](http://www.eliosoft.it)).

Elaborazione- I dati *MASW* sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale dellavelocità delle onde di taglio (VS).



Sismografo PASI 24 canali

## Mean model

$V_s$  (m/s): 167, 206, 485

Standard deviations (m/s): 2, 21, 69

Thickness (m): 9.9, 11.0

Standard deviations (m/s): 2.0, 3.1

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.80, 1.87, 2.05

Shear modulus (MPa) (approximate values): 50 79 483

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve:

maswm2impagrffvoggia1.cdp

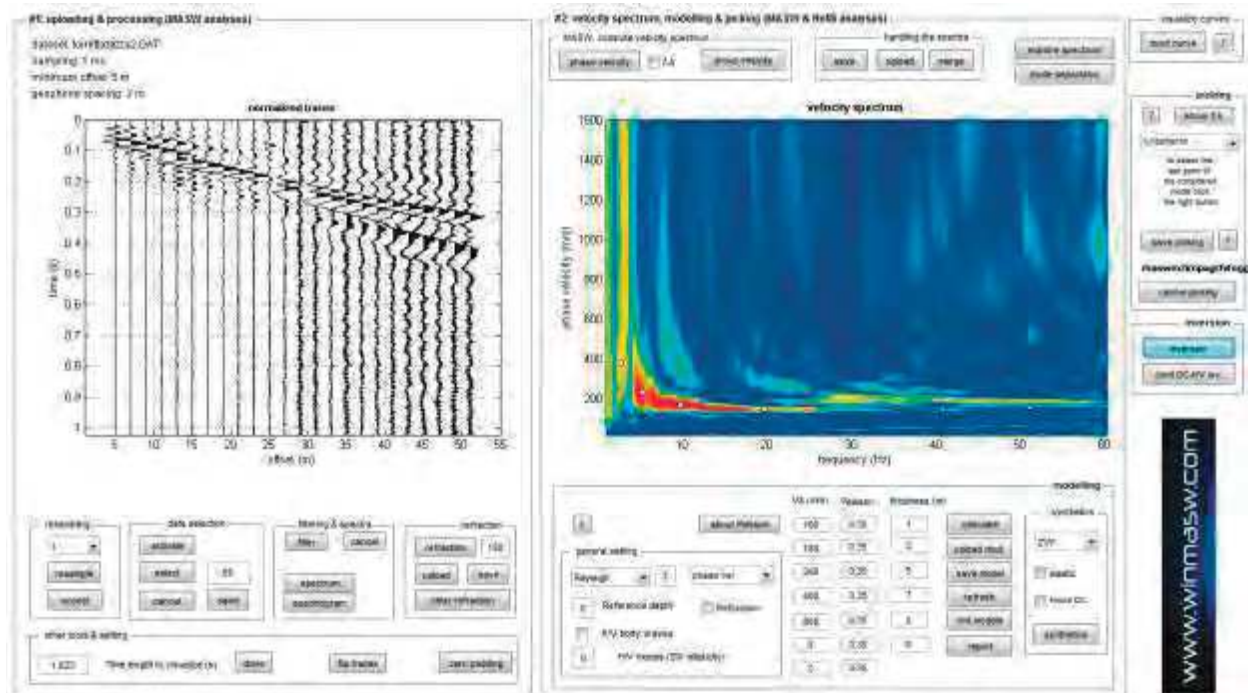
Analysis: Rayleigh Waves

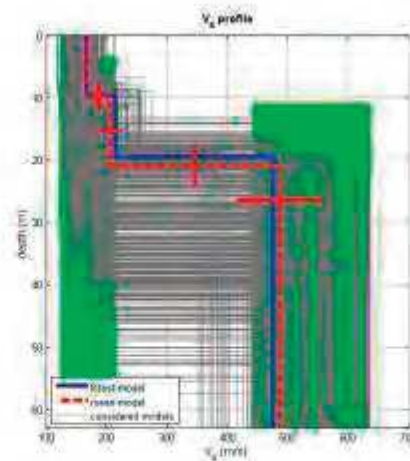
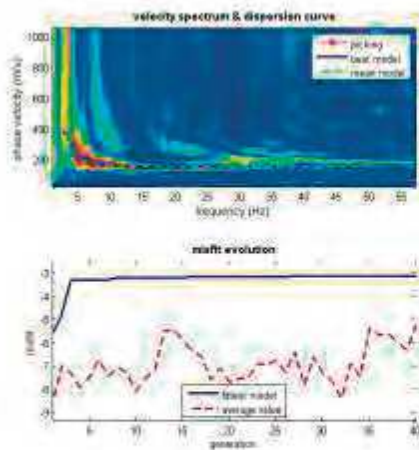
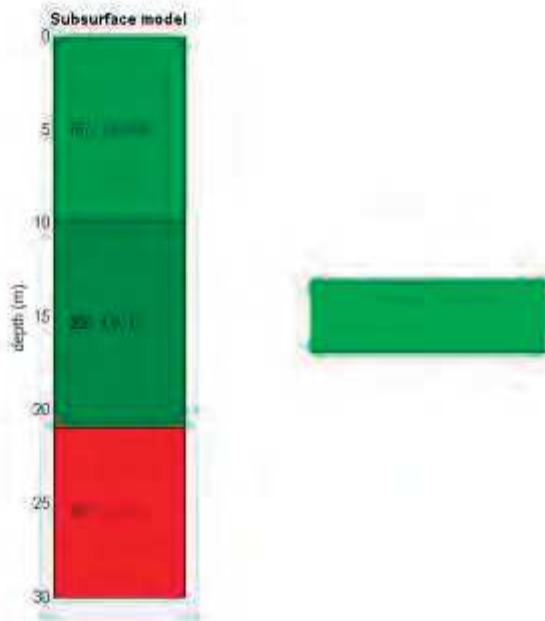
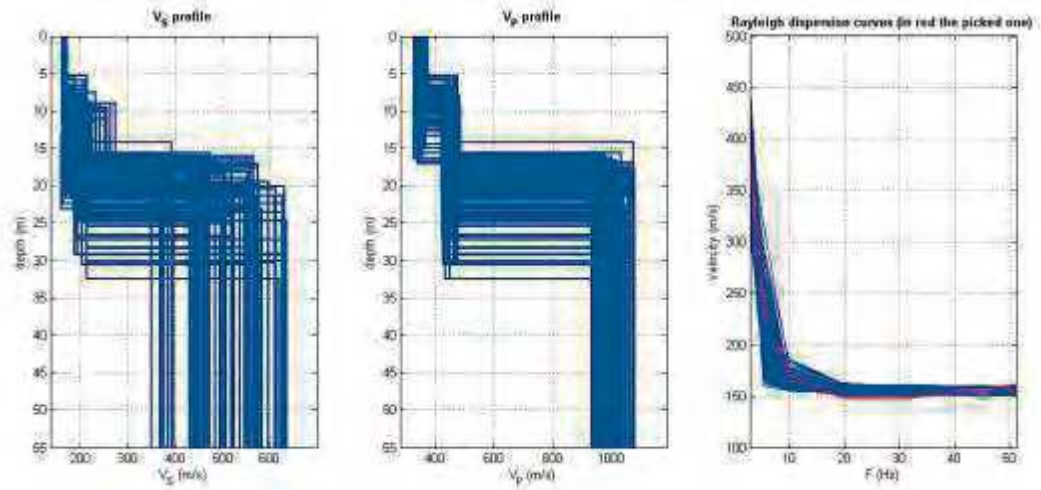
Approximate values for  $V_p$  and Poisson (please, see manual)

$V_p$  (m/s): 345, 465, 1003

Poisson: 0.35 0.38 0.35

$V_{seq}$  (m/s): 229





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

dataset: torremaggiore2.DAT  
dispersion curve: maxwin2topgrf/vlogla2.odp  
 $V_{s0}$  (best model): 228 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 228 m/s



## Mean model

$V_s$  (m/s): 132, 177, 604

Standard deviations (m/s): 1, 6, 65

Thickness (m): 2.8, 10.3

Standard deviations (m/s): 0.2, 0.8

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.75, 1.82, 2.10

Shear modulus (MPa) (approximate values): 31 57 767

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: maswm2impagrffvoggia2.cdp

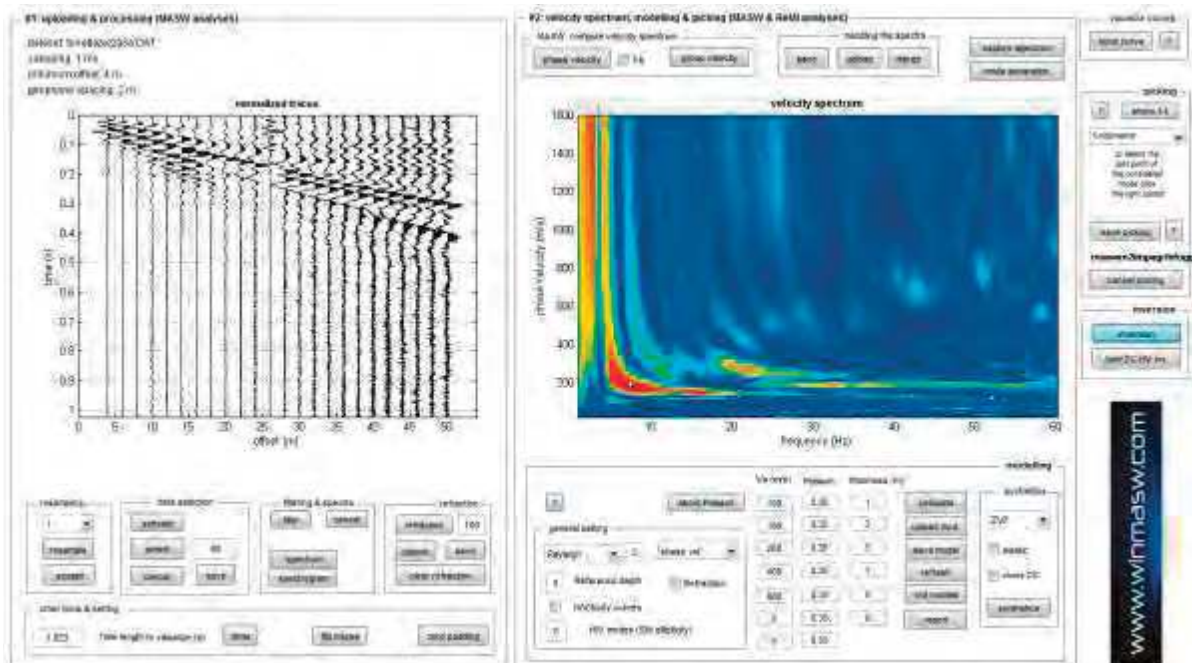
Analysis: Rayleigh Waves

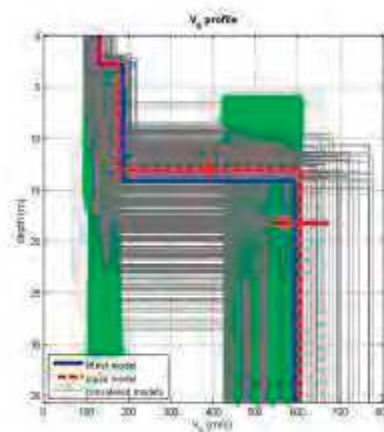
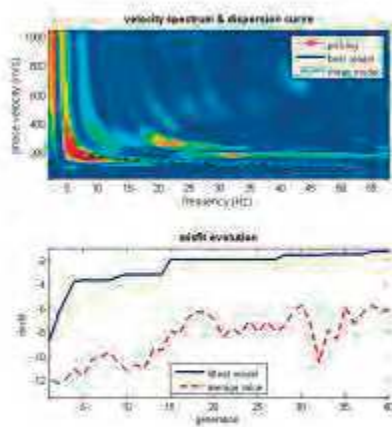
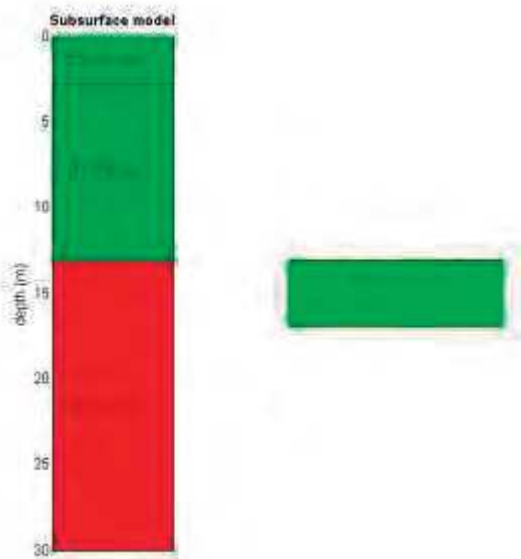
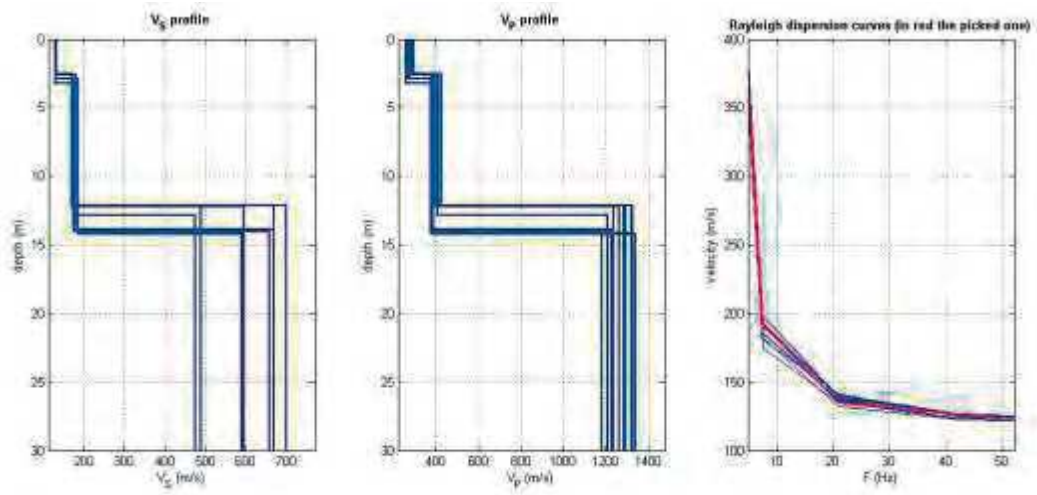
Approximate values for  $V_p$  and Poisson (please, see manual)

$V_p$  (m/s): 285, 385, 1224

Poisson: 0.36 0.37 0.34

$V_{seq}$  (m/s): 279





## Mean model

$V_s$  (m/s): 128, 173, 709

Standard deviations (m/s): 1, 6, 41

Thickness (m): 5.1, 10.9

Standard deviations (m/s): 0.9, 2.3

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.73 1.81 2.15

Shear modulus (MPa) (approximate values): 28 54 1080

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve:

maswm2impagrffvoggia3.cdp

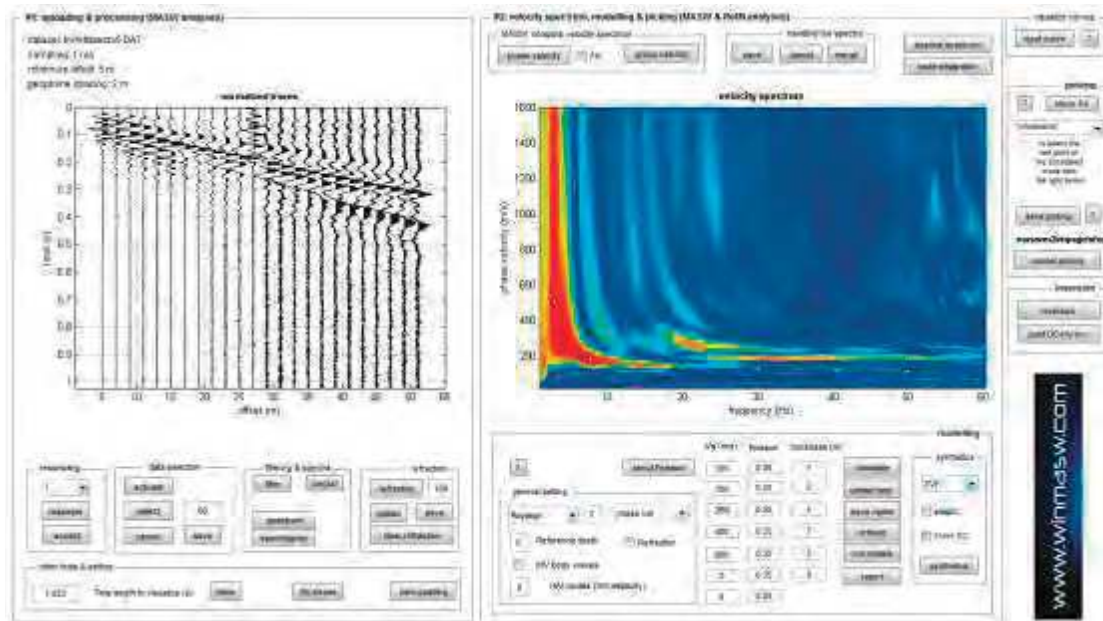
Analysis: Rayleigh Waves

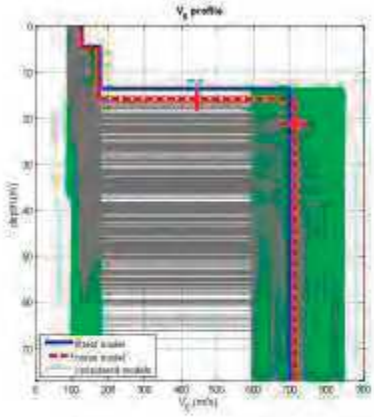
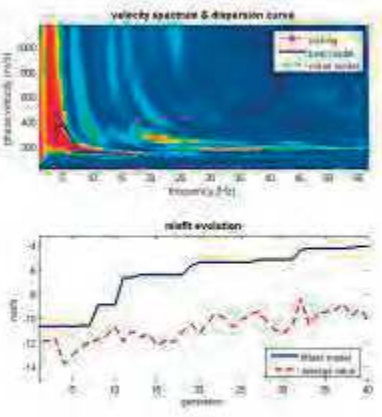
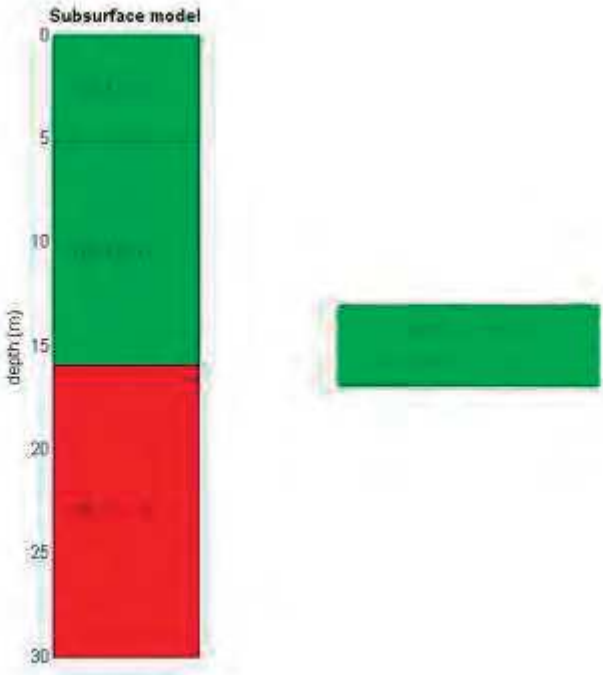
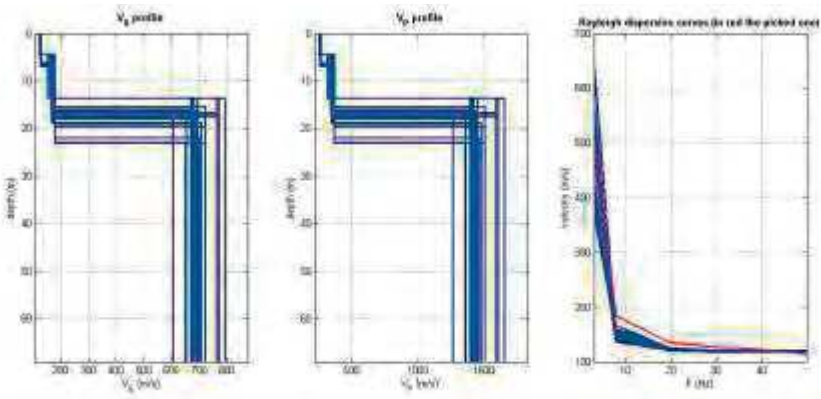
Approximate values for  $V_p$  and Poisson (please, see manual)

$V_p$  (m/s): 266 360 1476

Poisson: 0.35 0.35 0.35

$V_{seq}$  (m/s): 245





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

dataset: simetizezzal.DAT  
dispersion curve: mmax2impgrhfygggk.cdy  
 $V_{p0}$  (best model): 271 m/s  
 $V_{p0}$  (mean model): 245 m/s



## Mean model

$V_s$  (m/s): 151, 172, 403

Standard deviations (m/s): 1, 13, 26

Thickness (m): 4.7, 7.1

Standard deviations (m/s): 0.6, 3.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.77, 1.78, 2.00

Shear modulus (MPa) (approximate values): 40 53 325

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve:

maswm2impagrffvoggia4.cdp

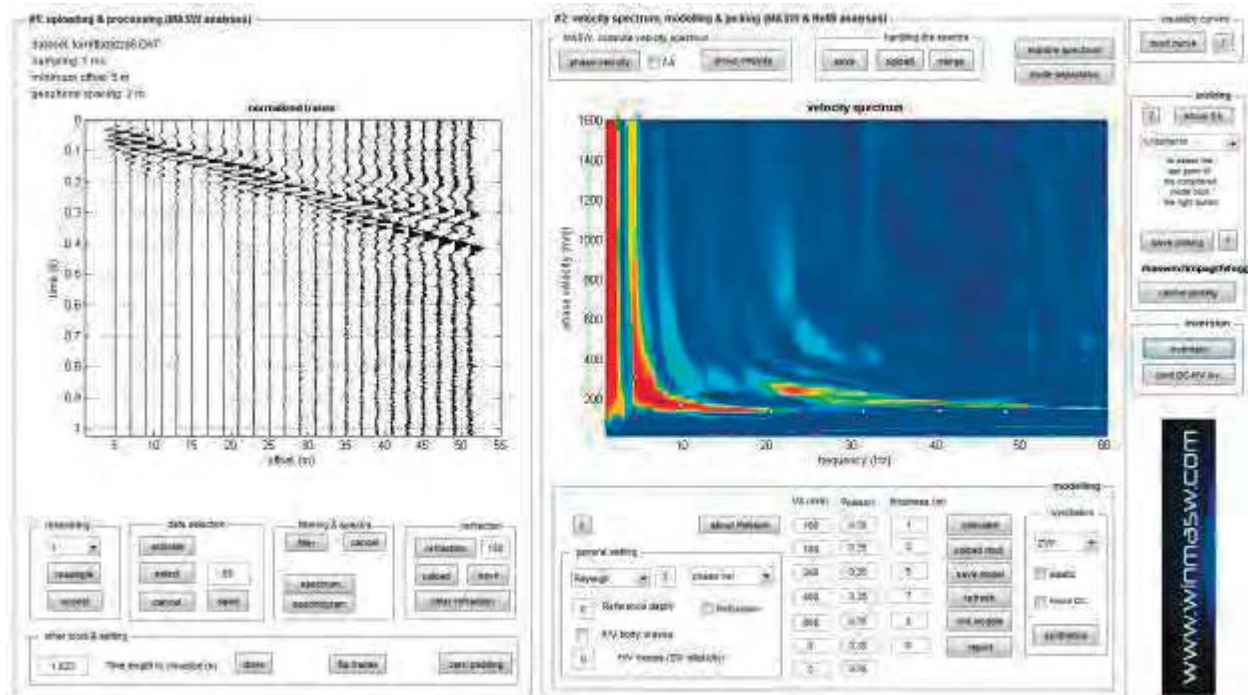
Analysis: Rayleigh Waves

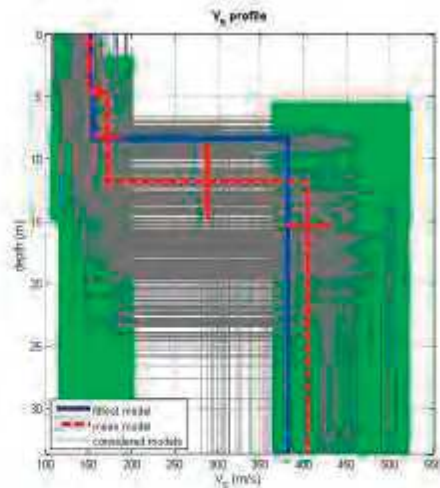
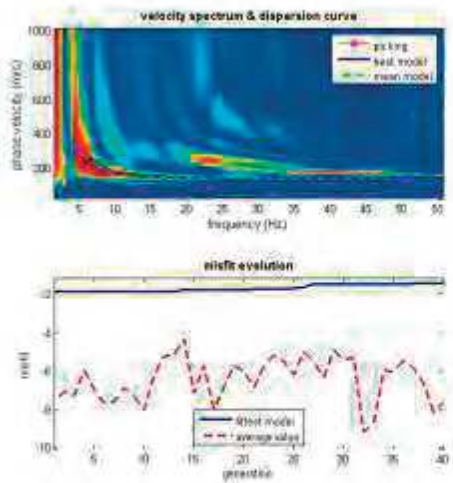
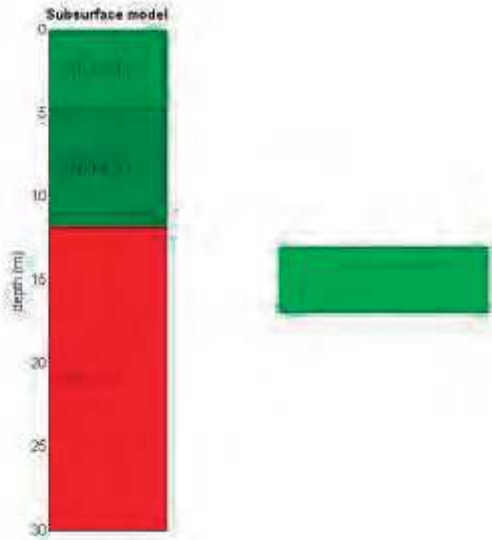
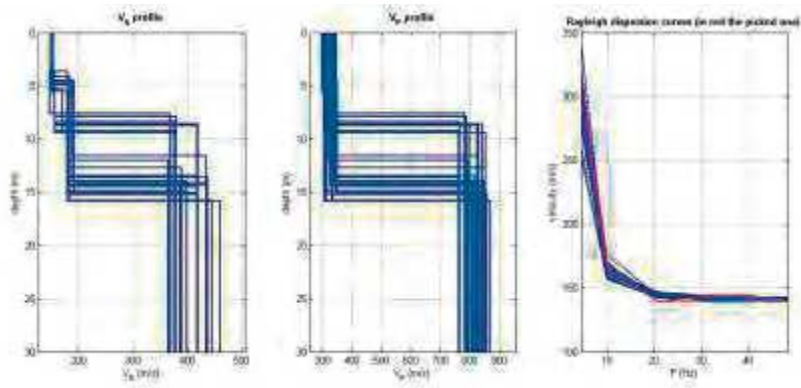
Approximate values for  $V_p$  and Poisson (please, see manual)

$V_p$  (m/s): 309, 326, 808

Poisson: 0.34 0.31 0.33

$V_{seq}$  (m/s): 255





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

dataset: torretta202206.DAT  
dispersion curve: niszum2impgrfvleggi06.cdf  
Vs30 (best model): 270 m/s  
Vs30 (mean model): 256 m/s

### Mean model

Vs (m/s): 135, 137, 466

Standard deviations (m/s): 3, 4, 31

Thickness (m): 2.7, 4.4

Standard deviations (m/s): 0.3, 0.3

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.75, 1.76, 2.05

Shear modulus (MPa) (approximate values): 31 33 443

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve:

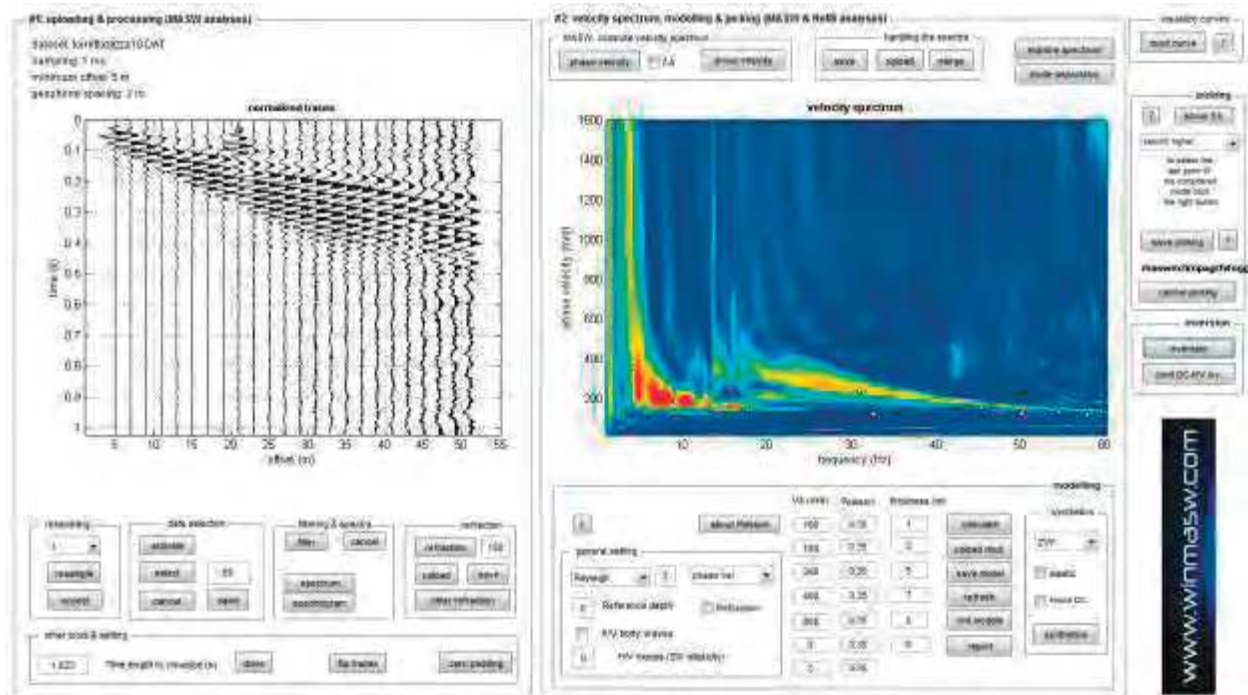
maswm2impagrffvoggia5.cdp Analysis: Rayleigh Waves

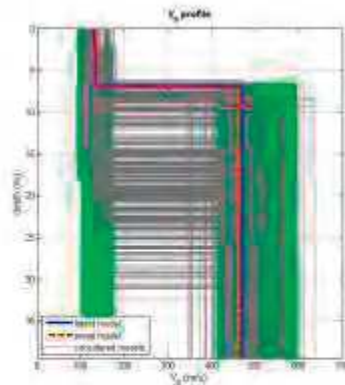
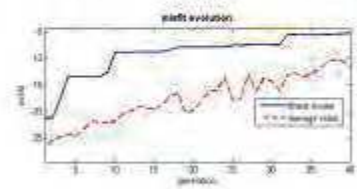
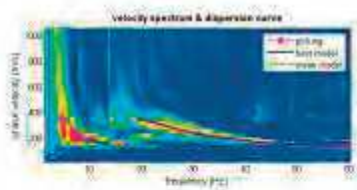
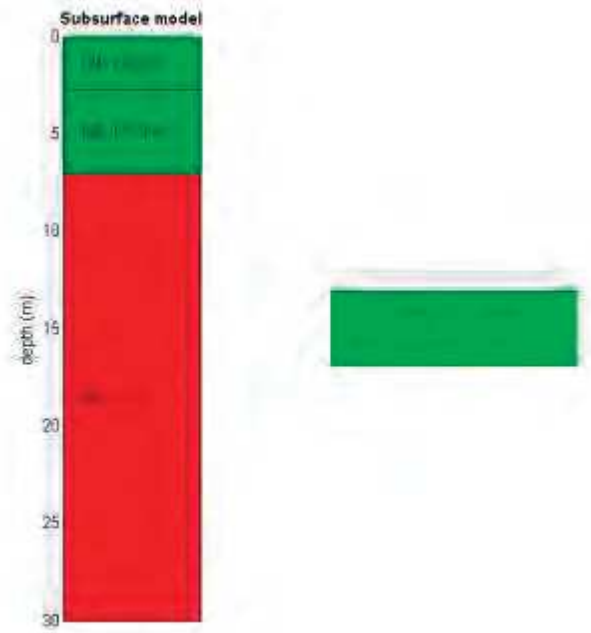
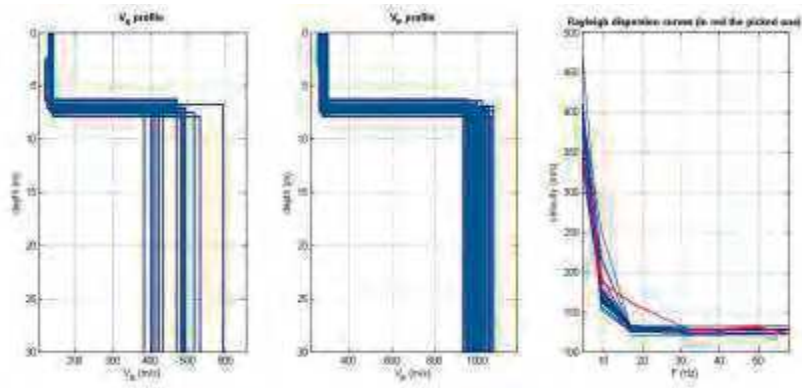
Approximate values for Vp and Poisson (please, see manual)

Vp (m/s): 289, 293, 982

Poisson: 0.36 0.36 0.36

Vseq (m/s): 295





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

dataset: torremaggiore15.DAT  
dispersion curve: torremaggiore15.dsp  
V430 (best model): 280 m/s  
V430 (mean model): 285 m/s

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 42 del 20/02/2018) e Circolare n.7 del 21/01/2019 C.S.L.L.P.P.

**Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

*Categoria*

*Caratteristiche della superficie topografica*

*A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*

*B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.*

*C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

*D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.*

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

- *Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.*

## **Conclusioni sismica masw**

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VSeq (e del modulo di taglio) e di conseguenza, del parametro  $V_{s30}$ , prendendo come riferimento il piano campagna e **utilizzando il valore più basso pari a Vseq (229m/s)**. Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018, Circolare 21/01/2019, n.7 C.S.LL.PP.) viste le caratteristiche litologiche il sito in esame rientra nella **categoria di fondazione tipo C** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

*Riferimenti Dal Moro G., Pipan M. & Gabrielli P., 2007, RayleighWaveDispersion Curve Inversion via GeneticAlgorithms and PosteriorProbabilityDensity Evaluation, J. Appl. Geophysics, 61, 39-55 Park C. B., Miller R. D., & Xia J., 1999, Multichannel analysis of surface waves, Geophysics, 64, 3;*

Il Geologo  
Baldassarre Franco La Tessa



## VERIFICA A LIQUEFAZIONE

### Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 17 Gennaio 2018

### Richiami teorici

La verifica a liquefazione viene eseguita usando metodi di **analisi dinamica semplificata**. In particolare tutte le metodologie usate eseguono l'analisi in termini di **tensioni totali**.

In questi metodi il carico sismico (CSR) è determinato mediante un'analisi 1-D della risposta sismica locale del sito condotta in termini di tensioni totali, prescindendo quindi dallo sviluppo delle sovrappressioni neutre tipiche del processo di liquefazione.

Il rapporto di tensione ciclica (CSR) è confrontato con la resistenza a liquefazione, espressa attraverso il rapporto di resistenza ciclica (CRR) che può essere stimato utilizzando i risultati di prove in situ.

La sicurezza nei confronti della liquefazione è valutata in termini di coeff. di sicurezza:

$$FS = \frac{CRR}{CSR}$$

I fattore di sicurezza FS è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare.

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta  $FS \leq \eta$  dove  $\eta$  dipende dal metodo usato.

### Metodo di calcolo della domanda di resistenza a liquefazione CSR

Il carico sismico, CSR, dipende dalla magnitudo  $M$  e dalla massima accelerazione in superficie,  $a_{max}$ .

Per una magnitudo  $M=7.5$  CSR è espresso dalla seguente relazione

$$CSR = 0.65 \frac{a_{max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d \frac{1}{MSF K_\sigma}$$

essendo

$a_{max}$	picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto
$g$	accelerazione di gravità
$\sigma_{v0}$ e $\sigma'_{v0}$	tensione verticale geostatica totale ed efficace
$r_d$	coefficiente riduttivo delle tensioni
MSF	fattore di scala per la magnitudo
$K_\sigma$	fattore correttivo per il sovraccarico (metodi di Idriss e Boulanger 2014 per prove SPT e CPT)

### *Coefficiente riduttivo delle tensioni $r_d$*

Metodo di: **Seed e Idriss (1982), Seed e Al. (1985), Tokimatsu e Yoshimi (1983), Iwasaki e Al. (1984), Eurocodice 8**

$$\begin{aligned} r_d &= 1.0 - 0.00765z & z \leq 9.15 \text{ m} \\ r_d &= 1.174 - 0.0267z & 9.15 \text{ m} < z \leq 23 \text{ m} \\ r_d &= 0.774 - 0.008z & 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m} \\ r_d &= 0.5 & z > 30 \text{ m} \end{aligned}$$

Metodo di: **Idriss Boulanger (2004), Idriss Boulanger (2014), Andrus e Stokoe (2000)**

$$r_d = e^{\alpha(z) + \beta(z)M}$$

con:

$$\alpha(z) = -1.012 - 1.126 \operatorname{sen} \left( \frac{z}{11.73} + 5.133 \right) \quad \beta(z) = 0.106 + 0.118 \operatorname{sen} \left( \frac{z}{11.28} + 5.142 \right)$$

### *Fattore di scala per la magnitudo*

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo *MSF*.  
Le equazioni utilizzate, dai diversi metodi, per il calcolo di *MSF* vengono di seguito riportate.

Metodo di: **Eurocodice 8**

$$MSF = \frac{-226798 + 55419M - 3302M^2}{20840 + 1420M^2} - 12990M \quad \text{per } 8 \geq M \geq 5.5$$

$$MSF = 70.629e^{-0.5779M} \quad \text{per } M < 5.5$$

Metodo di: **Idriss e Boulanger (2004)**

$$MSF = 6.9e^{\frac{-M}{4}} - 0.058 \quad \text{per } M > 5.2$$

$$MSF = 1.8 \quad \text{per } M \leq 5.2$$

Metodo di: **Andrus e Stokoe (2000)**

$$MSF = 6.9e^{\frac{-M}{4}} - 0.06 \quad \text{per } M > 5.2$$

$$MSF = 1.82 \quad \text{per } M \leq 5.2$$

Metodo di: **Seed e Idriss (1982), Seed e Al. (1985), Tokimatsu e Yoshimi (1983), Iwasaki e Al. (1984)**

$$MSF = \left(\frac{M}{7.5}\right)^{-3.3} \quad \text{per } M \leq 7.5$$

$$MSF = \frac{10^{2.24}}{M^{2.56}} \quad \text{per } M > 7.5$$

Metodo di: **Idriss e Boulanger (2014)**

$$MSF = 1 + (MSF_{\max} - 1) \left(8.64e^{\frac{-M}{4}} - 1.325\right)$$

$$MSF_{\max} = 1.09 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{31.5}\right)^2 \leq 2.2 \quad \text{Per prova SPT}$$

### *Fattore di correzione per sovraccarico*

L'equazione utilizzata per il calcolo di  $K_\sigma$  viene di seguito riportata:

**Prova SPT**

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \ln\left(\frac{\sigma'_v}{P_a}\right) \leq 1.1$$

con:

$$C_\sigma = \frac{1}{18.9 - 2.55\sqrt{(N_1)_{60cs}}} \leq 0.3$$

### Metodi di calcolo della resistenza a liquefazione *CRR*

#### *Metodi usati con le prove SPT*

Metodo: **Seed e Idriss (1982)**

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (*CRR*) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \frac{N_a}{90}$$

con



$$N_a = N_1 + N_{SPT} \frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v}$$

$N_1 = 0.0$  se  $d_{50} < 0.25$   
 $N_1 = 7.5$  se  $d_{50} \geq 0.25$

$N_{SPT}$  numero di colpi della prova penetrometrica standard (Standard Penetration Test)  
 $d_{50}$  diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50 per cento espresso in millimetri  
 $\sigma'_v$  pressione verticale efficace espressa in Kg/cm<sup>2</sup>

#### Metodo: **Seed e Al. (1985)**

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = \frac{0.048 - 0.004721N_{60cs} + 0.0006136N_{60cs}^2 - 0.00001673N_{60cs}^3}{1 - 0.1248N_{60cs} + 0.009578N_{60cs}^2 - 0.0003285N_{60cs}^3 + 0.000003714N_{60cs}^4}$$

dove:

$$N_{60cs} = A + B \cdot N_{60}$$

in cui A e B sono coeff. che assumono i seguenti valori:

$A = 0$	$B = 1$	$FC \leq 5\%$
$A = e^{1.76 - \frac{190}{FC^2}}$	$B = 0.99 + \frac{FC^{1.5}}{1000}$	$5\% < FC \leq 35\%$
$A = 5$	$B = 1.2$	$FC > 35\%$

con:

$$N_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

i coeff.  $C_N$ ,  $C_E$ ,  $C_B$ ,  $C_R$ ,  $C_S$  sono descritti nel capitolo successivo.

#### Metodo: **Tokimatsu e Yoshimi (1983)**

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = a C_r \left[ \frac{16\sqrt{N_a}}{100} + \left( \frac{16\sqrt{N_a}}{C_s} \right)^n \right]$$

con

$$N_a = N_1 + N_{SPT} \frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v}$$

$N_1 = 0.0$  se  $FC < 5\%$   
 $N_1 = 10 FC + 4$  se  $FC \geq 5\%$

$a = 0.45$   
 $C_r = 0.57$   
 $C_s = 75$   
 $n = 14$

FC percentuale di fine  
 $N_{SPT}$  numero di colpi della prova penetrometrica standard (Standard Penetration Test)  
 $\sigma'_v$  pressione verticale efficace espressa in Kg/cm<sup>2</sup>

#### Metodo: **Iwasaki e Al. (1984)**

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata dagli autori con la seguente espressione:

$$CRR = 0.0882 N_{SPT} \sqrt{\sigma'_v + 0.7} + 0.225 \log \frac{0.35}{d_{50}} \quad d_{50} < 0.6 \text{ mm}$$

$$CRR = 0.0882 N_{SPT} \sqrt{\sigma'_v + 0.7} - 0.05 \quad d_{50} \geq 0.6 \text{ mm}$$

$N_{SPT}$  numero di colpi della prova penetrometrica standard (Standard Penetration Test)  
 $\sigma'_v$  pressione verticale efficace espressa in Kg/cm<sup>2</sup>  
 $d_{50}$  diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50 per cento espresso in millimetri

#### Metodo: Eurocodice 8

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) da prove penetrometriche dinamiche viene stimata facendo uso degli abachi riportati nell'appendice B dell'eurocodice 8 parte 5.

In tale grafico in ascissa viene riportato il valore  $(N_1)_{60}$  e in ordinate il valore di CRR.

Il valore di  $(N_1)_{60}$  rappresenta il numero di colpi normalizzato ed assume la seguente relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}}$$

$N_{spt}$  rappresenta il numero di colpi della prova  
 $\sigma'_v$  tensione verticale efficace espressa in [kg/cm<sup>2</sup>].

#### Metodo: Idriss e Boulanger (2004)

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) viene stimata attraverso la seguente espressione:

$$CRR = e^{\left[ \frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{126} \right)^2 - \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{23.6} \right)^3 + \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right]}$$

dove:

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + e^{1.63 + \frac{9.7}{FC} - \left( \frac{15.7}{FC} \right)^2}$$

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

$$C_N = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.784 - 0.0768 \sqrt{(N_1)_{60}}}$$

i coeff.  $C_E$ ,  $C_B$ ,  $C_R$ ,  $C_S$  sono descritti nel capitolo successivo.

#### Metodo: Idriss e Boulanger (2014)

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) viene stimata attraverso la seguente espressione:

$$CRR = e^{\left[ \frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{126} \right)^2 - \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{23.6} \right)^3 + \left( \frac{(N_1)_{60cs}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right]}$$

dove:

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

$$\Delta(N_1)_{60} = e^{\left( 1.63 + \frac{9.7}{FC+0.01} - \left( \frac{15.7}{FC+0.01} \right)^2 \right)}$$

$$C_N = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.784 - 0.0768 \sqrt{(N_1)_{60cs}}} \leq 1.7$$

i coeff.  $C_E$ ,  $C_B$ ,  $C_R$ ,  $C_S$  sono descritti nel capitolo successivo.

#### Fattori correttivi della prova SPT

Fattore	Attrezzatura	Simbolo	Valore
Pressione litostatica efficace		$C_N$	$\sqrt{\frac{1}{\sigma'_v}} \leq 2$
Rapporto energetico	maglio Donut maglio Safety maglio a rilascio automatico Donut	$C_E$	da 0.5 a 1.0 da 0.7 a 1.0 da 0.8 a 1.3
Diametro del foro	da 65 mm a 115 mm 150 mm 200 mm	$C_B$	1.0 1.05 1.15
Lunghezza delle aste	da 3 m a 4 m da 4 m a 6 m da 6 m a 10 m da 10 m a 30 m >30 m	$C_R$	0.75 0.85 0.95 1.0 < 1.0
Metodo di campionamento	campionatore standard campionatore senza astuccio	$C_S$	1.0 da 1.1 a 1.3

$C_N$  vale solo per i metodi di Seed e Idriss (1982) e Monaco e Marchetti (2005). Per gli altri metodi  $C_N$  è descritto nei richiami teorici del metodo.

### Metodi usati con le prove SISMICHE

Metodo: **Andrus e Stokoe (2000)**

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) viene stimata attraverso la seguente espressione:

$$CRR = 0.022 \left( \frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 2.8 \left( \frac{1}{V_{S1}^* - V_{S1}} - \frac{1}{V_{S1}^*} \right)$$

dove:

$$V_{S1} = C_V V_S$$

$$C_V = \left( \frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.25}$$

dove  $p_a$  (pressione atmosferica  $\cong 100$  kPa) e  $\sigma'_v$  ha la stessa unità di misura. Il coeff.  $C_V \leq 1.4$

Le curve sono state ottenute per  $V_{S1} < 100$  m/s e per  $CRR > 0.35$

Il parametro  $V_{S1}^*$  rappresenta il valore di soglia della velocità delle onde di taglio normalizzata oltre il quale la liquefazione non avviene. Può essere valutato in funzione della frazione di fine FC:

per  $FC \leq 5\%$ ,  $V_{S1}^* = 215$  m/s

per  $5\% \leq FC \leq 35\%$ ,  $V_{S1}^* = 215 - 0.5(FC - 5)$  m/s

per  $FC > 35\%$ ,  $V_{S1}^* = 200$  m/s

### Calcolo dell'Indice del Potenziale di Liquefazione (LPI)

Il calcolo dell'Indice di Liquefazione è stato eseguito con il metodo di Sonmez (2003).

$$I_L = \int_{z=0}^{20} F(z) w(z) dz$$

dove:

$$F(z) = 1 - FS \quad FS < 0.95$$

$$F(z) = 2 \cdot 10^{-6} e^{-18.427FS} \quad 0.95 \leq FS < 1.2$$

$$F(z) = 0 \quad FS \geq 1.2$$

$$w(z) = \frac{200}{z_{crit}} \left( 1.0 - \frac{z}{z_{crit}} \right)$$

Il potenziale di liquefazione è definito come:

Indice di liquefazione ( $I_L$ )	Potenziale di liquefazione
$I_L = 0$	Non liquefacibile
$0 < I_L \leq 2$	Bassa
$2 < I_L \leq 5$	Moderata
$5 < I_L \leq 15$	Alta
$I_L > 15$	Molto alta

## Dati Dati stratigrafia

### Parametri per il calcolo del potenziale di liquefazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
Descrizione	Descrizione strato
h	Spessore dello strato espresso in [m]
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
Cu	Coefficiente di Uniformità
d <sub>50</sub>	Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm]
fine	Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%]

n°	Descrizione	h	$\gamma$	$\gamma_s$	Cu	d <sub>50</sub>	Fine noto	fine	S/A
		[m]	[kg/mc]	[kg/mc]		[mm]		[%]	
1	Terreno vegetale 1	1,00	1400	1450	13,800	0,410	NO	--	Argilla
2	Sabbia giallastra	6,00	1800	1900	2,800	0,335	NO	--	Sabbia
3	argilla giallastra	6,00	1800	1900	50,000	0,420	NO	--	Argilla
4	Sabbia limosa arg.	15,00	1800	1900	50,000	0,420	NO	--	Sabbia
5	Argilla marnosa grigio azzurra	5,00	1900	2000	2,500	0,250	NO	--	Argilla

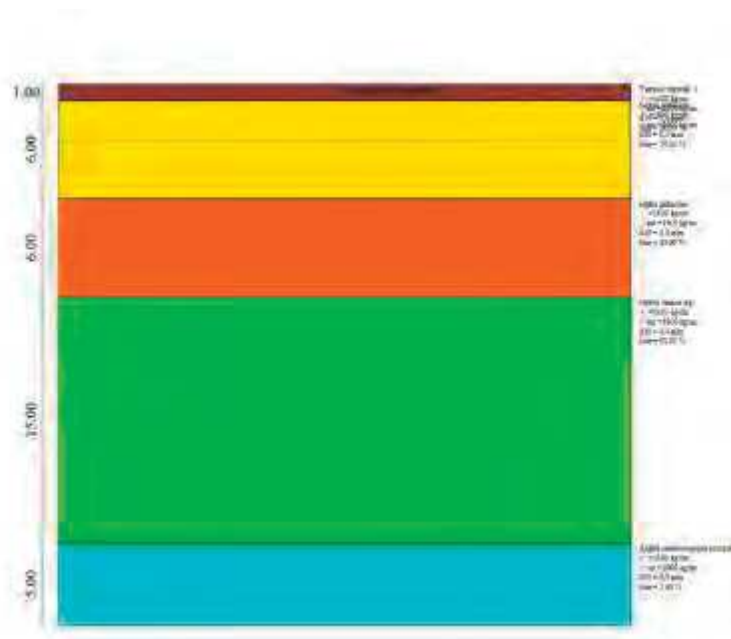


Fig. 1 - Stratigrafia

## Prova SPT

#### Simbologia adottata

n°	Numero d'ordine dei valori delle misure della prova
z <sub>i</sub>	Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m]
N <sub>SPT</sub>	Numero di colpi della prova SPT

n°	z <sub>i</sub> [m]	N <sub>SPT</sub>
1	2,00	8
2	5,00	14
3	10,00	20



Fig. 2 - Prova SPT

### Prova Sismica a rifrazione

#### Simbologia adottata

- n° Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;  
z<sub>i</sub> Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];  
V<sub>s</sub> Velocità dell'onda S della prova sismica a rifrazione espressa in [m/s]

n°	z <sub>i</sub> [m]	V <sub>s</sub> [m/s]
1	4,00	160,00
2	15,00	243,00
3	30,00	546,00



Fig. 3 - Prova Sismica a rifrazione

## Dati Strumento

Fattore correttivo che tiene conto del diametro del foro di sondaggio	$C_b=1.00$
Fattore correttivo che tiene conto della lunghezza delle aste	$C_r=0.75$
Fattore correttivo che tiene conto del tipo di campionatore	$C_s=1.00$
Fattore correttivo che tiene conto dell'efficienza del sistema di infissione usato	$C_e=1.00$

## Dati Situ

Magnitudo dell'evento sismico	M	6.00	
Accelerazione massima su sito di riferimento rigido	$a_g$	1.804	[m/s <sup>2</sup> ]
Fattore di amplificazione spettrale	F0	2.49	
Categoria di sottosuolo	C		
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss	1.425	
Presenza di sovraccarico al piano campagna	$p_0$	1,00	[kg/mq]
Profondità della falda dal piano campagna	$Z_w$	3,50	[m]
<b>Accelerazione massima</b>	<b><math>a_{max}/g</math></b>	<b>0.262</b>	

## Controlli Normativa

	U.M.	Sito	Minimo normativo	Esito
Magnitudo		6.00	6.00	OK
				<b>Verifica non richiesta</b>

## Risultati analisi liquefazione

### Simbologia adottata

$z_i$	Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m]
$\sigma'_v$	tensione verticale efficace calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_v$	tensione verticale totale calcolata alla profondità $z_i$ espressa in [kg/cm <sup>2</sup> ]
$r_d$	coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità $z_i$
MSF	coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma
CSR	resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica
CRR	sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra CRR e CSR)

### Metodo Seed e Idriss (1982) - SPT

n°	$z_i$ [m]	vp	$\sigma'_v$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	$\sigma_v$ [kg/cm <sup>2</sup> ]	Ic	FC	$r_d$	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	13,33	0,32	0,32	0.000	0.000	0.98	2.088	0.080	0.148	1.844
2	5,00	16,70	0,73	0,88	0.000	0.000	0.96	2.088	0.095	0.186	1.959
3	10,00	18,13	1,18	1,83	0.000	0.000	0.91	2.088	0.115	0.201	1.753

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)	0.00
Rischio di liquefazione	Nulla

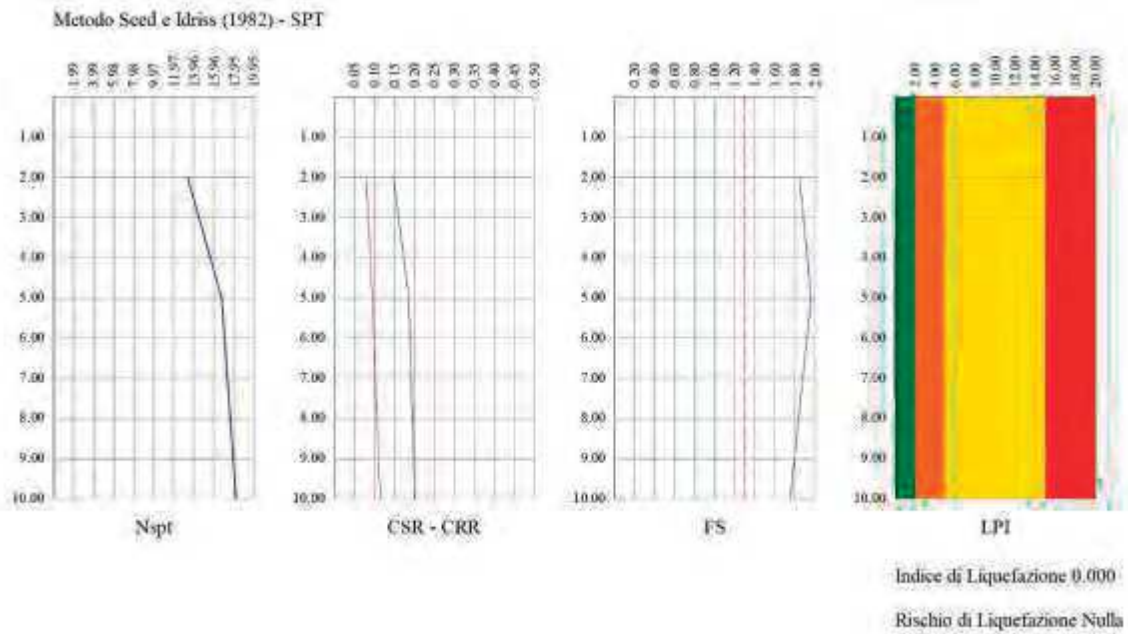


Fig. 4 -

**Metodo Seed e Al. (1985) - SPT**

n°	z <sub>i</sub> [m]	v <sub>p</sub>	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	17,73	0,32	0,32	0,000	0,000	0,98	2,088	0,080	0,191	2,380
2	5,00	19,80	0,73	0,88	0,000	0,000	0,96	2,088	0,095	0,214	2,259
3	10,00	21,60	1,18	1,83	0,000	0,000	0,91	2,088	0,115	0,235	2,046

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0.00  
Rischio di liquefazione                              Nulla

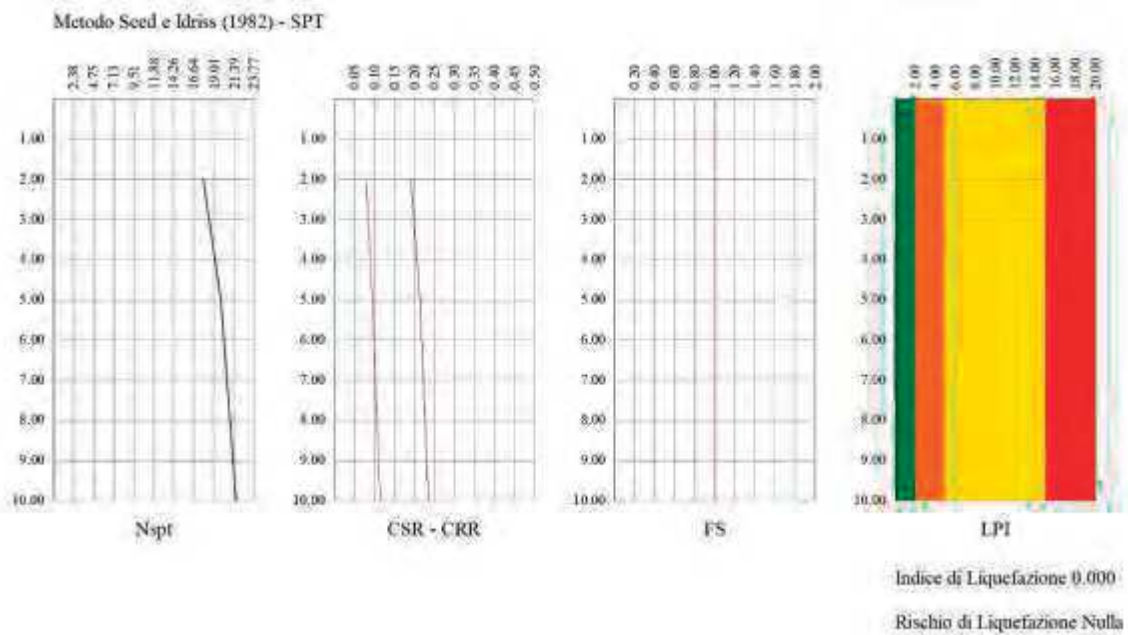


Fig. 5 -

**Metodo Tokimatsu e Yoshimi (1983) - SPT**



n°	z <sub>i</sub> [m]	vp	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	22,33	0,32	0,32	0,000	0,000	0,98	2,088	0,080	0,481	5,990
2	5,00	25,70	0,73	0,88	0,000	0,000	0,96	2,088	0,095	0,976	10,308
3	10,00	28,13	1,18	1,83	0,000	0,000	0,91	2,088	0,115	1,664	14,478

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0.00  
Rischio di liquefazione                              Nulla

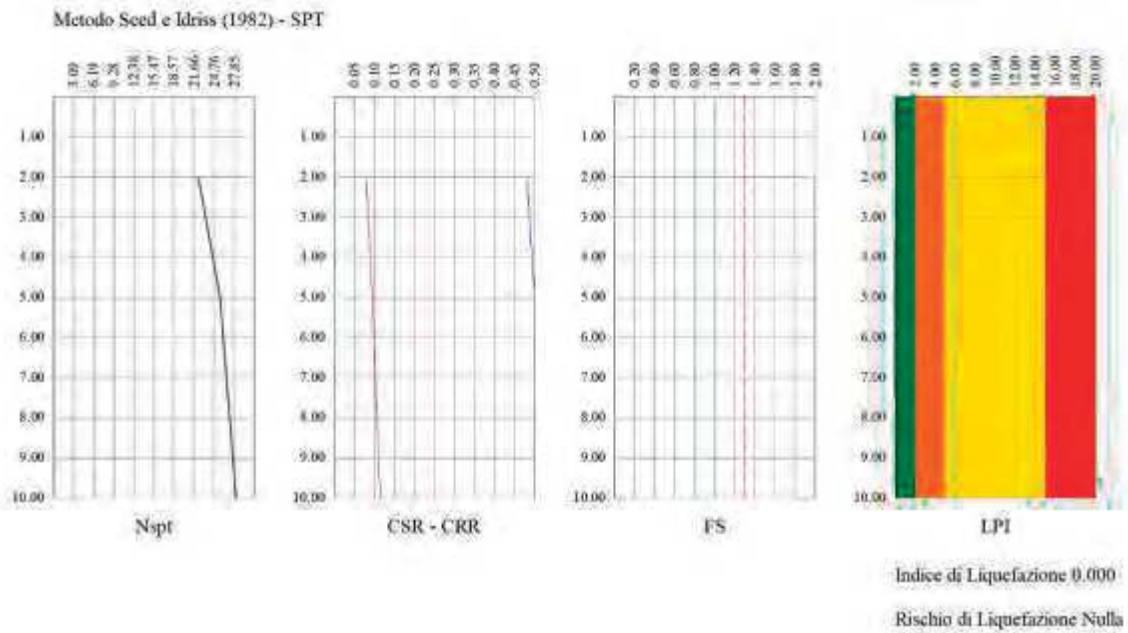


Fig. 6 -

**Metodo Iwasaki e Al. (1984) - SPT**

n°	z <sub>i</sub> [m]	vp	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	8,00	0,32	0,32	0,000	0,000	0,98	2,088	0,080	0,717	8,922
2	5,00	14,00	0,73	0,88	0,000	0,000	0,96	2,088	0,095	1,478	15,608
3	10,00	20,00	1,18	1,83	0,000	0,000	0,91	2,088	0,115	2,398	20,858

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0.00  
Rischio di liquefazione                              Nulla

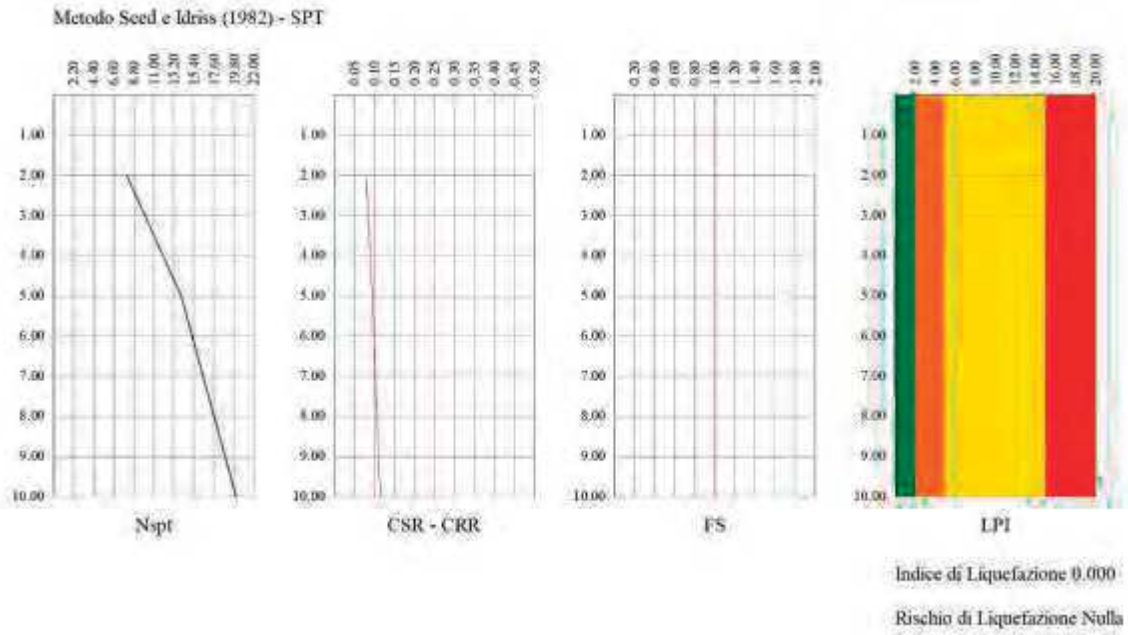


Fig. 7 -

**Metodo Eurocodice 8 - SPT**

n°	z <sub>i</sub> [m]	vp	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	10,60	0,32	0,32	0,000	0,000	0,98	2,200	0,076	7,651	100,309
2	5,00	16,44	0,73	0,88	0,000	0,000	0,96	2,200	0,090	7,651	85,098
3	10,00	18,45	1,18	1,83	0,000	0,000	0,91	2,200	0,109	7,651	70,117

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0.00  
Rischio di liquefazione                              Nulla

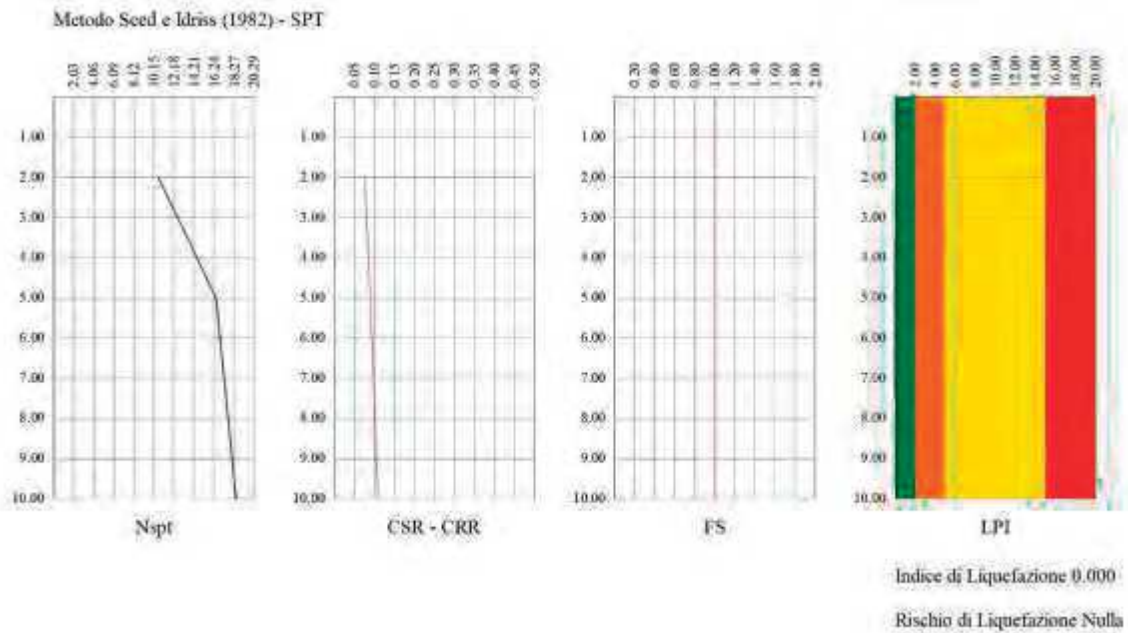


Fig. 8 -

**Metodo Idriss e Boulanger (2004) - SPT**

n°	z <sub>i</sub> [m]	v <sub>p</sub>	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	15,81	0,32	0,32	0,000	50,000	0,98	1,482	0,112	0,163	1,451
2	5,00	18,00	0,73	0,88	0,000	50,000	0,92	1,482	0,127	0,184	1,441
3	10,00	19,44	1,18	1,83	0,000	60,000	0,80	1,482	0,143	0,199	1,396

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0.00  
Rischio di liquefazione                              Nulla

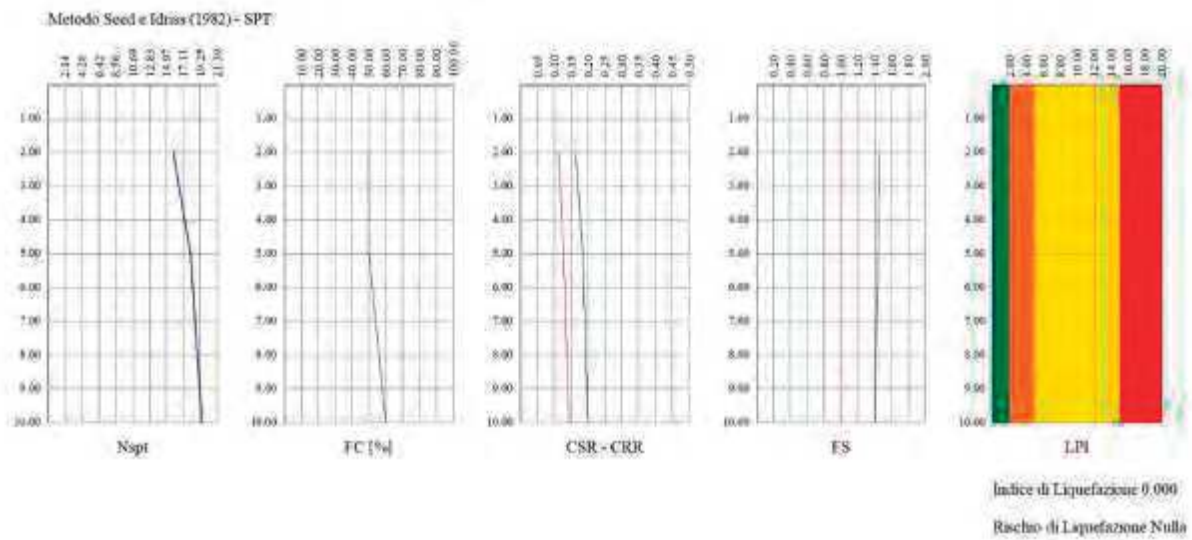


Fig. 9 -

**Metodo Idriss e Boulanger (2014) - SPT**

n°	z <sub>i</sub> [m]	v <sub>p</sub>	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	2,00	15,81	0,32	0,32	0,000	50,000	0,98	1,327	0,126	0,163	1,299
2	5,00	17,79	0,73	0,88	0,000	50,000	0,92	1,296	0,146	0,182	1,246
3	10,00	19,56	1,18	1,83	0,000	60,000	0,80	1,260	0,168	0,201	1,195

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0.01  
Rischio di liquefazione                              Bassa

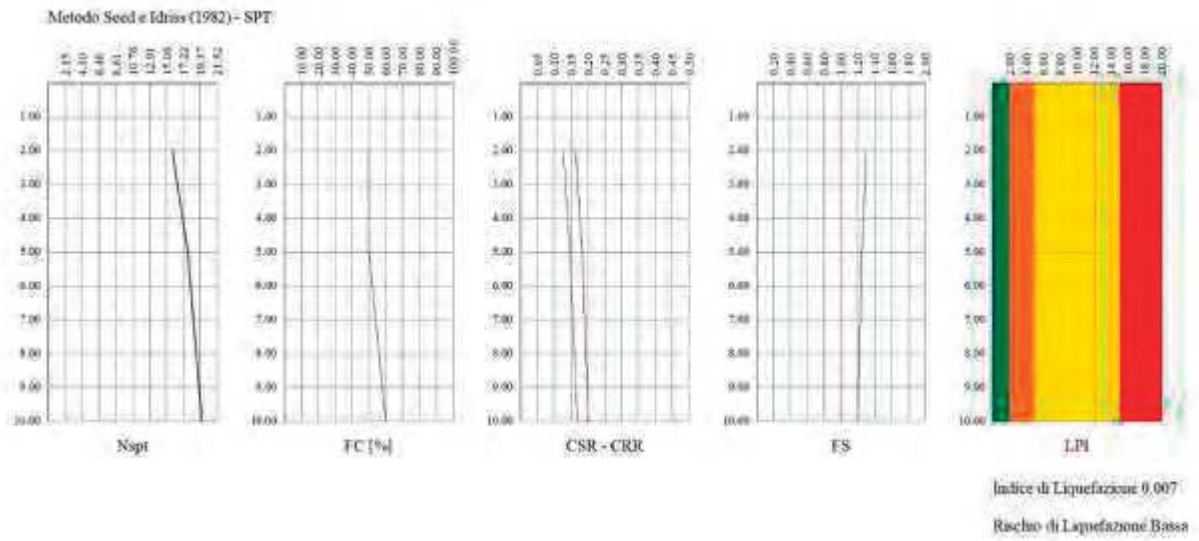


Fig. 10 -

**Metodo Andrus e Stokoe (2000) - SISMICA**

n°	z <sub>i</sub> [m]	v <sub>p</sub>	σ' <sub>v</sub> [kg/cmq]	σ <sub>v</sub> [kg/cmq]	I <sub>c</sub>	FC	r <sub>d</sub>	MSF	CSR	CRR	FS
1	4,00	179,23	0,64	0,69	0,000	0,000	0,97	1,480	0,120	0,191	1,590
2	15,00	215,22	1,63	2,78	0,000	0,000	0,77	1,480	0,152	100,000	100,000
3	30,00	415,04	3,00	5,65	0,000	0,000	0,50	1,480	0,109	100,000	100,000

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.)      0,00  
Rischio di liquefazione                              Nulla

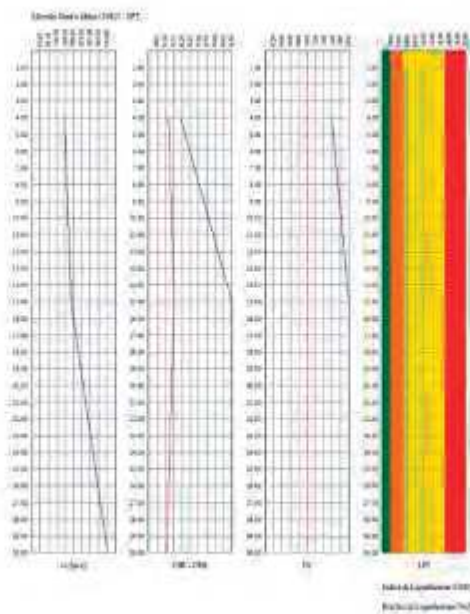


Fig. 11 -

## Dichiarazioni secondo N.T.C. 2018 (punto 10.2)

### Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue.

### Tipo di analisi svolta

L'analisi e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

Il problema della suscettibilità alla liquefazione dei terreni sabbiosi saturi durante l'evento sismico viene affrontato con i metodi semplificati.

L'approccio dei metodi semplificati si basa sulla definizione di un coefficiente di sicurezza dato come rapporto tra la resistenza a taglio mobilitata nello strato e lo sforzo tagliante indotto dall'evento sismico.

### Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo	LAN - Liquefazione terreni
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casali del Manco (CS)
Utente	GEOI. LA TESSA BALDASSARRE FRANCO
Licenza	AIU6015SI

### Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

### Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

### Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

### Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

Luogo e data

---

Il progettista

( )



## MODELLO GEOTECNICO CON DESCRIZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI

1° strato litotecnico = **Terreno vegetale**

H = fino a circa 1,00 m dal p.c.

2° strato litotecnico = **Alternanza sabbie e argille giallastre con decalcificazione, livelli e lenti ghiaiosi**

H = fino a circa 30 m dal p.c.

$\gamma_n = 18,0$  kN/mc (peso dell'unità di volume naturale);

$\gamma_{sat} = 19,0$  kN/mc (peso dell'unità di volume saturo);

$\varphi = 26^\circ$  (angolo di attrito);

$c = 0,04$  kg/cmq (coesione);

$\nu = 0,30$  (coeff. di Poisson)

$M = 85$  kg/cmq (modulo elastico)

$E = 100$  kg/cmq (modulo edometrico)

$K_w = 1,80$  kg/cmc (coefficiente di Winkler)

3° strato litotecnico = **Argilla marnosa grigio azzurra**

$\gamma_n = 19$  kN/mc (peso dell'unità di volume naturale);

$\gamma_{sat} = 20$  kN/mc (peso dell'unità di volume saturo);

$\varphi = 24^\circ$  (angolo di attrito efficace);

$c = 0,20$  kg/cmq (coesione efficace);

$\nu = 0,28$  (coeff. di Poisson)

$M = 120$  kg/cmq (modulo elastico)

$E = 140$  kg/cmq (modulo edometrico)

$K_w = 2,20$  kg/cmc (coefficiente di Winkler)

Si consiglia, ai fini del calcolo strutturale di asportare completamente il terreno vegetale sia perché è lo strato che più risente delle variazioni climatiche stagionali ma anche perché esso è caratterizzato da parametri geotecnici molto scadenti e di predisporre il piano delle fondazioni nel secondo strato litotecnico. Tenendo conto delle caratteristiche del terreno in questione e a vantaggio della sicurezza, la determinazione dei valori geomeccanici indicati è avvenuta con arrotondamento per difetto.

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## GENERALITA'

Committente:	M2 ENERGIA SRL	Data:	22-07-2022
Cantiere:	Loc. LA MOTTA	Prof.tà prova:	700 cm
Località:	Foggia	Prof.tà falda:	500 cm dal p.c.

## CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

### MODELLO

TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

## RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 0 a 10	4	25	16,04	1	da 350 a 360	14	13	47,01	4
da 10 a 20	4	17	16,04	1	da 360 a 370	13	12	43,66	4
da 20 a 30	4	14	16,04	1	da 370 a 380	13	12	43,66	4
da 30 a 40	4	12	16,04	1	da 380 a 390	13	12	43,66	4
da 40 a 50	4	11	16,04	1	da 390 a 400	13	12	41,42	5
da 50 a 60	4	10	16,04	1	da 400 a 410	14	13	44,60	5
da 60 a 70	4	9	16,04	1	da 410 a 420	13	11	41,42	5
da 70 a 80	5	11	20,04	1	da 420 a 430	14	12	44,60	5
da 80 a 90	5	10	20,04	1	da 430 a 440	14	12	44,60	5
da 90 a 100	5	9	18,83	2	da 440 a 450	14	12	44,60	5
da 100 a 110	10	18	37,66	2	da 450 a 460	13	11	41,42	5
da 110 a 120	11	19	41,42	2	da 460 a 470	14	12	44,60	5
da 120 a 130	11	18	41,42	2	da 470 a 480	14	12	44,60	5
da 130 a 140	12	19	45,19	2	da 480 a 490	15	12	47,79	5
da 140 a 150	12	18	45,19	2	da 490 a 500	17	14	51,52	6
da 150 a 160	11	16	41,42	2	da 500 a 510	20	16	60,61	6
da 160 a 170	12	17	45,19	2	da 510 a 520	20	16	60,61	6
da 170 a 180	12	17	45,19	2	da 520 a 530	22	17	66,67	6
da 180 a 190	11	15	41,42	2	da 530 a 540	22	17	66,67	6
da 190 a 200	12	16	42,60	3	da 540 a 550	25	20	75,76	6
da 200 a 210	12	15	42,60	3	da 550 a 560	24	19	72,73	6
da 210 a 220	12	15	42,60	3	da 560 a 570	25	19	75,76	6
da 220 a 230	12	15	42,60	3	da 570 a 580	25	19	75,76	6
da 230 a 240	12	14	42,60	3	da 580 a 590	23	17	69,70	6
da 240 a 250	11	13	39,05	3	da 590 a 600	24	18	69,34	7
da 250 a 260	12	14	42,60	3	da 600 a 610	24	18	69,34	7
da 260 a 270	11	12	39,05	3	da 610 a 620	24	18	69,34	7
da 270 a 280	12	13	42,60	3	da 620 a 630	24	17	69,34	7
da 280 a 290	12	13	42,60	3	da 630 a 640	25	18	72,23	7
da 290 a 300	12	13	40,30	4	da 640 a 650	25	18	72,23	7
da 300 a 310	13	14	43,66	4	da 650 a 660	25	18	72,23	7
da 310 a 320	13	13	43,66	4	da 660 a 670	25	18	72,23	7
da 320 a 330	13	13	43,66	4	da 670 a 680	24	17	69,34	7
da 330 a 340	12	12	40,30	4	da 680 a 690	25	17	72,23	7
da 340 a 350	13	13	43,66	4	da 690 a 700	28	19	77,30	8

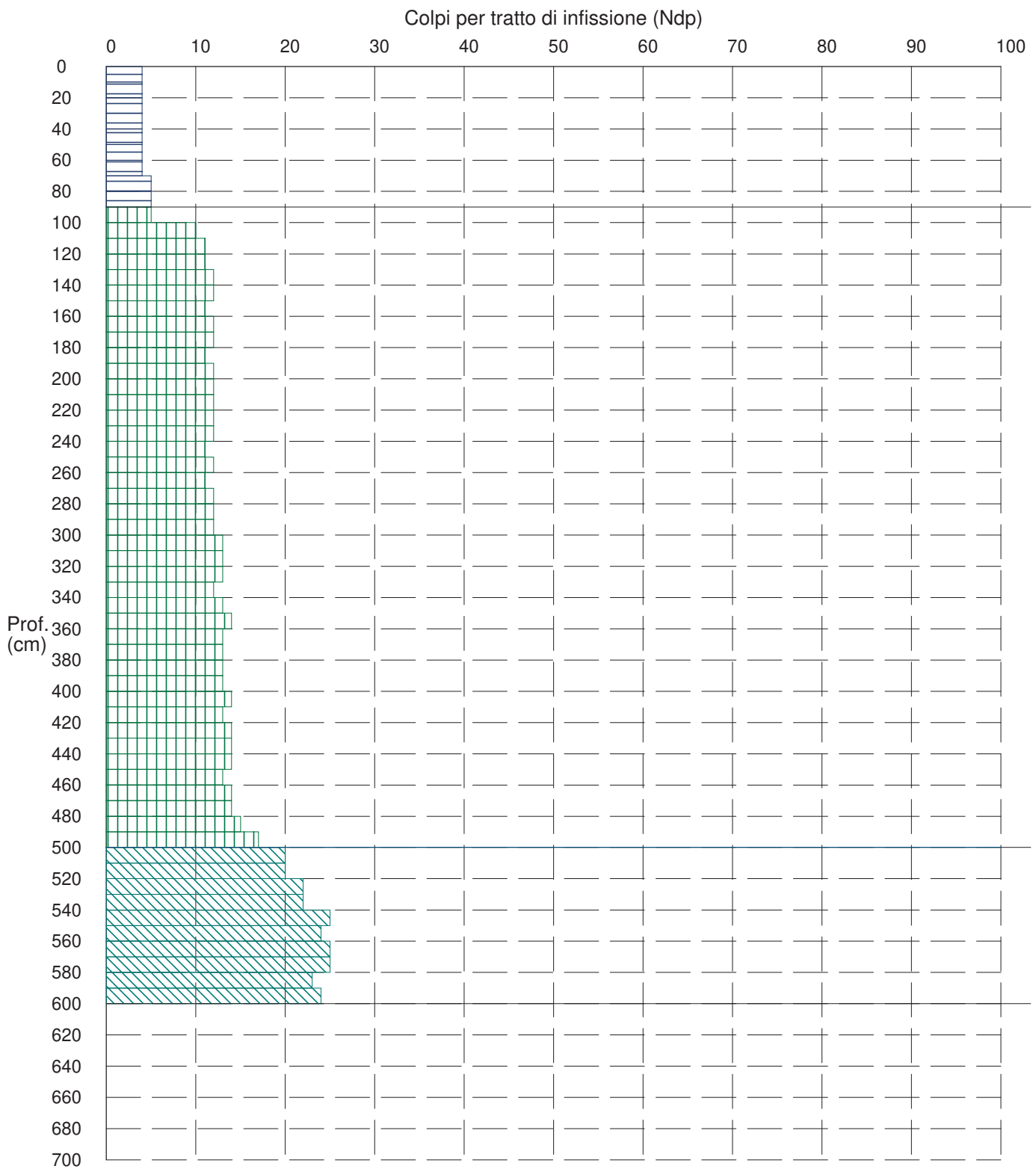
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



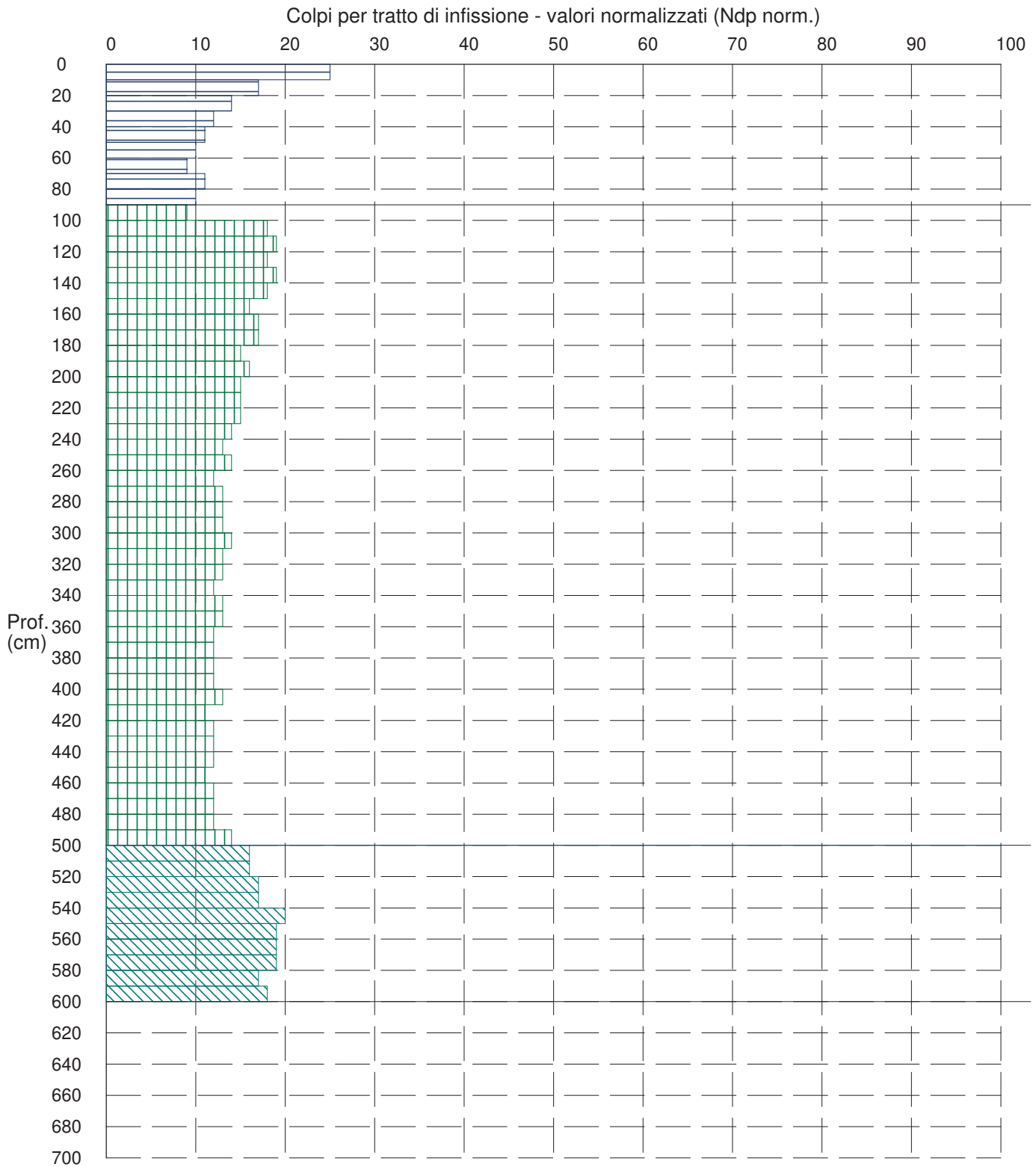
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



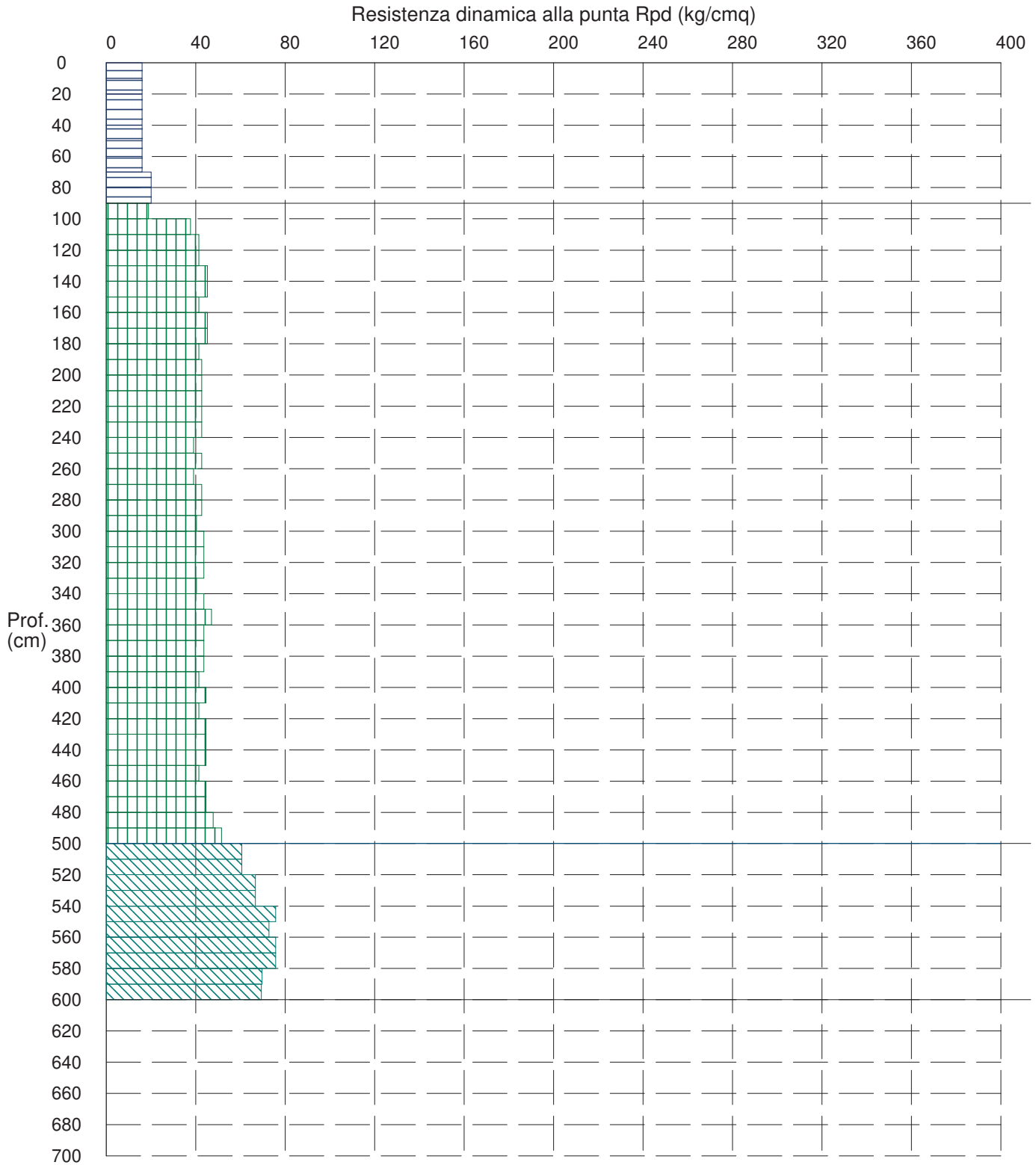
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
Cantiere: Loc. LA MOTTA  
Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
Prof.tà prova: 700 cm  
Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



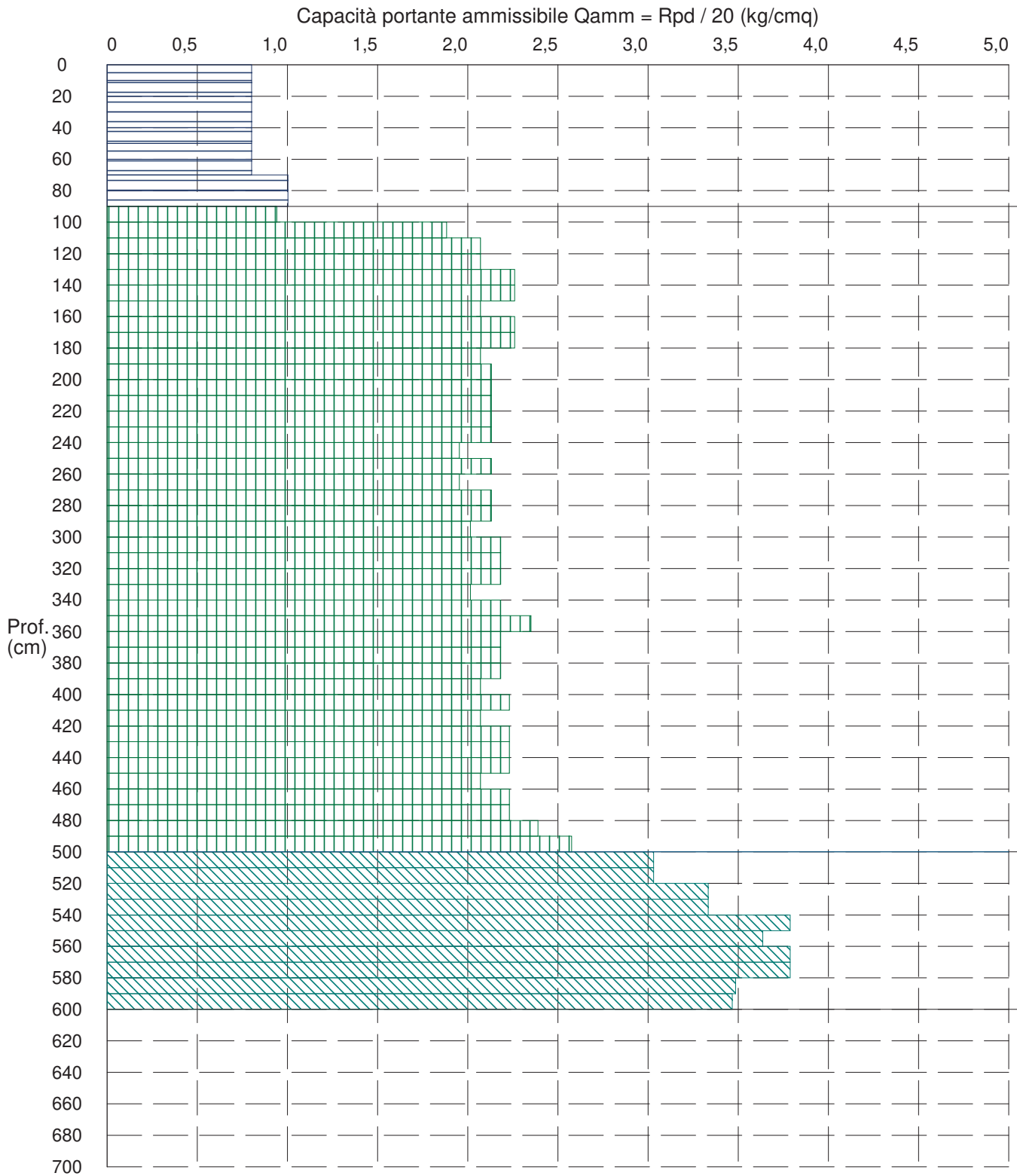
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,90	Ndp	-----	-----	-----	-----
		Rpd (kg/cmq)	-----	-----	-----	
2	da 0,90 a 5,00	Ndp	5	17	12,4	11,0
		Rpd (kg/cmq)	18,8	51,5	42,6	
3	da 5,00 a 6,00	Ndp	20	25	23,0	14,1
		Rpd (kg/cmq)	60,6	75,8	69,4	

**PARAMETRI GEOTECNICI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>0,90</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>2</b>	<b>5,00</b>	69,3	26,4	1,56	76,9	51,4	3436	155,5	-----	-----	-----	-----	-----
<b>3</b>	<b>6,00</b>	70,4	25,6	1,66	88,0	61,5	4005	167,3	-----	-----	-----	-----	-----

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 1**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,90	Ndp	-----	-----	-----	-----
		Rpd (kg/cmq)	-----	-----	-----	
2	da 0,90 a 5,00	Ndp	9,875262243557385794522464,3	18,8	51,5	14,3
		Rpd (kg/cmq)	18,8	51,5	42,6	
3	da 5,00 a 6,00	Ndp	16,513455620702871944573818,3	60,6	75,8	18,3
		Rpd (kg/cmq)	60,6	75,8	69,4	

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>0,90</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>2</b>	<b>5,00</b>	74,9	26,1	1,67	90,2	63,5	4113	165,5	-----	-----	-----	-----	-----
<b>3</b>	<b>6,00</b>	63,3	25,2	1,58	78,4	52,8	3515	161,3	-----	-----	-----	-----	-----



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

### GENERALITA'

Committente:	M2 ENERGIA SRL	Data:	22-07-2022
Cantiere:	Loc. LA MOTTA	Prof.tà prova:	700 cm
Località:	Foggia	Prof.tà falda:	500 cm dal p.c.

### CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

#### MODELLO

TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFSSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

### RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

### LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

#### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

$\gamma$  = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

#### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

$\gamma$  = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 0 a 10	4	25	16,04	1	da 350 a 360	14	13	47,01	4
da 10 a 20	4	17	16,04	1	da 360 a 370	13	12	43,66	4
da 20 a 30	4	14	16,04	1	da 370 a 380	13	12	43,66	4
da 30 a 40	4	12	16,04	1	da 380 a 390	13	12	43,66	4
da 40 a 50	4	11	16,04	1	da 390 a 400	13	12	41,42	5
da 50 a 60	4	10	16,04	1	da 400 a 410	14	13	44,60	5
da 60 a 70	4	9	16,04	1	da 410 a 420	14	12	44,60	5
da 70 a 80	5	11	20,04	1	da 420 a 430	14	12	44,60	5
da 80 a 90	10	20	40,09	1	da 430 a 440	14	12	44,60	5
da 90 a 100	10	19	37,66	2	da 440 a 450	14	12	44,60	5
da 100 a 110	10	18	37,66	2	da 450 a 460	13	11	41,42	5
da 110 a 120	11	19	41,42	2	da 460 a 470	14	12	44,60	5
da 120 a 130	11	18	41,42	2	da 470 a 480	14	12	44,60	5
da 130 a 140	12	19	45,19	2	da 480 a 490	15	12	47,79	5
da 140 a 150	11	17	41,42	2	da 490 a 500	18	15	54,55	6
da 150 a 160	11	16	41,42	2	da 500 a 510	20	16	60,61	6
da 160 a 170	12	17	45,19	2	da 510 a 520	22	18	66,67	6
da 170 a 180	12	17	45,19	2	da 520 a 530	22	17	66,67	6
da 180 a 190	12	16	45,19	2	da 530 a 540	22	17	66,67	6
da 190 a 200	12	16	42,60	3	da 540 a 550	25	20	75,76	6
da 200 a 210	12	15	42,60	3	da 550 a 560	24	19	72,73	6
da 210 a 220	12	15	42,60	3	da 560 a 570	25	19	75,76	6
da 220 a 230	12	15	42,60	3	da 570 a 580	25	19	75,76	6
da 230 a 240	12	14	42,60	3	da 580 a 590	24	18	72,73	6
da 240 a 250	12	14	42,60	3	da 590 a 600	24	18	69,34	7
da 250 a 260	12	14	42,60	3	da 600 a 610	24	18	69,34	7
da 260 a 270	12	13	42,60	3	da 610 a 620	24	18	69,34	7
da 270 a 280	12	13	42,60	3	da 620 a 630	24	17	69,34	7
da 280 a 290	12	13	42,60	3	da 630 a 640	25	18	72,23	7
da 290 a 300	12	13	40,30	4	da 640 a 650	25	18	72,23	7
da 300 a 310	13	14	43,66	4	da 650 a 660	25	18	72,23	7
da 310 a 320	13	13	43,66	4	da 660 a 670	25	18	72,23	7
da 320 a 330	13	13	43,66	4	da 670 a 680	25	17	72,23	7
da 330 a 340	13	13	43,66	4	da 680 a 690	25	17	72,23	7
da 340 a 350	13	13	43,66	4	da 690 a 700	30	21	82,82	8

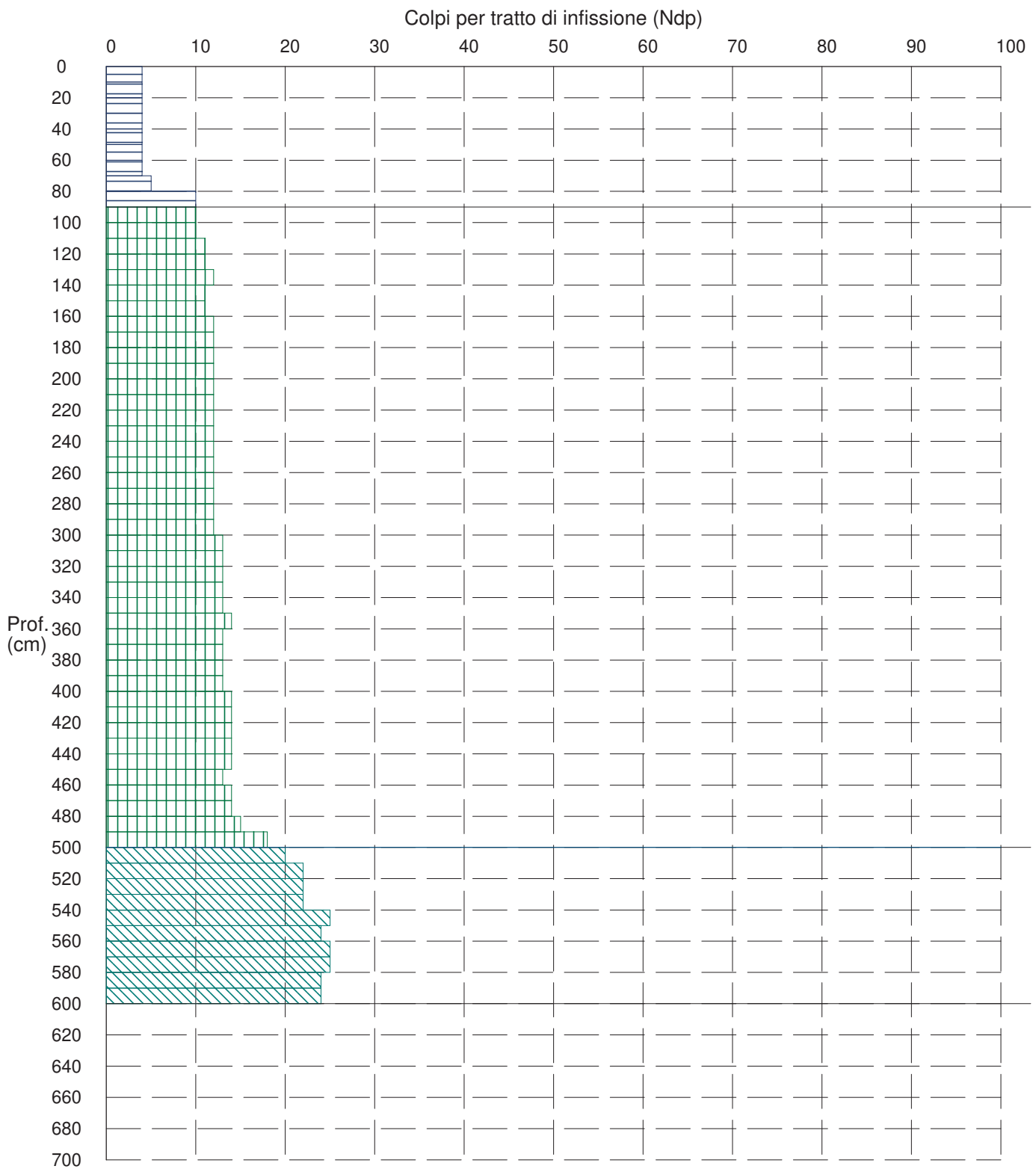
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



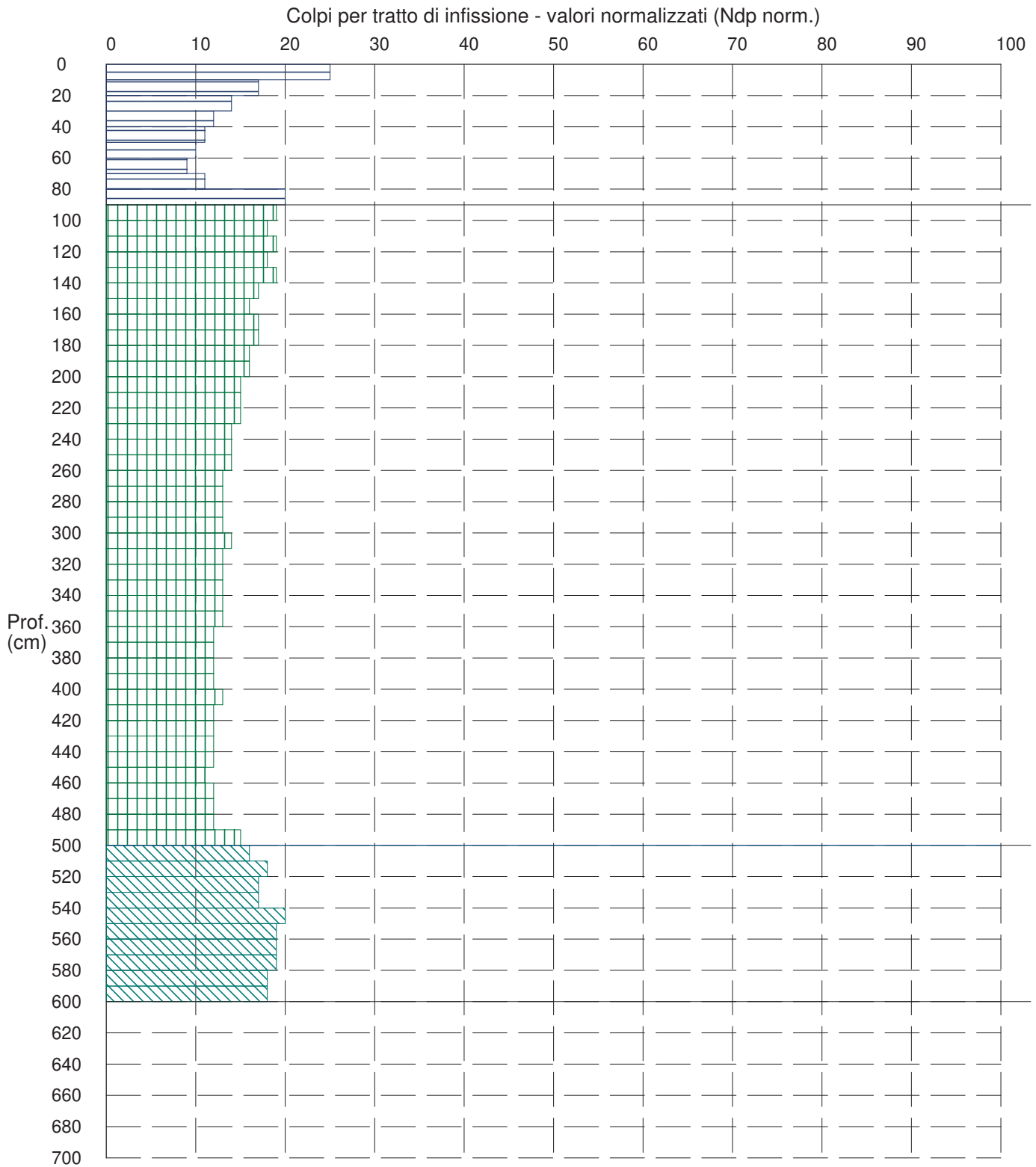
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 2

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



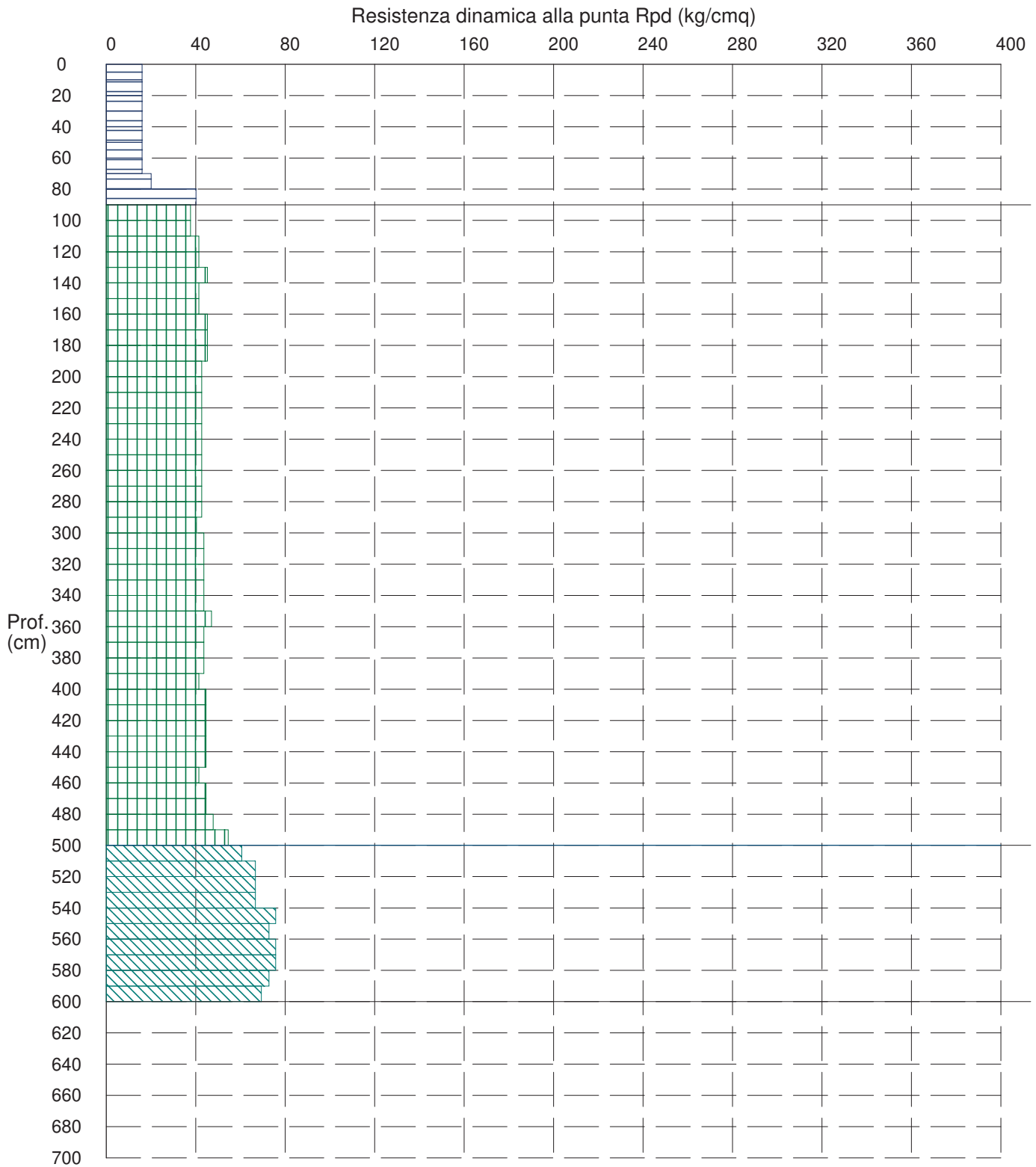
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



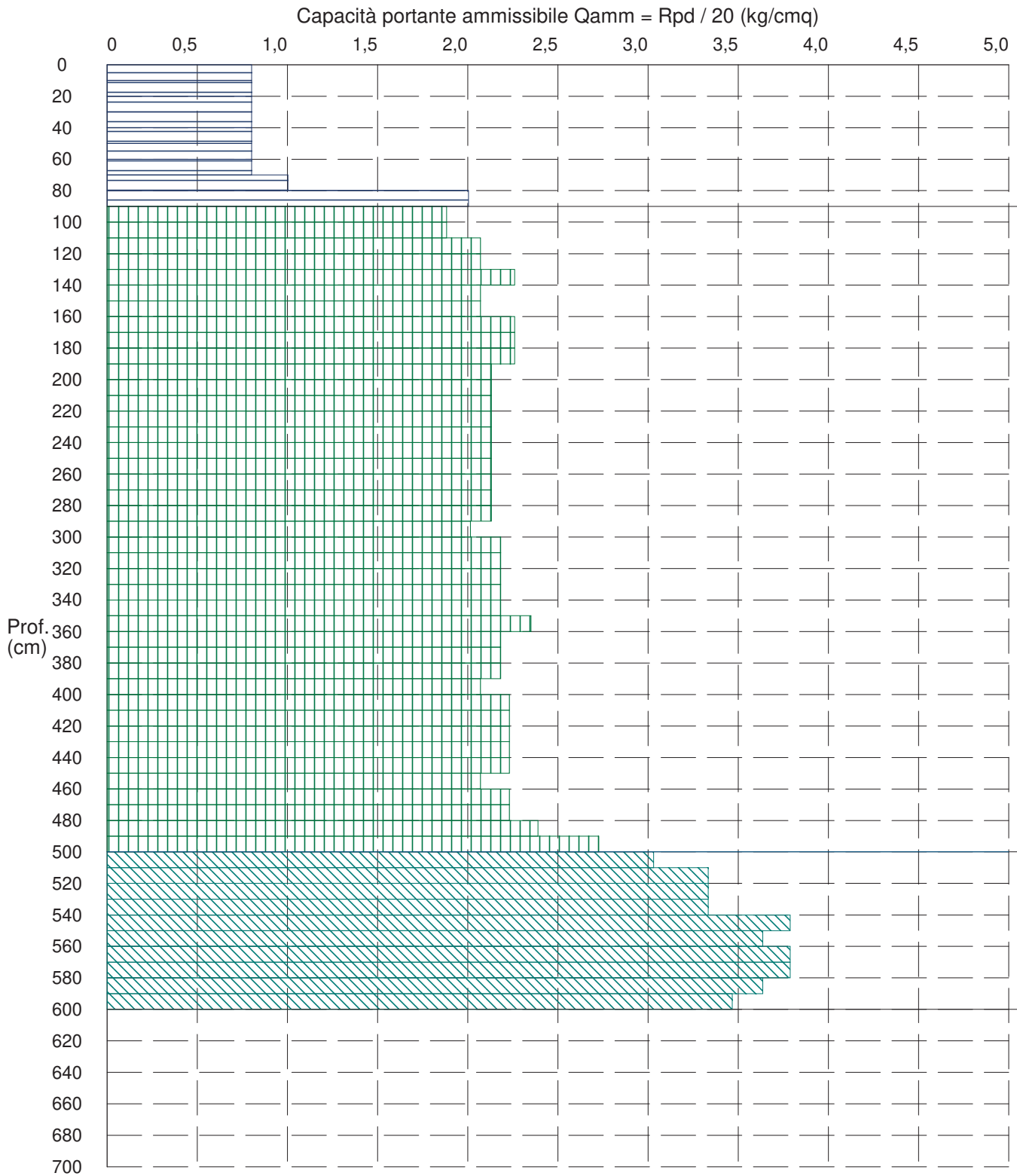
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,90	Ndp	-----	-----	-----	-----
		Rpd (kg/cmq)	-----	-----	-----	
2	da 0,90 a 5,00	Ndp	10	18	12,7	11,0
		Rpd (kg/cmq)	37,7	54,5	43,5	
3	da 5,00 a 6,00	Ndp	20	25	23,3	14,1
		Rpd (kg/cmq)	60,6	75,8	70,3	

**PARAMETRI GEOTECNICI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>0,90</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>2</b>	<b>5,00</b>	69,3	26,4	1,56	76,9	51,4	3436	155,5	-----	-----	-----	-----	-----
<b>3</b>	<b>6,00</b>	70,4	25,6	1,66	88,0	61,5	4005	167,3	-----	-----	-----	-----	-----



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°2**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 700 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,90	Ndp	-----	-----	-----	-----
		Rpd (kg/cmq)	-----	-----	-----	
2	da 0,90 a 5,00	Ndp	11,444481823	11,555244931	11,464,7	14,7
		Rpd (kg/cmq)	37,7	54,5	43,5	
3	da 5,00 a 6,00	Ndp	16,686248420	17,902919445	17,3818,6	18,6
		Rpd (kg/cmq)	60,6	75,8	70,3	

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>0,90</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>2</b>	<b>5,00</b>	74,9	26,1	1,67	90,2	63,5	4113	165,5	-----	-----	-----	-----	-----
<b>3</b>	<b>6,00</b>	63,3	25,2	1,58	78,4	52,8	3515	161,3	-----	-----	-----	-----	-----

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova:  
 Prof.tà falda:

### CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

#### MODELLO

TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFSSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

### RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

### LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

#### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

#### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3****Tabella valori di resistenza****GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 0 a 10	4	25	16,04	1	da 300 a 310	12	12	40,30	4
da 10 a 20	4	17	16,04	1	da 310 a 320	13	13	43,66	4
da 20 a 30	4	14	16,04	1	da 320 a 330	13	13	43,66	4
da 30 a 40	4	12	16,04	1	da 330 a 340	13	13	43,66	4
da 40 a 50	4	11	16,04	1	da 340 a 350	13	13	43,66	4
da 50 a 60	4	10	16,04	1	da 350 a 360	13	13	43,66	4
da 60 a 70	5	11	20,04	1	da 360 a 370	13	12	43,66	4
da 70 a 80	5	11	20,04	1	da 370 a 380	13	12	43,66	4
da 80 a 90	5	10	20,04	1	da 380 a 390	13	12	43,66	4
da 90 a 100	5	9	18,83	2	da 390 a 400	13	12	41,42	5
da 100 a 110	11	20	41,42	2	da 400 a 410	14	13	44,60	5
da 110 a 120	12	21	45,19	2	da 410 a 420	15	13	47,79	5
da 120 a 130	12	20	45,19	2	da 420 a 430	14	12	44,60	5
da 130 a 140	12	19	45,19	2	da 430 a 440	15	13	47,79	5
da 140 a 150	12	19	45,19	2	da 440 a 450	15	13	47,79	5
da 150 a 160	12	18	45,19	2	da 450 a 460	15	13	47,79	5
da 160 a 170	12	17	45,19	2	da 460 a 470	15	13	47,79	5
da 170 a 180	13	18	48,95	2	da 470 a 480	15	12	47,79	5
da 180 a 190	12	16	45,19	2	da 480 a 490	15	12	47,79	5
da 190 a 200	12	16	42,60	3	da 490 a 500	15	12	45,45	6
da 200 a 210	12	15	42,60	3	da 500 a 510	15	12	45,45	6
da 210 a 220	13	16	46,15	3	da 510 a 520	15	12	45,45	6
da 220 a 230	12	15	42,60	3	da 520 a 530	15	12	45,45	6
da 230 a 240	13	16	46,15	3	da 530 a 540	15	12	45,45	6
da 240 a 250	12	14	42,60	3	da 540 a 550	15	12	45,45	6
da 250 a 260	12	14	42,60	3	da 550 a 560	15	11	45,45	6
da 260 a 270	12	13	42,60	3	da 560 a 570	18	14	54,55	6
da 270 a 280	12	13	42,60	3	da 570 a 580	28	21	84,85	6
da 280 a 290	12	13	42,60	3	da 580 a 590	55	42	166,67	6
da 290 a 300	12	13	40,30	4	da 590 a 600	100	76	288,92	7

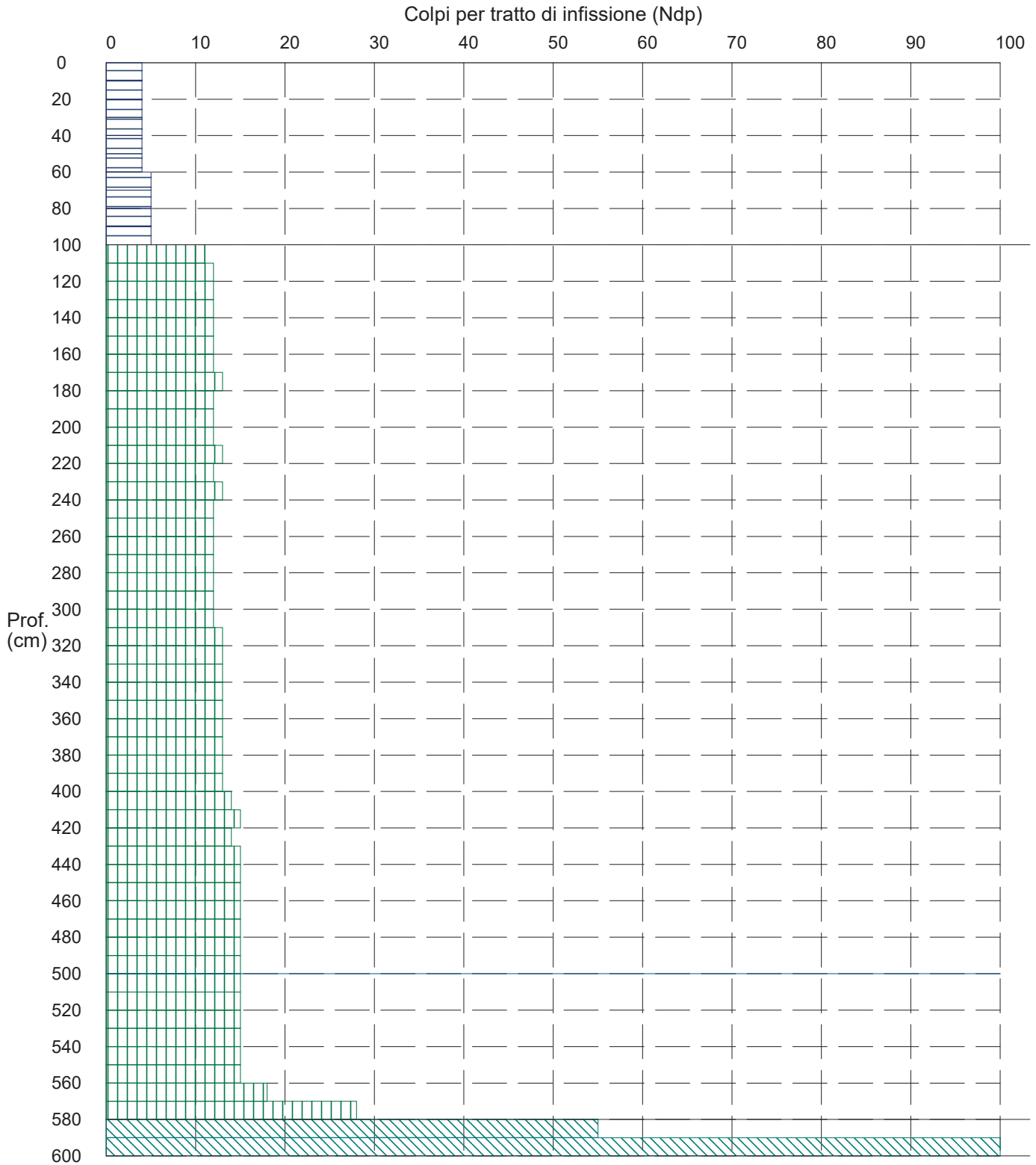
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
Cantiere: Loc. LA MOTTA  
Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
Prof.tà prova: 600 cm  
Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.



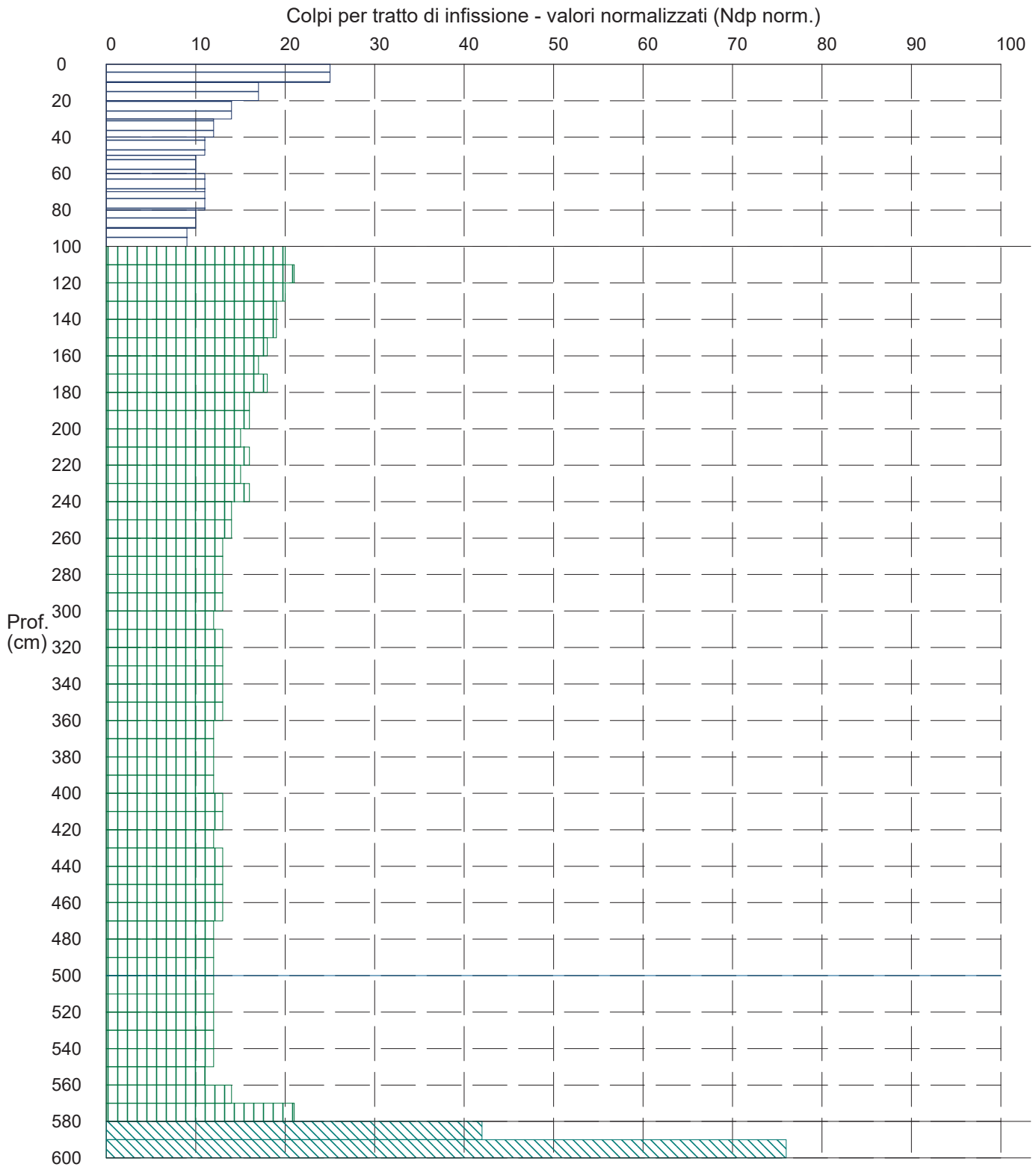
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.



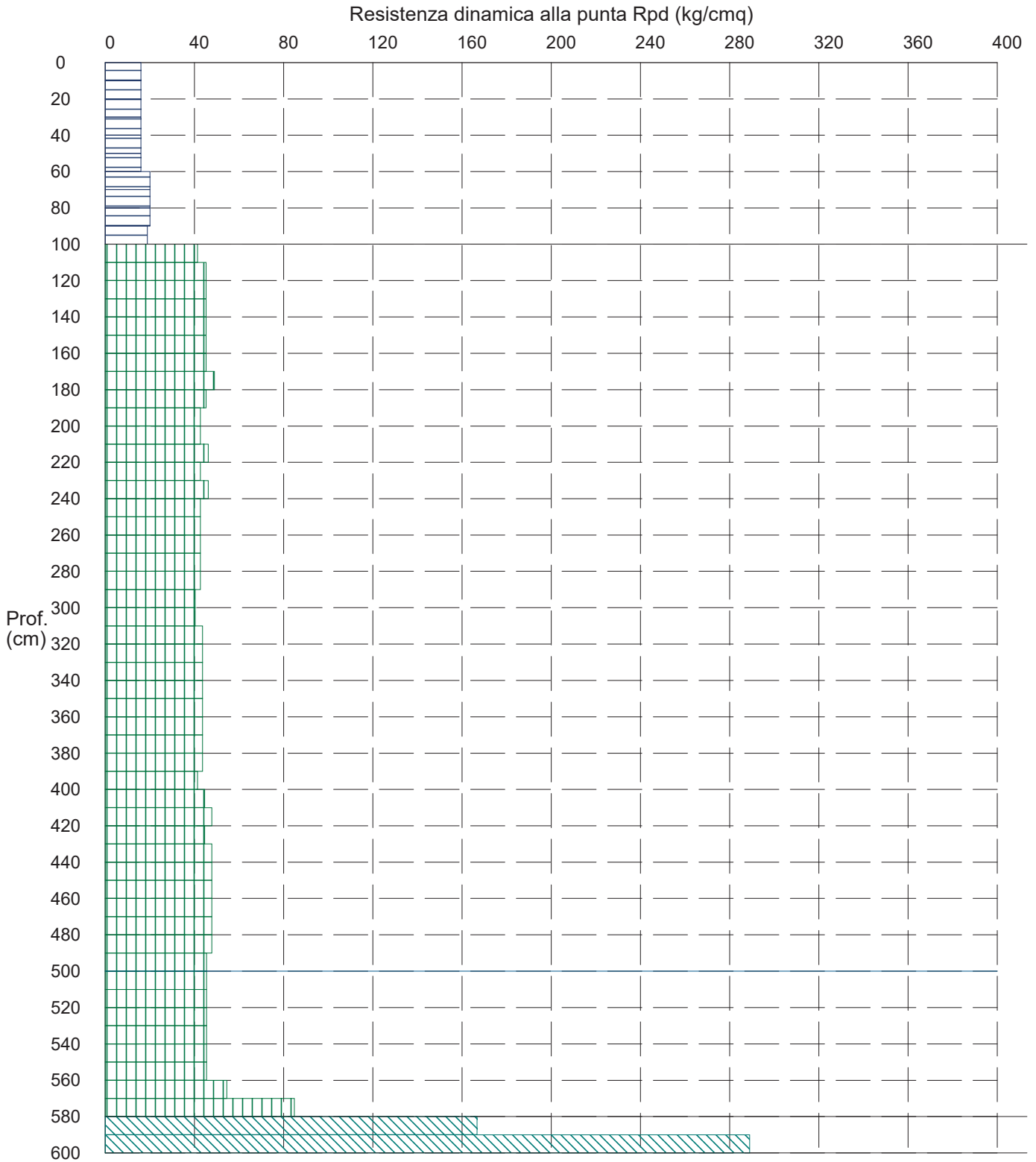
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
Cantiere: Loc. LA MOTTA  
Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
Prof.tà prova:  
Prof.tà falda:



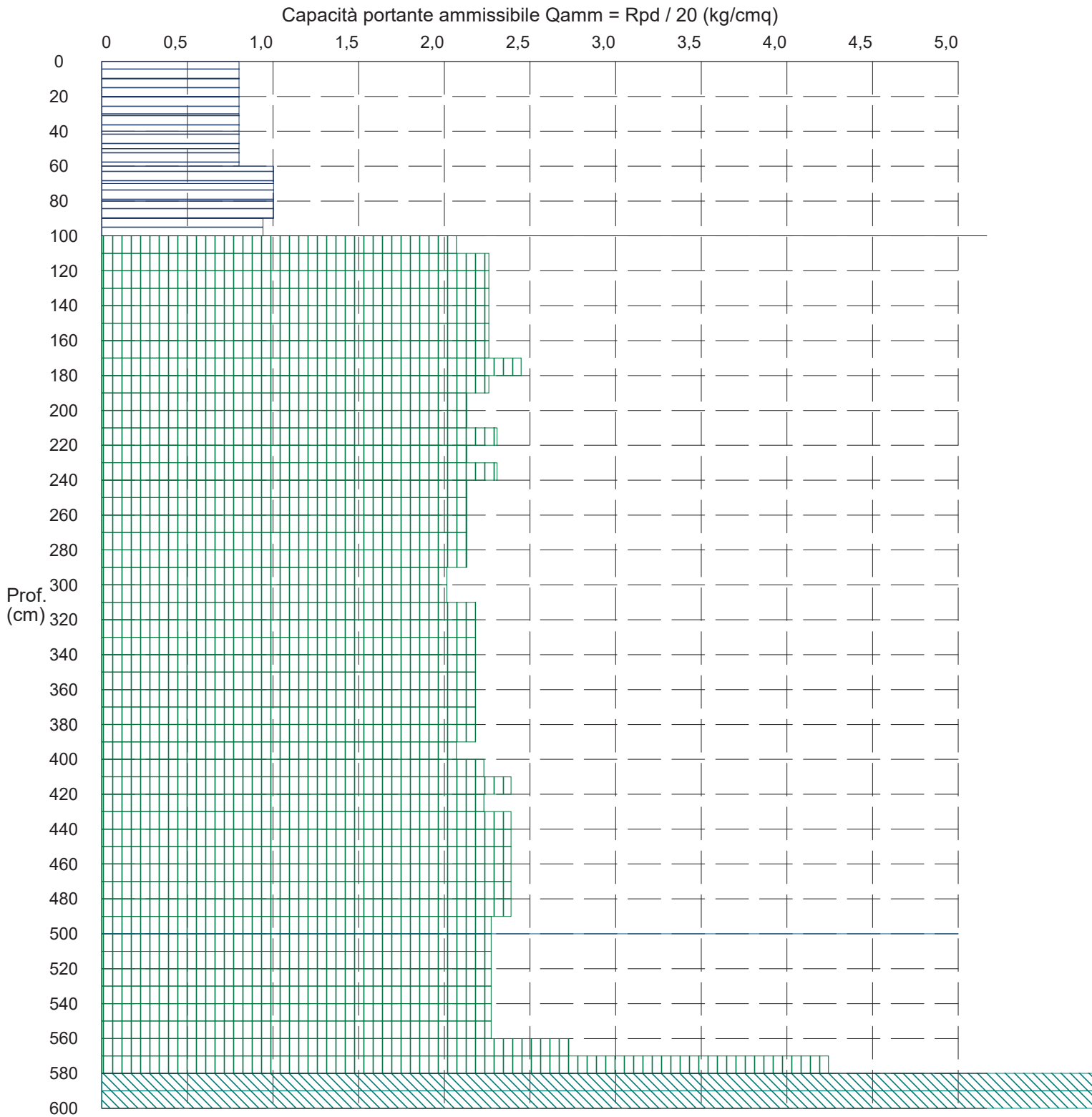
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 3

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.





**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°3**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,00	Ndp	-----	-----	-----	-----
		Rpd (kg/cmq)	-----	-----	-----	
2	da 1,00 a 5,80	Ndp	11	28	13,6	11,0
		Rpd (kg/cmq)	40,3	84,8	45,7	
3	da 5,80 a 6,00	Ndp	55	100	77,5	14,1
		Rpd (kg/cmq)	166,7	288,9	227,8	

**PARAMETRI GEOTECNICI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>1,00</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>2</b>	<b>5,80</b>	69,3	26,4	1,56	76,9	51,4	3436	155,5	-----	-----	-----	-----	-----
<b>3</b>	<b>6,00</b>	70,4	25,6	1,66	88,0	61,5	4005	167,3	-----	-----	-----	-----	-----

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°3**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 600 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,00	Ndp	-----	-----	-----	-----
		Rpd (kg/cmq)	-----	-----	-----	
2	da 1,00 a 5,80	Ndp	11,93839762438966843992464,8			14,8
		Rpd (kg/cmq)	40,3	84,8	45,7	
3	da 5,80 a 6,00	Ndp	42,500936670982293006446799,5			59,5
		Rpd (kg/cmq)	166,7	288,9	227,8	

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>1,00</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>2</b>	<b>5,80</b>	74,9	26,1	1,67	90,2	63,5	4113	165,5	-----	-----	-----	-----	-----
<b>3</b>	<b>6,00</b>	63,3	25,2	1,58	78,4	52,8	3515	161,3	-----	-----	-----	-----	-----

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

## GENERALITA'

Committente:	M2 ENERGIA SRL	Data:	22-07-2022
Cantiere:	Loc. LA MOTTA	Prof.tà prova:	1000 cm
Località:	Foggia	Prof.tà falda:	400 cm dal p.c.

## CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

### MODELLO

TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFSSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

## RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4****Tabella valori di resistenza (pagina 1 di 2)****GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 0 a 10	4	25	16,04	1	da 400 a 410	12	11	38,23	5
da 10 a 20	4	17	16,04	1	da 410 a 420	12	11	38,23	5
da 20 a 30	4	14	16,04	1	da 420 a 430	14	12	44,60	5
da 30 a 40	4	12	16,04	1	da 430 a 440	14	12	44,60	5
da 40 a 50	4	11	16,04	1	da 440 a 450	14	12	44,60	5
da 50 a 60	4	10	16,04	1	da 450 a 460	14	12	44,60	5
da 60 a 70	4	9	16,04	1	da 460 a 470	14	12	44,60	5
da 70 a 80	4	8	16,04	1	da 470 a 480	14	12	44,60	5
da 80 a 90	4	8	16,04	1	da 480 a 490	15	12	47,79	5
da 90 a 100	7	13	26,36	2	da 490 a 500	14	11	42,42	6
da 100 a 110	11	20	41,42	2	da 500 a 510	14	11	42,42	6
da 110 a 120	10	18	37,66	2	da 510 a 520	14	11	42,42	6
da 120 a 130	10	17	37,66	2	da 520 a 530	14	11	42,42	6
da 130 a 140	10	16	37,66	2	da 530 a 540	14	11	42,42	6
da 140 a 150	10	15	37,66	2	da 540 a 550	14	11	42,42	6
da 150 a 160	10	15	37,66	2	da 550 a 560	14	11	42,42	6
da 160 a 170	10	14	37,66	2	da 560 a 570	14	11	42,42	6
da 170 a 180	11	15	41,42	2	da 570 a 580	14	10	42,42	6
da 180 a 190	11	15	41,42	2	da 580 a 590	14	10	42,42	6
da 190 a 200	12	16	42,60	3	da 590 a 600	14	10	40,45	7
da 200 a 210	11	14	39,05	3	da 600 a 610	14	10	40,45	7
da 210 a 220	10	13	35,50	3	da 610 a 620	15	11	43,34	7
da 220 a 230	10	12	35,50	3	da 620 a 630	14	10	40,45	7
da 230 a 240	10	12	35,50	3	da 630 a 640	14	10	40,45	7
da 240 a 250	11	13	39,05	3	da 640 a 650	15	11	43,34	7
da 250 a 260	11	13	39,05	3	da 650 a 660	15	10	43,34	7
da 260 a 270	11	12	39,05	3	da 660 a 670	15	10	43,34	7
da 270 a 280	11	12	39,05	3	da 670 a 680	15	10	43,34	7
da 280 a 290	11	12	39,05	3	da 680 a 690	15	10	43,34	7
da 290 a 300	11	12	36,94	4	da 690 a 700	15	10	41,41	8
da 300 a 310	11	11	36,94	4	da 700 a 710	15	10	41,41	8
da 310 a 320	11	11	36,94	4	da 710 a 720	15	10	41,41	8
da 320 a 330	12	12	40,30	4	da 720 a 730	15	10	41,41	8
da 330 a 340	12	12	40,30	4	da 730 a 740	15	10	41,41	8
da 340 a 350	12	12	40,30	4	da 740 a 750	15	10	41,41	8
da 350 a 360	12	12	40,30	4	da 750 a 760	15	10	41,41	8
da 360 a 370	12	11	40,30	4	da 760 a 770	15	10	41,41	8
da 370 a 380	12	11	40,30	4	da 770 a 780	15	10	41,41	8
da 380 a 390	12	11	40,30	4	da 780 a 790	15	10	41,41	8
da 390 a 400	12	11	38,23	5	da 790 a 800	14	9	37,00	9

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

## Tabella valori di resistenza (pagina 2 di 2)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 800 a 810	14	9	37,00	9	da 900 a 910	17	10	43,10	10
da 810 a 820	14	9	37,00	9	da 910 a 920	17	10	43,10	10
da 820 a 830	14	9	37,00	9	da 920 a 930	17	10	43,10	10
da 830 a 840	14	9	37,00	9	da 930 a 940	17	10	43,10	10
da 840 a 850	14	9	37,00	9	da 940 a 950	17	10	43,10	10
da 850 a 860	14	8	37,00	9	da 950 a 960	18	10	45,63	10
da 860 a 870	14	8	37,00	9	da 960 a 970	18	10	45,63	10
da 870 a 880	14	8	37,00	9	da 970 a 980	18	10	45,63	10
da 880 a 890	14	8	37,00	9	da 980 a 990	18	10	45,63	10
da 890 a 900	14	8	35,49	10	da 990 a 1000	18	10	43,84	11

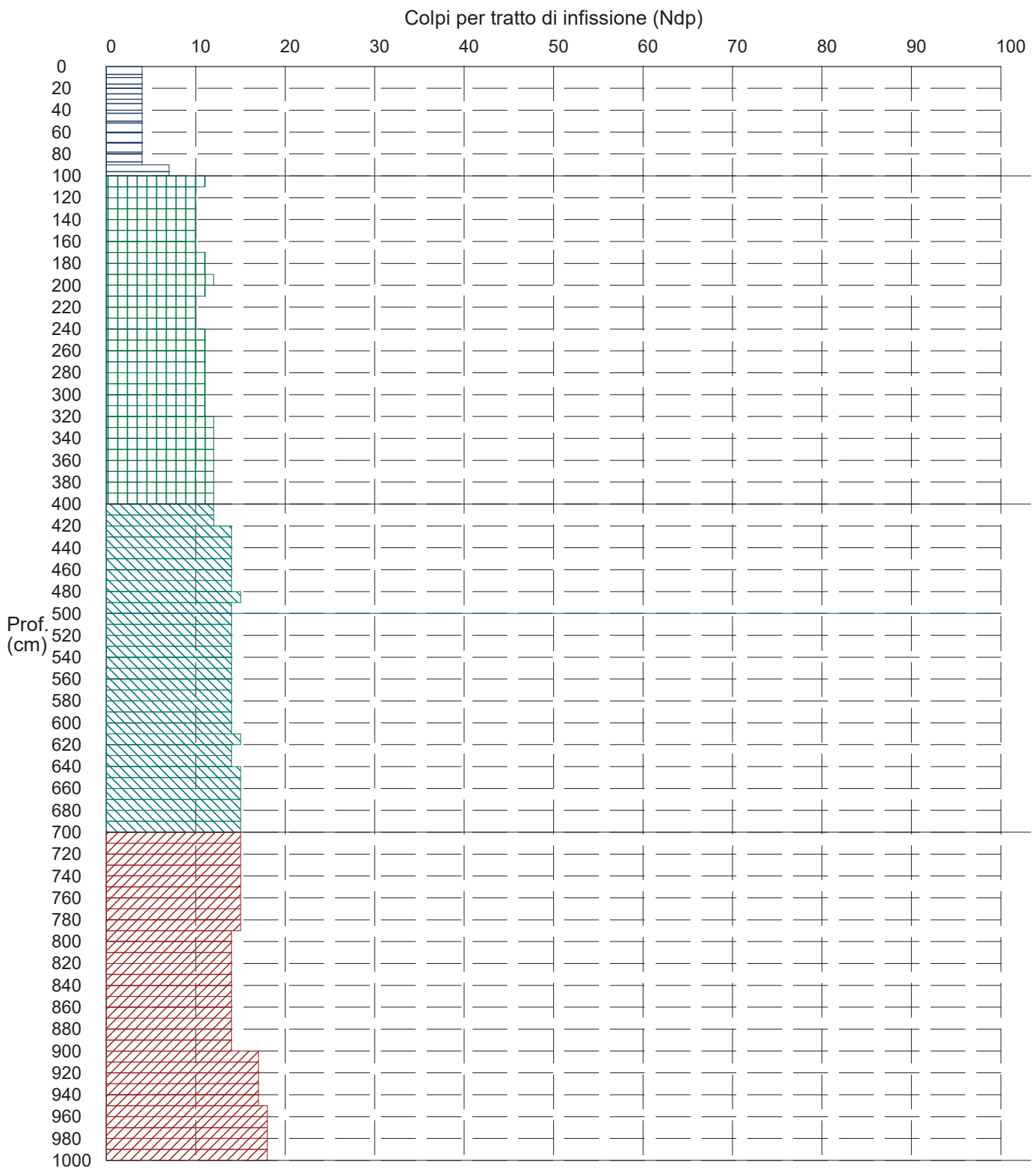
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.



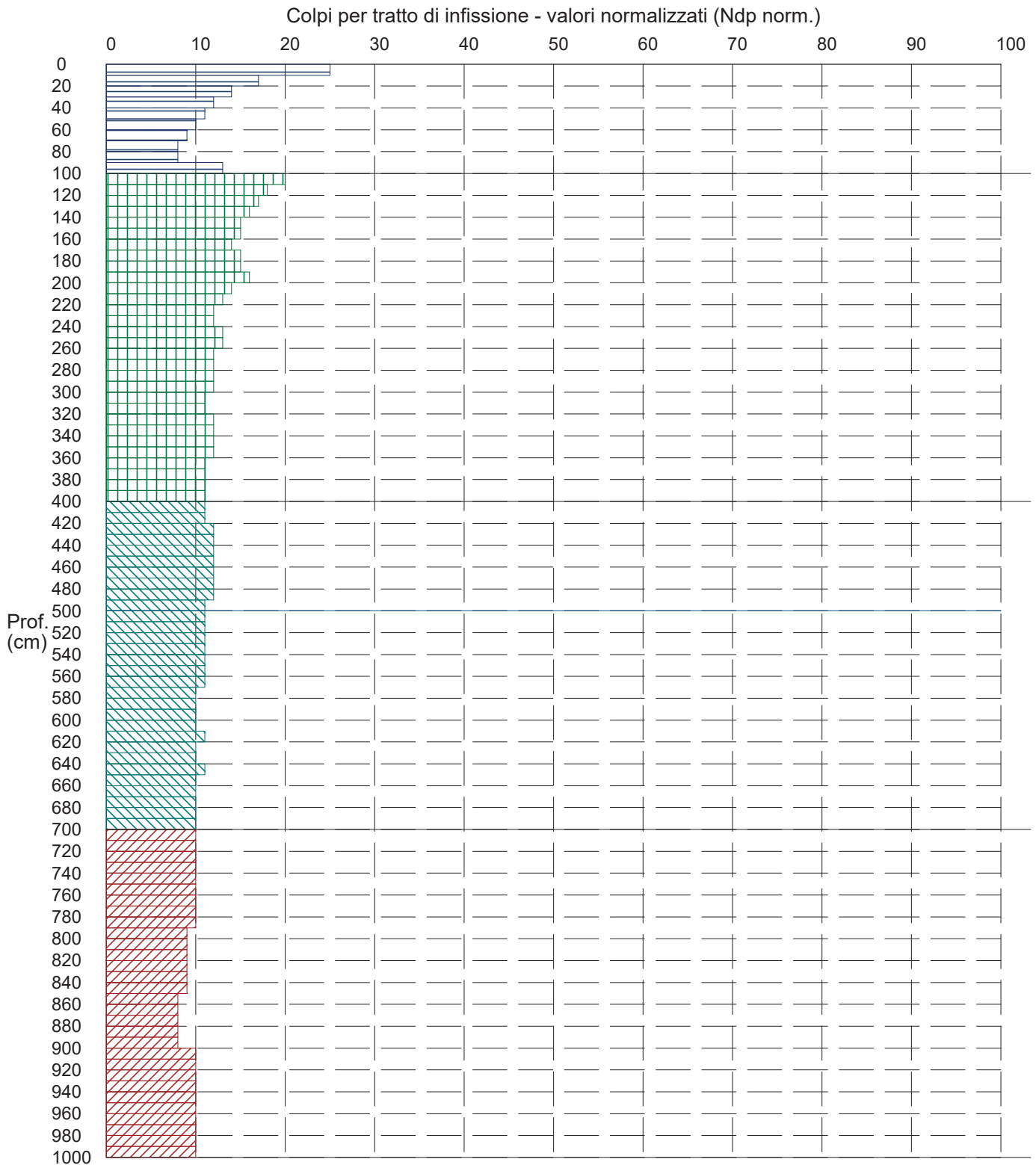
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.



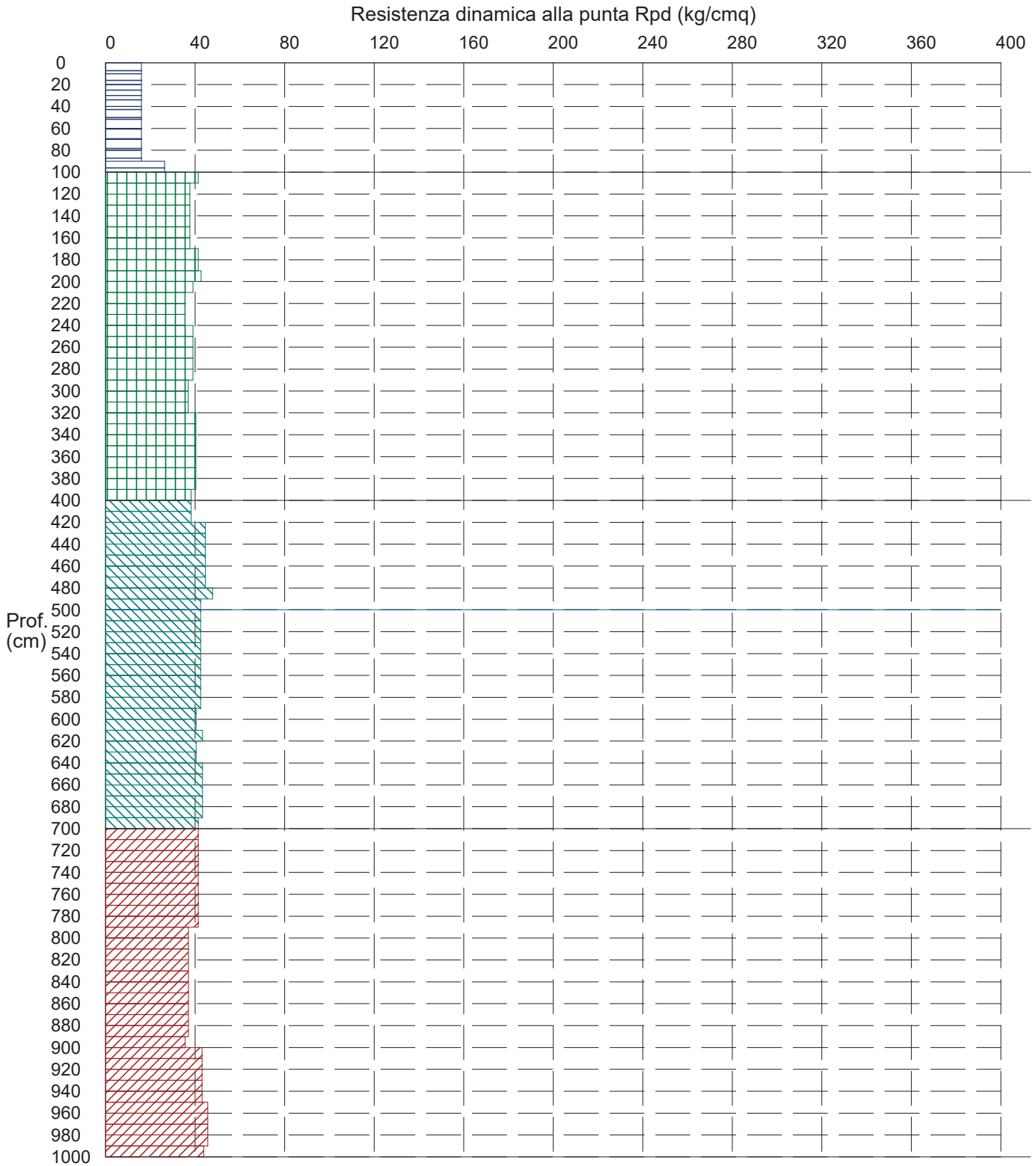
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
Cantiere: Loc. LA MOTTA  
Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
Prof.tà prova: 1000 cm  
Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.





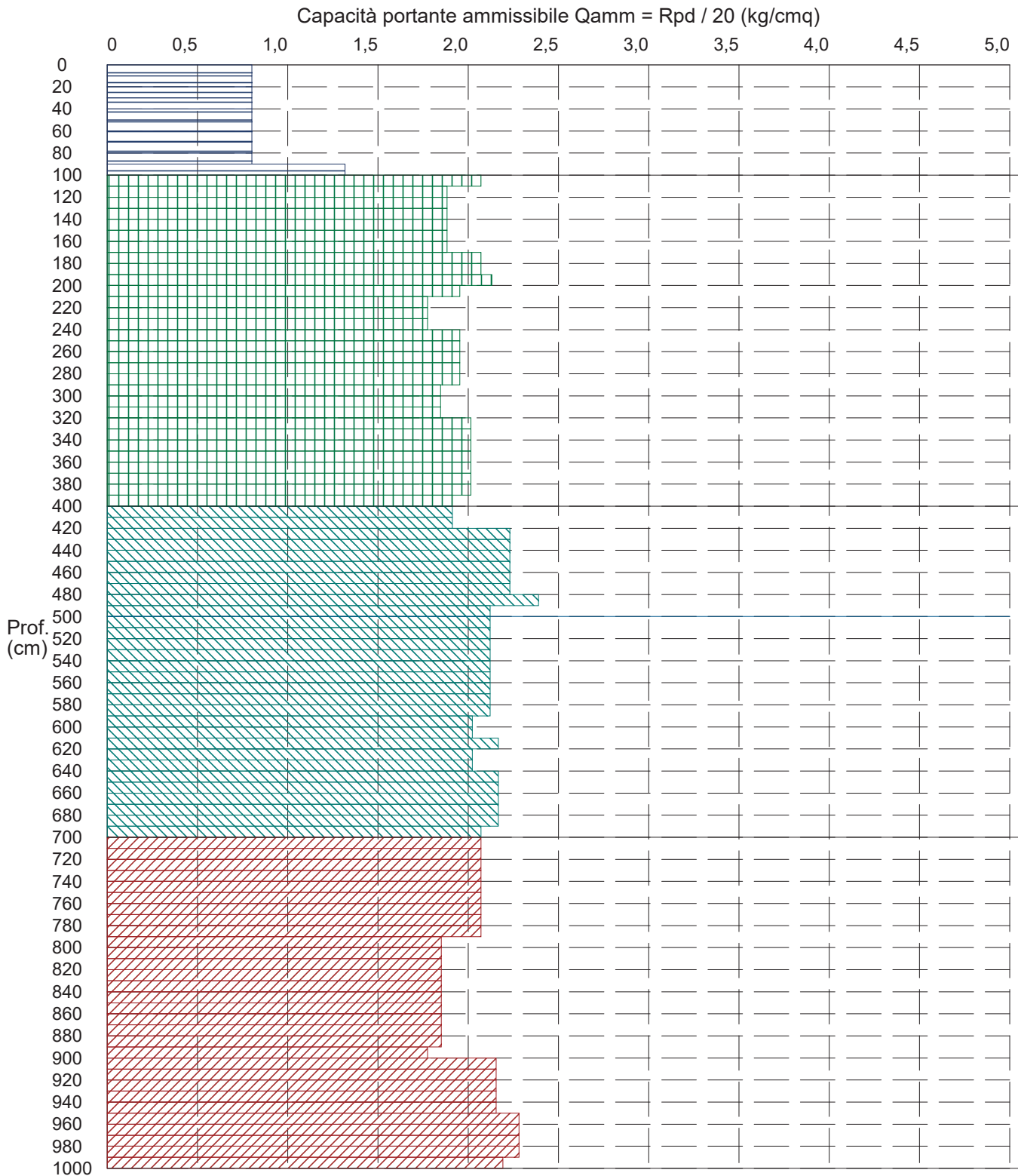
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 4

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°4**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,00	Ndp	----	----	----	----
		Rpd (kg/cmq)	----	----	----	
2	da 1,00 a 4,00	Ndp	10	12	11,0	11,0
		Rpd (kg/cmq)	35,5	42,6	38,8	
3	da 4,00 a 7,00	Ndp	12	15	14,1	14,1
		Rpd (kg/cmq)	38,2	47,8	42,6	
4	da 7,00 a 10,00	Ndp	14	18	15,5	15,5
		Rpd (kg/cmq)	35,5	45,6	40,7	

**PARAMETRI GEOTECNICI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
<b>1</b>	<b>1,00</b>	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
<b>2</b>	<b>4,00</b>	69,3	26,4	1,56	76,9	51,4	3436	155,5	----	----	----	----	----
<b>3</b>	<b>7,00</b>	70,4	25,6	1,66	88,0	61,5	4005	167,3	----	----	----	----	----
<b>4</b>	<b>10,00</b>	67,4	30,2	1,69	109,8	65,8	4232	172,8	----	----	----	----	----

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°4**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 400 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 1,00	Ndp	----	----	----	----
		Rpd (kg/cmq)	----	----	----	
2	da 1,00 a 4,00	Ndp	11,40978612683449392189733,9	126,8	33,9	13,9
		Rpd (kg/cmq)	35,5	42,6	38,8	
3	da 4,00 a 7,00	Ndp	10,43137860287223582804671,4	109,8	11,4	11,4
		Rpd (kg/cmq)	38,2	47,8	42,6	
4	da 7,00 a 10,00	Ndp	8,7545608551882270612840,9	85,1	8,9	9,9
		Rpd (kg/cmq)	35,5	45,6	40,7	

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
1	1,00	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	4,00	77,7	26,8	1,65	87,0	60,6	3956	161,8	----	----	----	----	----
3	7,00	63,3	25,2	1,58	78,4	52,8	3515	161,3	----	----	----	----	----
4	10,00	54,0	27,2	1,53	70,5	48,0	3229	160,1	----	----	----	----	----

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

### CARATTERISTICHE TECNICHE PENETROMETRO DINAMICO IMPIEGATO

#### MODELLO

TIPO	DPM (medio)
PESO MASSA BATTENTE	M = kg 30
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = cm 20
PESO SISTEMA DI BATTUTA	Pp = kg 12
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = mm 35,70
AREA BASE PUNTA CONICA	A = cmq 10,00
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA ASTE	L = m 1,00
PESO ASTE PER METRO	P = kg 2,9
LUNGHEZZA TRATTO DI INFISSIONE	$\delta = \text{cm } 10$

### RESISTENZA DINAMICA ALLA PUNTA $R_{pd}$ (Formula Olandese)

$$R_{pd} = M^2 H / A e (M + P + Pp) \quad [\text{kg/cm}^2]$$

M = Peso massa battente [kg]

A = Area base punta conica [cmq]

P = Peso aste per metro [kg/m]

H = Altezza caduta libera [cm]

e = Infissione per colpo =  $10/N$  [cm]

Pp = Peso sistema di battuta [kg]

### LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

#### Strati incoerenti

Dr = Densità relativa [%]

$\phi$  = Angolo attrito interno [°]

y = Peso di volume [t/mc]

M = Modulo di deformazione drenato [kg/cmq]

E = Modulo di deformazione di Young [kg/cmq]

Go = Modulo di deformazione di taglio [t/mq]

Vs = Velocità onde sismiche [m/s]

#### Strati coesivi

Ic = Indice di consistenza

Cu = Coesione non drenata [t/mq]

y = Peso di volume [t/mc]

Ed = Modulo di deformazione non drenato [kg/cmq]

Go = Modulo dinamico di taglio [t/mq]

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5****Tabella valori di resistenza (pagina 1 di 2)****GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 0 a 10	3	19	12,03	1	da 400 a 410	11	10	35,04	5
da 10 a 20	3	13	12,03	1	da 410 a 420	11	10	35,04	5
da 20 a 30	3	11	12,03	1	da 420 a 430	12	11	38,23	5
da 30 a 40	3	9	12,03	1	da 430 a 440	12	10	38,23	5
da 40 a 50	3	8	12,03	1	da 440 a 450	12	10	38,23	5
da 50 a 60	4	10	16,04	1	da 450 a 460	12	10	38,23	5
da 60 a 70	4	9	16,04	1	da 460 a 470	12	10	38,23	5
da 70 a 80	4	8	16,04	1	da 470 a 480	12	10	38,23	5
da 80 a 90	4	8	16,04	1	da 480 a 490	12	10	38,23	5
da 90 a 100	7	14	26,36	2	da 490 a 500	13	11	39,39	6
da 100 a 110	7	13	26,36	2	da 500 a 510	14	11	42,42	6
da 110 a 120	8	14	30,13	2	da 510 a 520	14	11	42,42	6
da 120 a 130	8	13	30,13	2	da 520 a 530	14	11	42,42	6
da 130 a 140	8	13	30,13	2	da 530 a 540	15	12	45,45	6
da 140 a 150	8	12	30,13	2	da 540 a 550	14	11	42,42	6
da 150 a 160	8	12	30,13	2	da 550 a 560	14	11	42,42	6
da 160 a 170	8	12	30,13	2	da 560 a 570	14	11	42,42	6
da 170 a 180	8	11	30,13	2	da 570 a 580	15	11	45,45	6
da 180 a 190	8	11	30,13	2	da 580 a 590	15	11	45,45	6
da 190 a 200	8	11	28,40	3	da 590 a 600	14	10	40,45	7
da 200 a 210	10	13	35,50	3	da 600 a 610	15	11	43,34	7
da 210 a 220	11	14	39,05	3	da 610 a 620	15	11	43,34	7
da 220 a 230	11	14	39,05	3	da 620 a 630	15	11	43,34	7
da 230 a 240	11	13	39,05	3	da 630 a 640	15	11	43,34	7
da 240 a 250	12	14	42,60	3	da 640 a 650	15	11	43,34	7
da 250 a 260	11	13	39,05	3	da 650 a 660	15	11	43,34	7
da 260 a 270	12	14	42,60	3	da 660 a 670	15	10	43,34	7
da 270 a 280	12	13	42,60	3	da 670 a 680	15	10	43,34	7
da 280 a 290	12	13	42,60	3	da 680 a 690	15	10	43,34	7
da 290 a 300	11	12	36,94	4	da 690 a 700	15	10	41,41	8
da 300 a 310	12	13	40,30	4	da 700 a 710	15	10	41,41	8
da 310 a 320	12	12	40,30	4	da 710 a 720	15	10	41,41	8
da 320 a 330	12	12	40,30	4	da 720 a 730	15	10	41,41	8
da 330 a 340	12	12	40,30	4	da 730 a 740	15	10	41,41	8
da 340 a 350	12	12	40,30	4	da 740 a 750	15	10	41,41	8
da 350 a 360	12	12	40,30	4	da 750 a 760	15	10	41,41	8
da 360 a 370	12	11	40,30	4	da 760 a 770	15	10	41,41	8
da 370 a 380	12	11	40,30	4	da 770 a 780	15	10	41,41	8
da 380 a 390	12	11	40,30	4	da 780 a 790	15	10	41,41	8
da 390 a 400	12	11	38,23	5	da 790 a 800	15	9	39,65	9

# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5

## Tabella valori di resistenza (pagina 2 di 2)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>	<i>Prof. (cm)</i>	<i>Ndp</i>	<i>Ndp norm.</i>	<i>Rpd (kg/cmq)</i>	<i>aste</i>
da 800 a 810	15	9	39,65	9	da 900 a 910	15	9	38,03	10
da 810 a 820	15	9	39,65	9	da 910 a 920	17	10	43,10	10
da 820 a 830	17	11	44,93	9	da 920 a 930	17	10	43,10	10
da 830 a 840	17	11	44,93	9	da 930 a 940	17	10	43,10	10
da 840 a 850	15	9	39,65	9	da 940 a 950	17	10	43,10	10
da 850 a 860	15	9	39,65	9	da 950 a 960	17	10	43,10	10
da 860 a 870	15	9	39,65	9	da 960 a 970	17	10	43,10	10
da 870 a 880	15	9	39,65	9	da 970 a 980	17	10	43,10	10
da 880 a 890	15	9	39,65	9	da 980 a 990	17	10	43,10	10
da 890 a 900	15	9	38,03	10	da 990 a 1000	17	10	41,41	11

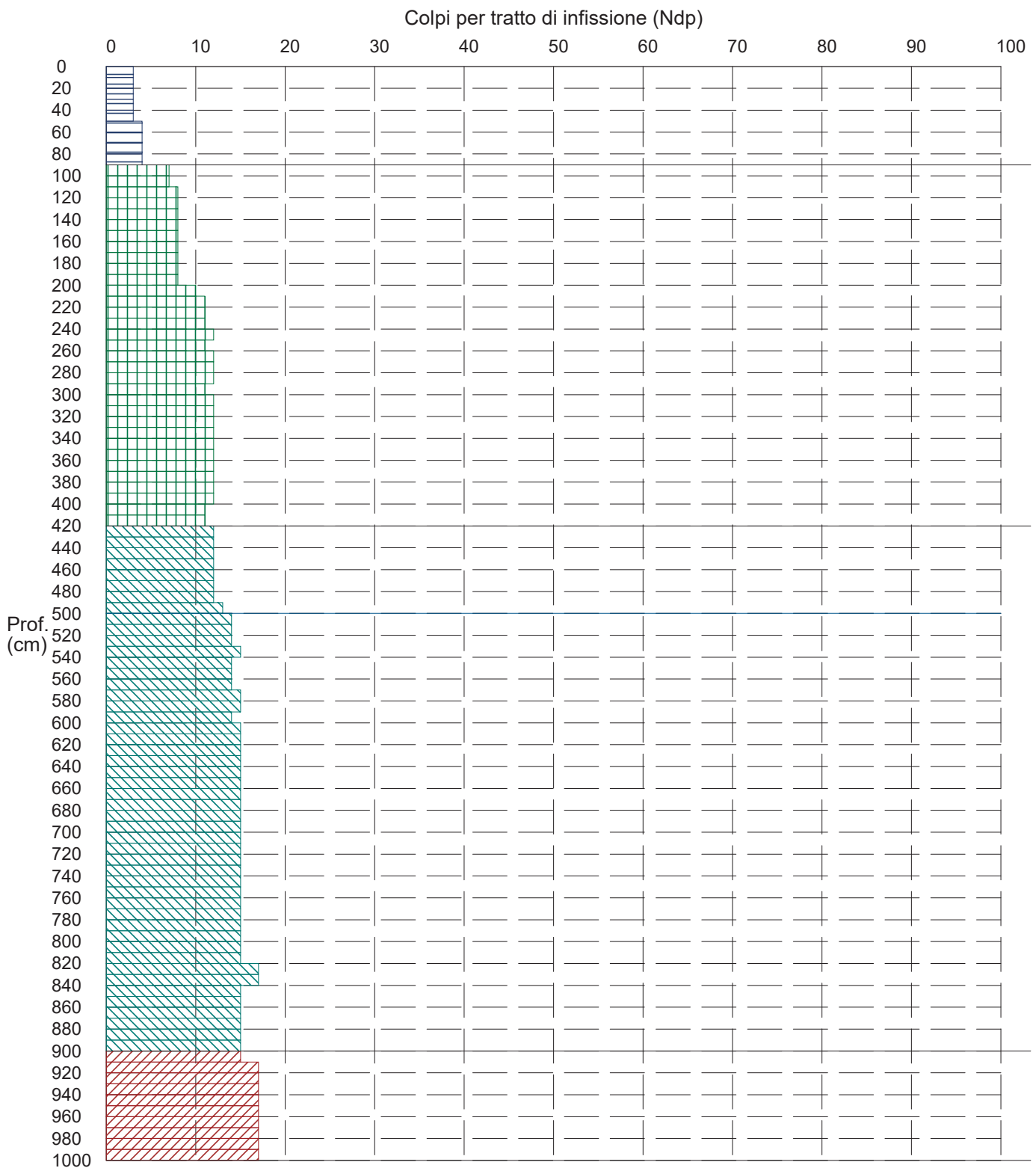
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5

## Grafico Ndp - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



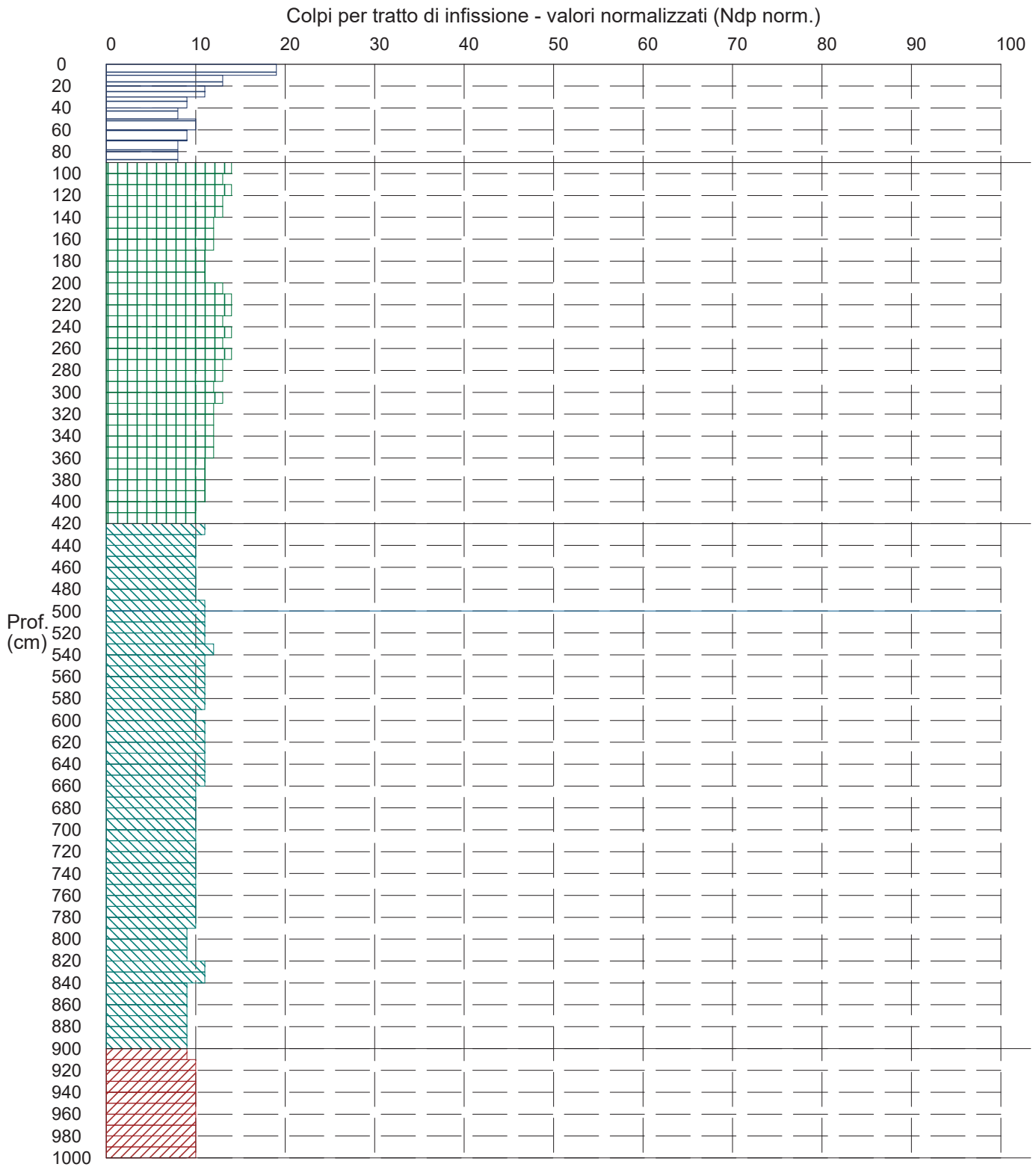
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5

## Grafico Ndp - Profondità (valori normalizzati)

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.





# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n° 5

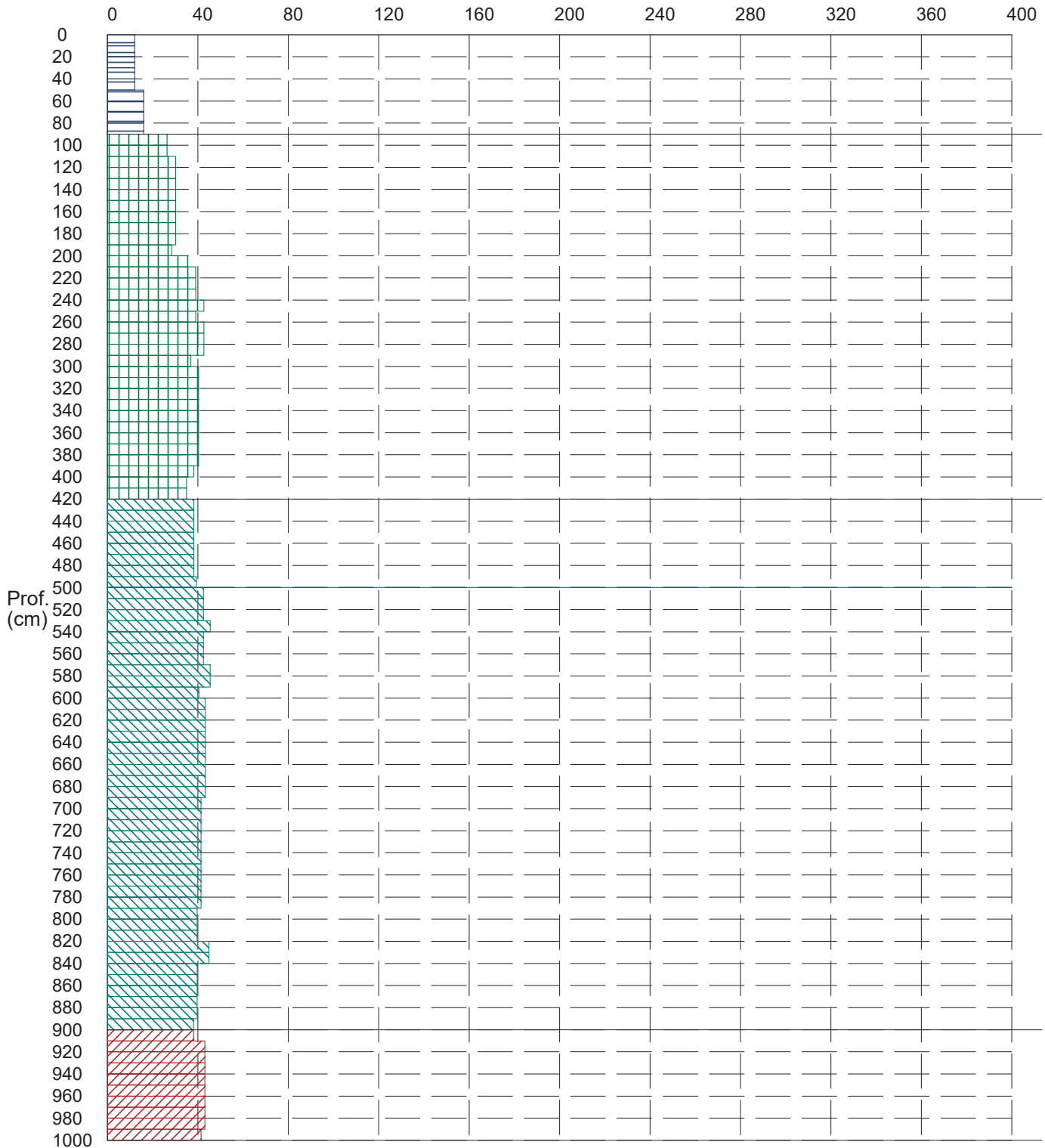
## Grafico Rpd - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

Resistenza dinamica alla punta Rpd (kg/cmq)



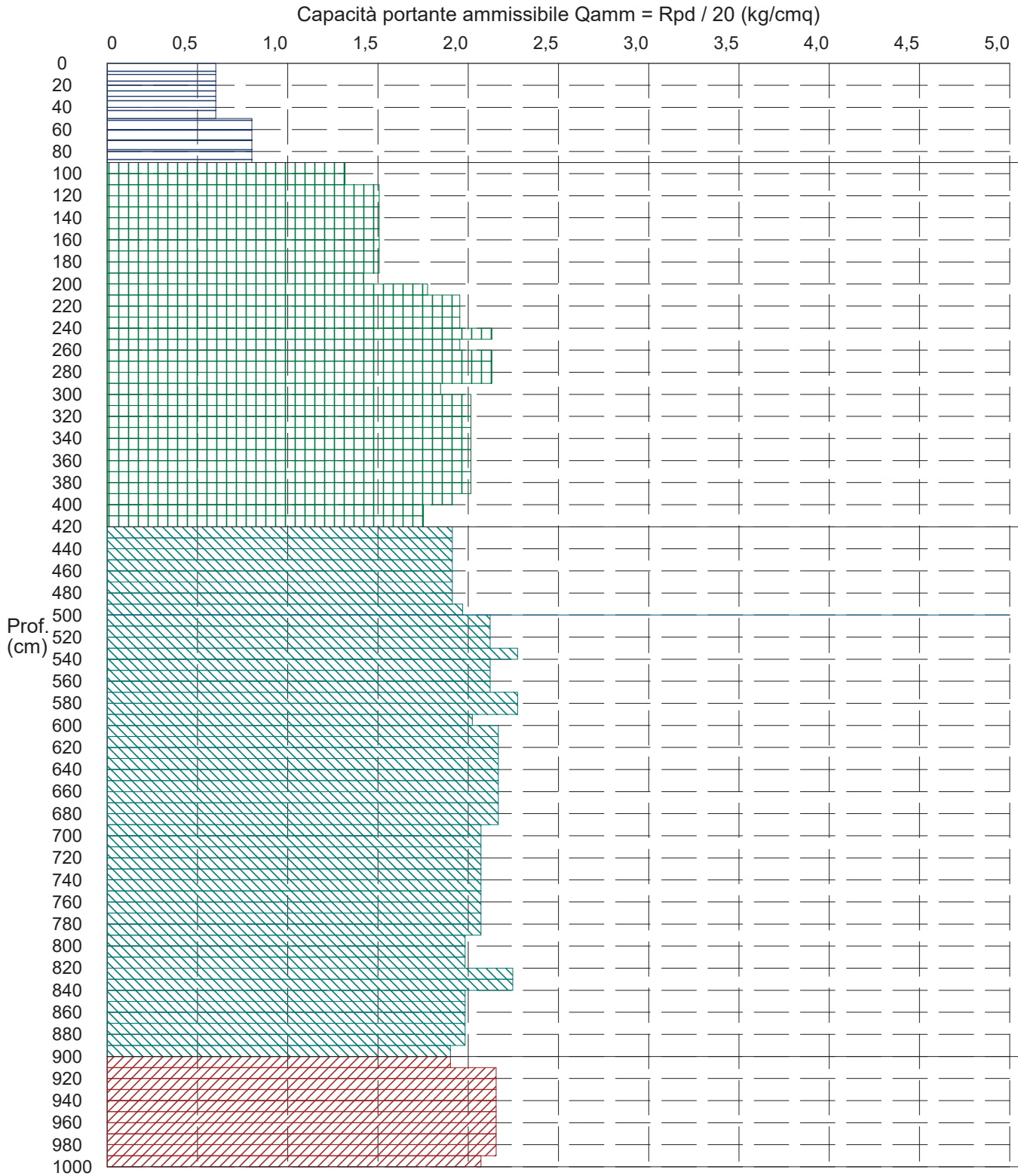
# PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°5

## Grafico Qamm - Profondità

### GENERALITA'

Committente: M2 ENERGIA SRL  
Cantiere: Loc. LA MOTTA  
Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
Prof.tà prova: 1000 cm  
Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°5**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,90	Ndp	----	----	----	----
		Rpd (kg/cmq)	----	----	----	
2	da 0,90 a 4,20	Ndp	7	12	10,3	,0
		Rpd (kg/cmq)	26,4	42,6	36,1	
3	da 4,20 a 9,00	Ndp	12	17	14,5	,0
		Rpd (kg/cmq)	38,0	45,5	41,4	
4	da 9,00 a 10,00	Ndp	15	17	16,8	,0
		Rpd (kg/cmq)	38,0	43,1	42,4	

**PARAMETRI GEOTECNICI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO				
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)
1	0,90	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	4,20	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
3	9,00			1,62				166,1	----	----	----	----	----
4	10,00			1,78				180,5	----	----	----	----	----

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA n°5**

Elaborazione statistica e parametri geotecnici

**GENERALITA'**

Committente: M2 ENERGIA SRL  
 Cantiere: Loc. LA MOTTA  
 Località: Foggia

Data: 22-07-2022  
 Prof.tà prova: 1000 cm  
 Prof.tà falda: 500 cm dal p.c.

**ELABORAZIONE STATISTICA: VALORI NORMALIZZATI**

Strato n°	Profondità (m)	Parametro	minimo	massimo	media	Nspt
1	da 0,00 a 0,90	Ndp	----	----	----	----
		Rpd (kg/cmq)	----	----	----	
2	da 0,90 a 4,20	Ndp	10,2407461307540632062317	26,4	42,6	12,7
		Rpd (kg/cmq)	26,4	42,6	36,1	
3	da 4,20 a 9,00	Ndp	9,395903035225674242756650,7	38,0	45,5	10,7
		Rpd (kg/cmq)	38,0	45,5	41,4	
4	da 9,00 a 10,00	Ndp	9,342616483552220528413280,2	38,0	43,1	10,2
		Rpd (kg/cmq)	38,0	43,1	42,4	

**PARAMETRI GEOTECNICI: VALORI NORMALIZZATI**

STRATO	Prof. (m)	INCOERENTE							COESIVO					
		Dr (%)	$\phi$ (°)	y (t/mc)	M kg/cmq	E kg/cmq	Go (t/mq)	Vs (m/s)	Ic (-)	Cu kg/cmq	y (t/mc)	Ed kg/cmq	Go (t/mq)	
1	0,90	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	4,20	----	----	----	----	----	----	----	0,68	0,85	2,03	76,5	10196	
3	9,00	57,7	24,6	1,55	75,9	50,5	3380	160,6	----	----	----	----	----	
4	10,00	54,8	27,4	1,54	72,5	48,9	3282	161,5	----	----	----	----	----	

## REPORT FOTOGRAFICO

Particolare prove con penetrometro dinamico



Particolare trincee esplorative



Livello della Falda posta a 4 m





Particolare sabbie gialle con decalcificazione



Particolare alternanza di sabbie gialle e livelli di ghiaia



Particolare stendimento per prove sismiche

