

PROVINCIA DI VERONA

COMUNE DI VALEGGIO SUL MINCIO

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

DENOMINATO "**FENILI**"

REALIZZAZIONE DI NUOVA LOTTIZZAZIONE A PREVALENZA
RESIDENZIALE SITA NEL COMUNE DI VALEGGIO SUL
MINCIO IN LOCALITA' FENILI

ELABORATO

06

ANALISI GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il committente
LUIDES S.R.L.

Il progettista

Dott. Arch. Massagrande Enrico

Data: **17 Marzo 2023**

Via XXV Aprile, 21 - 37053 Cerea (VR)
PEC: enrico.massagrande@archiworldpec.it

VERONA

provincia

VALEGGIO SUL MINCIO

comune

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO

DENOMINATO "FENILI"

REALIZZAZIONE DI NUOVA LOTTIZZAZIONE A
PREVALENZA RESIDENZIALE IN LOCALITÀ FENILI

titolo progetto

LUIDES srl

richiedente

Arch. ENRICO MASSAGRANDE

progettista

**RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA
E RELAZIONE GEOTECNICA**

ai sensi del DM 17.01.2018 e DGRV 244/2021

I TECNICI INCARICATI

DOTT. GEOL. MAURO MANCINI



DOTT. GEOL. MAURO MICHELE GRUZZOLI



SOMMARIO

PREMESSA	pag. 3
DATI DI PROGETTO	pag. 3

RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	pag. 4
1.1 Ubicazione e topografia	pag. 4
1.2 Unità geologiche, litologiche, strutturali.....	pag. 5
1.3 Forme del terreno e processi geomorfologici	pag. 6
1.4 Rischi geologici, naturali e indotti.....	pag. 6
1.5 Idrografia	pag. 7
1.6 Idrogeologia	pag. 7
1.7 Quota di falda	pag. 7
1.8 Vincoli, sicurezza idraulica	pag. 8
2. RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO.....	pag. 9
2.1 Indagini in sito.....	pag. 9
2.2 Strumentazione geotecnica	pag. 11
2.3 Elaborazioni dati prova	pag. 11
2.4 Modellazione geotecnica	pag. 33
3. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ	pag. 34
3.1 Determinazione categoria suolo di fondazione.....	pag. 34
3.2 Zonazione sismica.....	pag. 36
3.3 Dati di azione sismica	pag. 37
3.4 Liquefazione dei terreni	pag. 38
CONCLUSIONI GEOLOGICO-SISMICHE	pag. 38

RELAZIONE GEOTECNICA

4. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	pag. 39
4.1 Verifiche al collasso per carico limite	pag. 40
5. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	pag. 42
5.1 Calcolo dei cedimenti.....	pag. 42
CONCLUSIONI DI CARATTERE GEOTECNICO.....	pag. 42

BIBLIOGRAFIA	pag. 43
--------------------	---------

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dal Progettista, si è provveduto alla redazione della presente Relazione Geologica-Sismica e Geotecnica relativa all'intervento di seguito descritto ed ubicato in territorio di Valeggio sul Mincio (Vr).

Il presente scritto fa riferimento ai disposti del D.M. 17.01.2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" (G.U. n. 42 del 20.02.2018) e del D.M. 11.03.1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, ...".

La caratterizzazione sismica del territorio fa riferimento ai disposti dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 e s.m.i. ed a quanto previsto dalla DGR n. 244 del Veneto del 09/03/2021 (BUR 38 del 16 marzo 2021).

Per ottenere i dati necessari alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione sono state eseguite le seguenti indagini di campagna:

DATA INDAGINE:	27.07.2021
TIPO / N. INDAGINI:	Prova penetrometrica dinamica / n. 5 verticali Misura micro-tremore sismico (Tromino®)/ n. 1 stazione

DATI DI PROGETTO

RICHIEDENTE:

Luides srl, Via Guglielmo Oberdan 140, Brescia

PROGETTAZIONE:

Arch. Enrico Massagrande, Studio in Via XXV Aprile 21, Cerea (Vr)

UBICAZIONE INTERVENTO:

Località Fenili, Valeggio sul Mincio (Vr) / Foglio 23° mapp. n. 254

TIPOLOGIA DI INTERVENTO:

Piano Urbanistico Attuativo costituito da n. 4 lotti edificabili aventi superfici comprese tra 738 mq e 900 mq; per il dettaglio si rimanda alle tavole a firma del Progettista.



RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

(NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17.01.2018
- D.G.R. DEL VENETO 244/2021)

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

1.1 Ubicazione e topografia

L'area di intervento si trova in località Fenili, modesto nucleo appartenente al settore Nord-orientale del territorio comunale di Valeggio sul Mincio, che dista circa 2 km a NE dal tessuto urbano del capoluogo; la topografia del territorio risulta dolcemente ondulata tuttavia nel sito risulta sostanzialmente pianeggiante con quota media di 103 m s.l.m.

ESTRATTO DA
TAVOLETTA I.G.M.
(SCALA 1:25.000)

● Area intervento



ESTRATTO DA
C.T.R.
(SCALA 1:5.000)

○ Area intervento



1.2 Unità geologiche, litologiche, strutturali

Il sito in esame appartiene all'anfiteatro morenico del Garda e tutta la zona è caratterizzata dalla presenza di materiali clastici trasportati, prima, dal grande ghiacciaio benacense e poi ripresi dai torrenti scaricatori glaciali e pertanto ne risulta una situazione litologica disomogenea; le colline moreniche che sono costituite infatti da una mescolanza caotica di ciottoli, sabbia e ghiaia, ed una matrice limoso argillosa, talora prevalente; gli elementi di maggior dimensione consentono di riconoscere i litotipi da cui hanno avuto origine ovvero il bacino montano del ghiacciaio e sono di natura calcarea / dolomitica o silicea.

I sedimenti affioranti sono cartografati nella Carta Geologica del Veneto (redatta alla scala 1:250.000) come *depositi alluvionali, fluvioglaciali, lacustri e palustri delle aree montane e collinari* di età Quaternaria al limite con i *depositi morenici*; anche la Carta Geologica d'Italia (Foglio n. 48, Peschiera del Garda - scala 1:100.000) classifica i terreni come *alluvioni fluvioglaciali da molto grossolane di epoca olocenica* al limite con *depositi morenici ghiaiosi con terreno di alterazione di colore bruno*, testimoni della fase di ritiro del ghiacciaio di epoca rissiana; nelle aree morfologicamente depresse sede degli scaricatori glaciali, comprese tra i cordoni morenici si possono rinvenire depositi *argillosi neri paludosi e sartumosi*.

ESTRATTO DA
CARTA GEOLOGICA
D'ITALIA
(part. non in scala)

 **m^R** morene ghiaiose con strato di alterazione superficiale (Riss)

 **fg^{R2}** Alluvioni fluvioglaciali e fluviali da molto grossolane a ghiaiose con strato di alterazione superficiale (Riss)

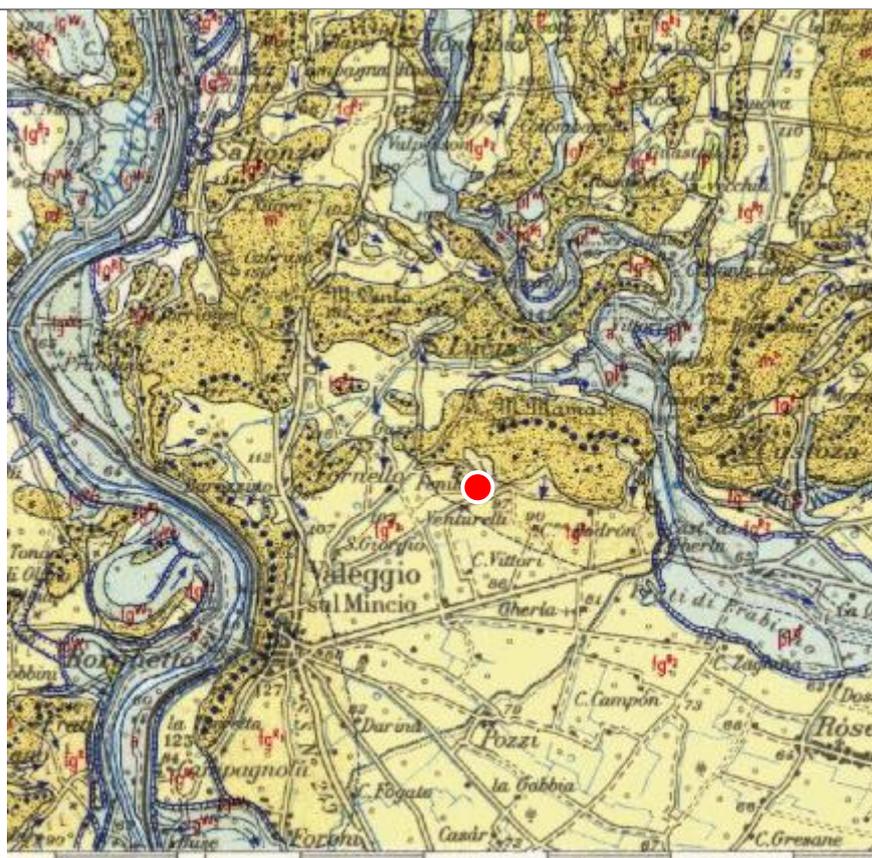
 **a¹** Alluvioni sabbiose-ghiaiose, terrazzate,

 **a²** Alluvioni prevalentemente sabbiose

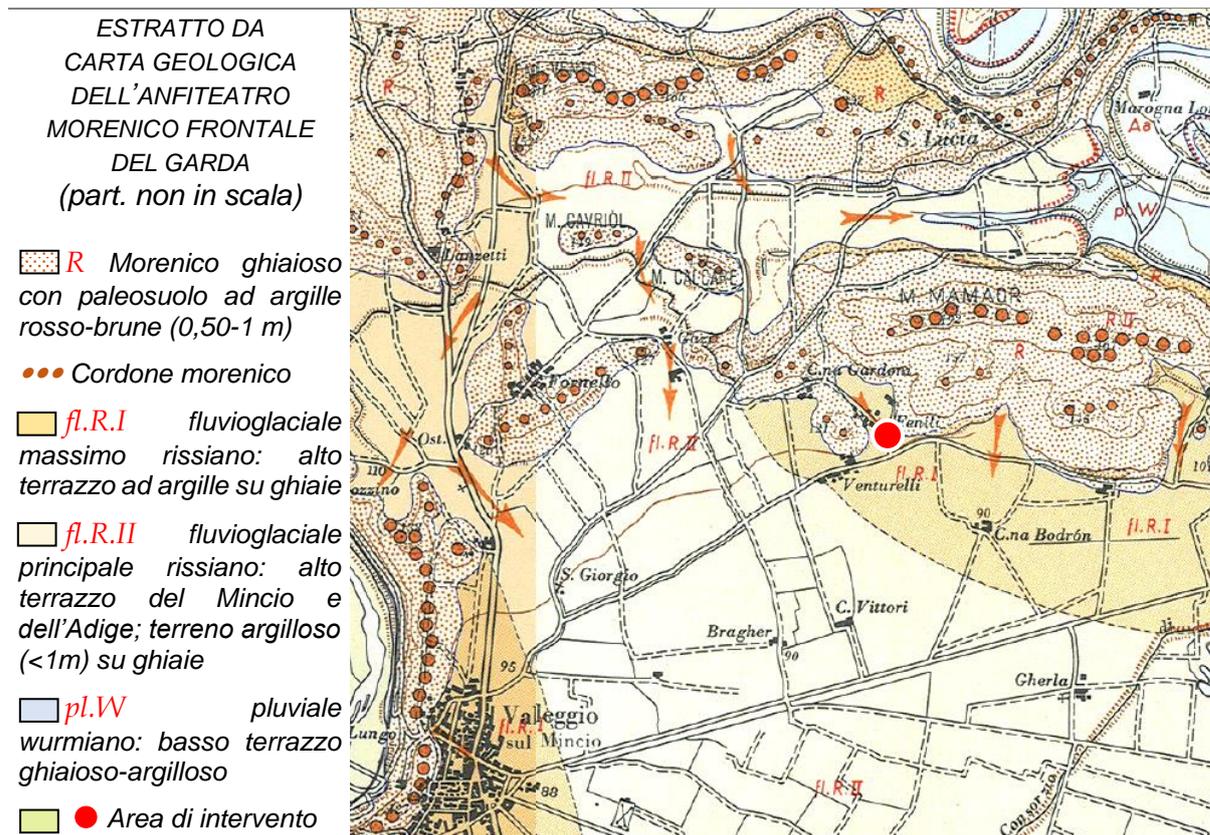
 **ct^W** Morene fangose di fondo (cataglaciale- Würm)

 **p** Depositi argillosi neri paludosi, talora torbosi

 Area di intervento



Il rilevamento di dettaglio proposto nella Carta geologica redatta da Venzo (1965), proposta a seguire, pone l'area in corrispondenza di un antico scaricatore glaciale che ha dilavato i depositi morenici delle frazioni fini, lasciandovi i sedimenti più grossolani.



1.3 Forme del terreno e processi geomorfologici

In termini geomorfologici, il territorio è caratterizzato dalla presenza di cerchie collinari ad andamento piuttosto intricato e non tipicamente parallelo alla sponda meridionale del lago di Garda; le zone collinari testimoniano le posizioni assunte nel passato dalla fronte glaciale ed in queste posizioni per effetto dello scioglimento del ghiaccio, si depositavano in maniera caotica e senza selezione granulometrica, i materiali solidi inclusi nel ghiaccio; le aree pianeggianti presenti fra le cerchie moreniche si sono formate ad opera dei torrenti scaricatori glaciali che hanno ripreso i materiali ghiaioso-sabbiosi depositandoli a formare aree pianeggianti; nelle zone maggiormente depresse ed isolate si depositavano i sedimenti più fini che per le minor caratteristiche di permeabilità facilitavano la formazione di aree paludose. Successivamente all'attività glaciale, arrestata da tempi storici, i corsi d'acqua hanno contribuito a rimodellare il territorio sovrapponendo agli episodi deposizionali quelli erosivi, alternando fasi di alta energia (piene) ad episodi di bassa energia (magre); in tempi storici recenti, gli interventi idraulici di regimazione dei fiumi hanno determinato una drastica riduzione dei fenomeni morfogenetici naturali e pertanto anche in questo caso le forme presenti sono per lo più relitte; inoltre tali strutture geomorfologiche risultano normalmente poco evidenti a causa dell'intervento antropico di tipo insediativo ed agricolo.

1.4 Rischi geologici, naturali e indotti

L'area non appare interessata da fenomeni di dissesto in atto, di fatto l'area in esame ed il suo intorno non mostra particolari segnali di erosione o di instabilità.

1.5 Idrografia

Nelle vicinanze del sito non esistono elementi idraulici di una qualche importanza in termini di portata e sezione d'alveo; di fatto, il fiume Mincio defluisce circa 3 km a Ovest con alveo ribassato di oltre 40 m rispetto al sito mentre il Tione dei Monti scorre circa 2 km a Est ad una quota inferiore di almeno 30 m.

1.6 Idrogeologia

L'Alta pianura veronese e mantovana, entro le quali si colloca il territorio di Valeggio sul Mincio, da un punto di vista idrogeologico appartiene al settore Lombardo-Veneto della pianura padana ed è rappresentata generalmente da un acquifero formante un sistema monostrato, localmente compartimentato; tale acquifero presenta un'elevata trasmissività sia per le potenzialità di ricarica ed alimentazione sia per il notevole spessore.

Le piogge efficaci e le irrigazioni rappresentano i principali afflussi di alimentazione della falda mentre, per lo più, i corsi d'acqua svolgono una funzione drenante; tale assetto geo-idrologico naturalmente comporta un'altrettanto elevato grado di vulnerabilità potenziale dell'acquifero.

Localmente l'acquifero corrisponde a due unità geologiche principali:

- *depositi morenici compresi dalle cerchie frontali dell'anfiteatro benacense, costituiti da materiale a granulometria eterogenea, dai blocchi alle ghiaie con matrici siltitiche e pelitiche, con la presenza di lenti argillose-limose discontinue in affioramento prevalentemente di età würmiana);*
- *depositi fluvio-glaciali dell'Adige e degli scaricatori glaciali, rappresentati da ghiaie dilavate con ridotta percentuale di matrice fine limo-sabbiosa, di età prevalentemente Riss- Würm.*

Le diverse caratteristiche granulometriche che competono alle due unità determinano condizioni di permeabilità assai differenti ovvero medio-bassa permeabilità relativa ai depositi di natura morenica, mentre si avrà permeabilità medio-elevata all'interno dei depositi a prevalente natura fluvio-glaciale; in particolare l'acquifero corrispondente ai depositi morenici si presenta litologicamente assai disomogeneo per la presenza sia di lenti a bassa permeabilità sia di setti fini limo-argillosi all'interno dei depositi; localmente tali depositi hanno estensione estremamente variabile e discontinua.

1.7 Quota di falda

Alla data di esecuzione delle indagini geotecniche (27.07.2021), la falda è risultata assente almeno fino alla profondità di circa -3 m da piano campagna; la Carta idrogeologica allegata al PAT comunale colloca il sito nell'area con soggiacenza genericamente indicata >10 m; tuttavia, le informazioni reperibili nell'archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo fornite dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) riconoscono in questo lembo di territorio valori di soggiacenza prossimi a 35-40 m.

1.8 Vincoli, sicurezza idraulica

L'area in tempi recenti non ha subito episodi di dissesto idrogeologico e si può ritenere stabile sotto il profilo idraulico in guisa della generale elevata permeabilità del sub strato; a tal proposito si osservi il successivo stralcio da Carta delle Fragilità relativa al P.T.P. (Piano Territoriale Provinciale) della Provincia di Verona nel quale si nota che la porzione di territorio dove è previsto l'intervento, non ricade in aree di pericolo idraulico né di attenzione idraulica.

ESTRATTO DA CARTA
FRAGILITÀ - PTP VERONA

PERICOLO IDRAULICO:

-  molto elevato
-  elevato
-  medio
-  moderato

VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA:

-  molto elevata
-  elevata
-  media
-  moderata
-  Ambito di attenzione idraulica
-  Fascia di rispetto pozzi pubblici e acquedotti
-  AREA DI INTERVENTO



In termini di compatibilità geologica, la Carta delle Fragilità allegata al PAT comunale indica l'area come idonea (art. 2.24 NT) oltre che confermarla esterna alle aree esondabili e/o ristagno.

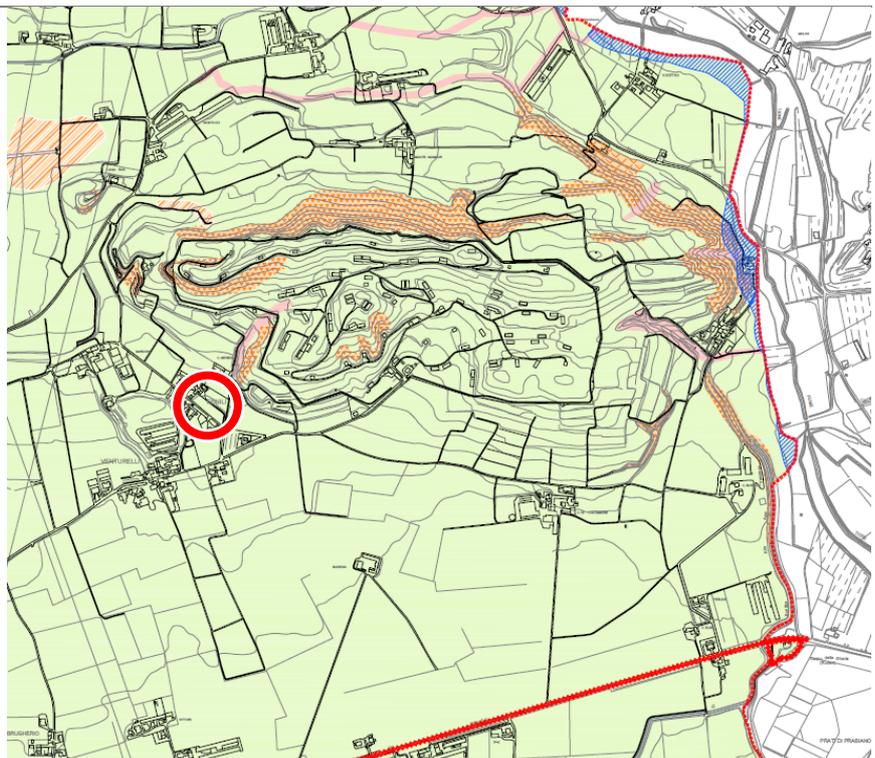
ESTRATTO DA CARTA
FRAGILITÀ - PAT
VALEGGIO S/MINCIO

COMPATIBILITÀ GEOLOGICA

-  AREA IDONEA
-  IDONEA A CONDIZIONE ELEVATA ACCLIVITÀ
-  NON IDONEA

DISSESTO IDROGEOLOGICO

-  AREA DI INTERESSE STORICO, AMBIENTALE ARTISTICO E CENNI STORICI
-  AREA ESONDABILE E/O RISTAGNO IDRICO
-  CORSO D'ACQUA
-  AREA DI INTERVENTO



2. RILEVAMENTO GEOLOGICO-TECNICO

2.1 Indagini in sito

Per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni di fondazione sono state eseguite cinque prove penetrometriche dinamiche, denominate Din1 ÷ 5; le prove sono state approfondite fino a rifiuto all'infissione per la presenza di sedimenti molto tenaci, verificatasi a circa -3 m da piano campagna attuale; tale profondità si è ritenuta sufficiente in quanto i sedimenti granulari grossolani, una volta intercettati, è noto che siano presenti per diverse decine di metri.

Di seguito si riporta la planimetria con l'ubicazione delle prove e le foto delle singole stazioni di indagine geotecnica.



Planimetria con ubicazione e n. prova penetrometrica ●



Stazione di prova Din 1



Stazione di prova Din 2



Stazione di prova Din 3



Stazione di prova Din 4



Stazione di prova Din 5

2.2 Strumentazione geotecnica

La strumentazione impiegata per l'indagine geotecnica è un penetrometro di tipo olandese Geo Deep Drill DPSH63 SM super pesante automatico.

Il penetrometro dinamico sfrutta il sistema di penetrazione mediante caduta di un maglio battente di massa 63 kg che infigge una punta standardizzata con l'ausilio di una batteria di aste; il dettaglio delle caratteristiche tecniche dell'attrezzatura è proposta alla fine del prossimo paragrafo assieme alle risultanze dell'indagine.

2.3 Elaborazione dati

Scopo della prova penetrometrica dinamica è quello di fornire i valori di resistenza degli strati di terreno attraversati dalla batteria di perforazione.

In base al numero di colpi necessari all'avanzamento stabilito, è possibile risalire alla resistenza dinamica alla punta calcolata con la seguente formula olandese:

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

Nei diagrammi e nelle successive tabelle allegate sono riportati il n. di colpi "N" rilevati ad intervalli regolari di avanzamento ogni 30 cm assieme ai valori di resistenza Rpd.

Seguiranno le elaborazioni statistiche che correlano la prova dinamica media (SCPT) con la prova SPT tramite il coefficiente di rendimento $\beta_t = 1,150 (= N_{spt} / N)$, utili per la determinazione dei seguenti parametri geotecnici caratteristici:

per TERRENI GRANULARI

- densità relativa DR [%]
- angolo di attrito interno efficace ϕ' [°]
- modulo di deformazione drenato E' [kg/cm²]
- peso di volume saturo γ_{sat} [t/m³]
- peso di volume drenato γ_{dr} [t/m³]

per TERRENI COESIVI

- coesione non drenata C_u [kg/cm²]
- peso di volume saturo γ_{sat} [t/m³]
- contenuto d'acqua W [%]
- indice dei vuoti e [-]

Di seguito sono allegate le tabelle delle risultanze delle penetrometrie ed i dati ricavati dalla elaborazione delle risultanze medesime secondo il seguente ordine:

CARATTERISTICHE TECNICHE SCPT
TABELLE VALORI RESISTENZA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA – Rpd
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA
PARAMETRI GEOTECNICI (ORIENTATIVI)

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : **DPSH**

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

CARATTERISTICHE TECNICHE : **DPSH**

MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
MASSA SISTEMA BATTUTA	M _s = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,0000 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	L _a = 1,00 m
MASSA ASTE PER METRO	M _a = 6,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P ₁ = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) ⇒ Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO

RENDIMENTO SPECIFICO x COLPOQ = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm² (prova SPT : Q_{spt} = 7,83 kg/cm²)
 COEFF.TEORICO RENDIMENTO $\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : N_{spt} = $\beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
 e = infissione per colpo = δ / N

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa ≈ 0,1 MPa
 1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
 1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto speriment. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	3	22,8	1	1,60 - 1,80	28	200,7	2
0,20 - 0,40	5	38,0	1	1,80 - 2,00	36	244,1	3
0,40 - 0,60	11	83,6	1	2,00 - 2,20	40	271,2	3
0,60 - 0,80	11	83,6	1	2,20 - 2,40	50	339,0	3
0,80 - 1,00	17	121,8	2	2,40 - 2,60	52	352,6	3
1,00 - 1,20	24	172,0	2	2,60 - 2,80	48	325,5	3
1,20 - 1,40	26	186,3	2	2,80 - 3,00	50	321,7	4
1,40 - 1,60	25	179,2	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto speriment. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	3	22,8	1	1,60 - 1,80	27	193,5	2
0,20 - 0,40	4	30,4	1	1,80 - 2,00	33	223,8	3
0,40 - 0,60	10	76,0	1	2,00 - 2,20	39	264,4	3
0,60 - 0,80	13	98,8	1	2,20 - 2,40	48	325,5	3
0,80 - 1,00	16	114,7	2	2,40 - 2,60	51	345,8	3
1,00 - 1,20	22	157,7	2	2,60 - 2,80	53	359,4	3
1,20 - 1,40	28	200,7	2	2,80 - 3,00	52	334,6	4
1,40 - 1,60	30	215,0	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

DIN 3

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto speriment. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	4	30,4	1	1,60 - 1,80	29	207,8	2
0,20 - 0,40	6	45,6	1	1,80 - 2,00	34	230,5	3
0,40 - 0,60	6	45,6	1	2,00 - 2,20	38	257,7	3
0,60 - 0,80	10	76,0	1	2,20 - 2,40	42	284,8	3
0,80 - 1,00	12	86,0	2	2,40 - 2,60	46	311,9	3
1,00 - 1,20	23	164,8	2	2,60 - 2,80	50	339,0	3
1,20 - 1,40	21	150,5	2	2,80 - 3,00	48	308,9	4
1,40 - 1,60	28	200,7	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	6	45,6	1	1,60 - 1,80	30	215,0	2
0,20 - 0,40	8	60,8	1	1,80 - 2,00	26	176,3	3
0,40 - 0,60	11	83,6	1	2,00 - 2,20	31	210,2	3
0,60 - 0,80	17	129,2	1	2,20 - 2,40	30	203,4	3
0,80 - 1,00	20	143,3	2	2,40 - 2,60	42	284,8	3
1,00 - 1,20	38	272,3	2	2,60 - 2,80	48	325,5	3
1,20 - 1,40	36	258,0	2	2,80 - 3,00	50	321,7	4
1,40 - 1,60	32	229,3	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto speriment. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,20	6	45,6	1	1,60 - 1,80	30	215,0	2
0,20 - 0,40	8	60,8	1	1,80 - 2,00	26	176,3	3
0,40 - 0,60	11	83,6	1	2,00 - 2,20	31	210,2	3
0,60 - 0,80	17	129,2	1	2,20 - 2,40	30	203,4	3
0,80 - 1,00	20	143,3	2	2,40 - 2,60	42	284,8	3
1,00 - 1,20	23	164,8	2	2,60 - 2,80	48	325,5	3
1,20 - 1,40	30	215,0	2	2,80 - 3,00	50	321,7	4
1,40 - 1,60	33	236,5	2				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DPSH**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,0000** cm² - D(diam. punta)= **50,50** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

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

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 1

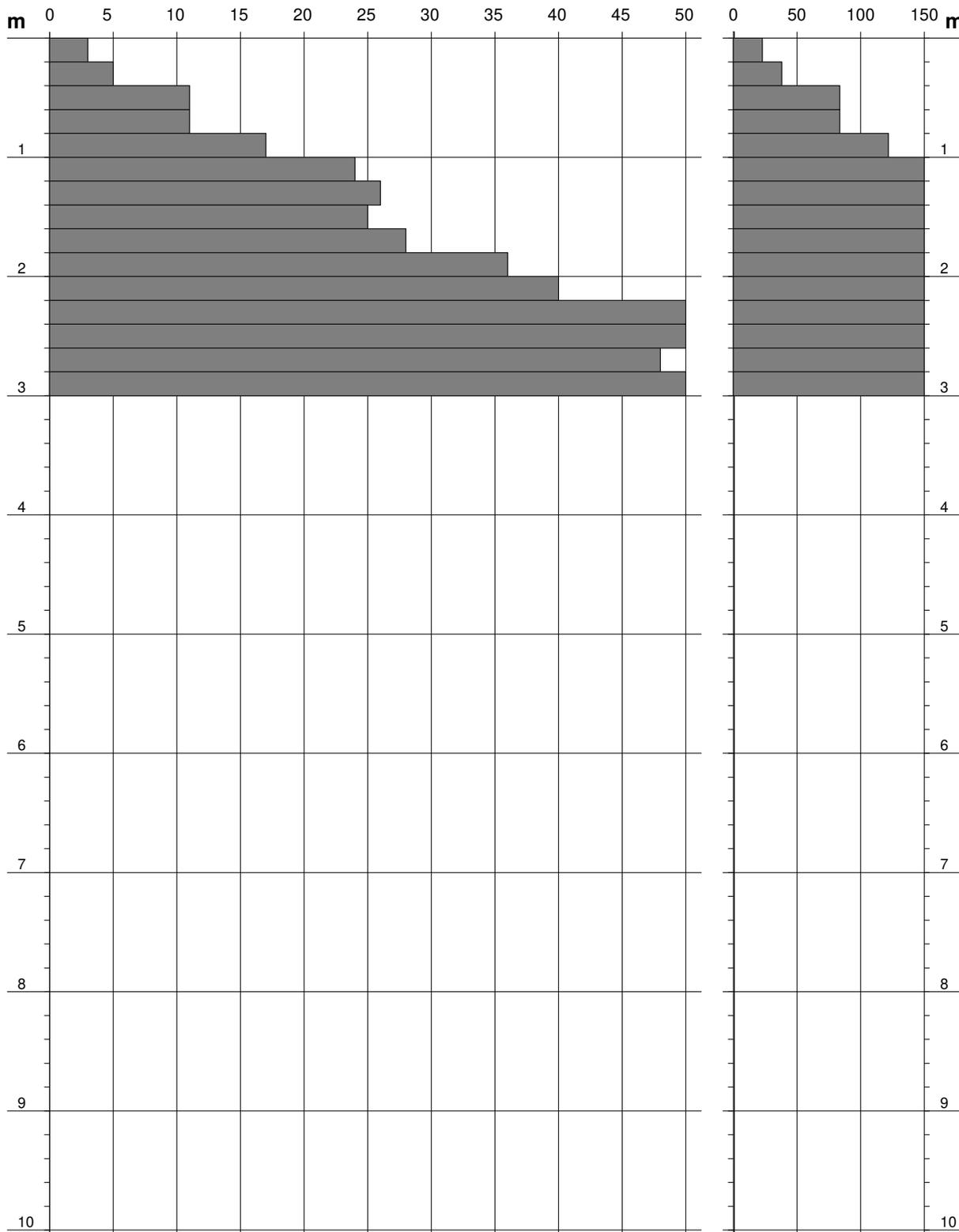
Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

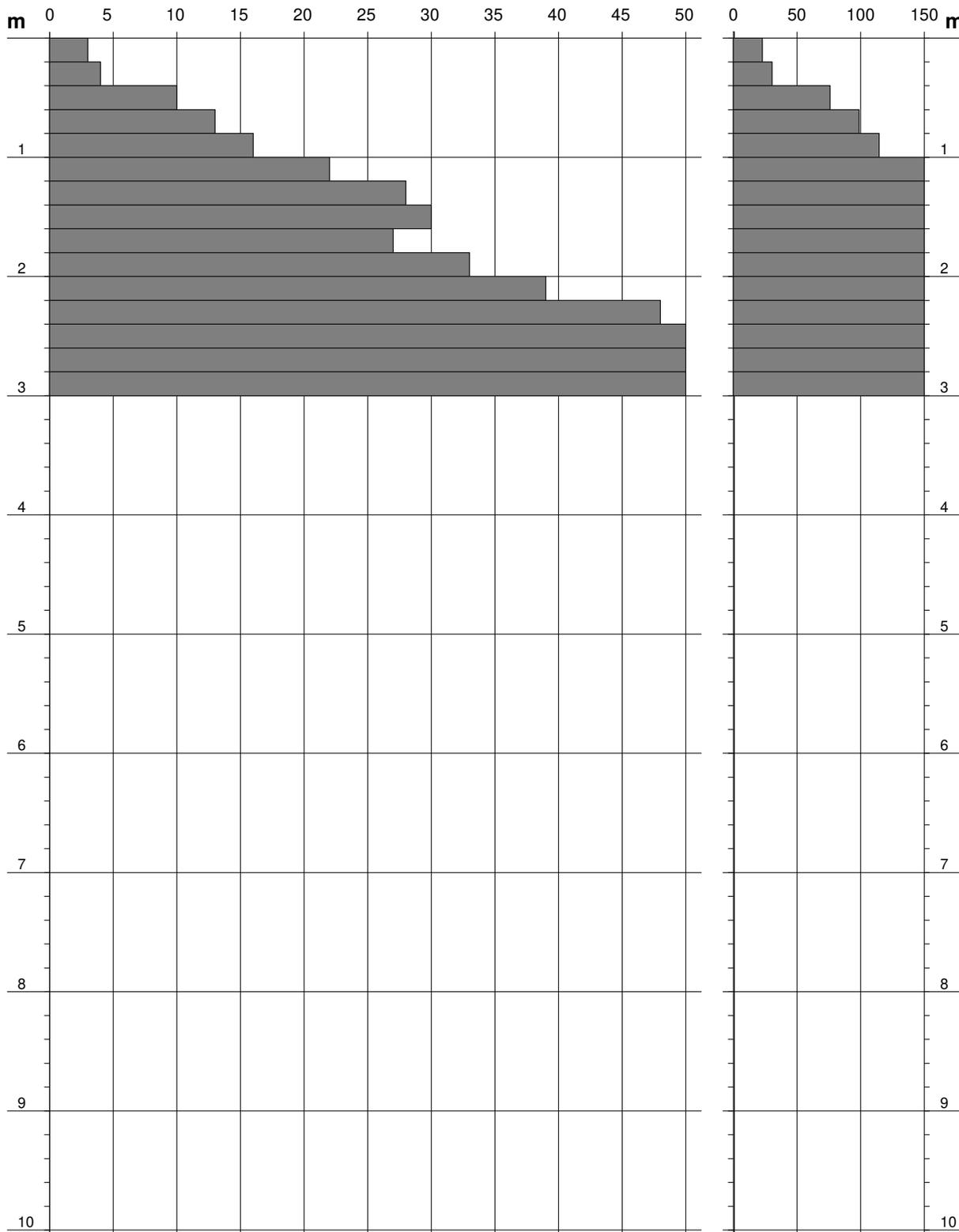
Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

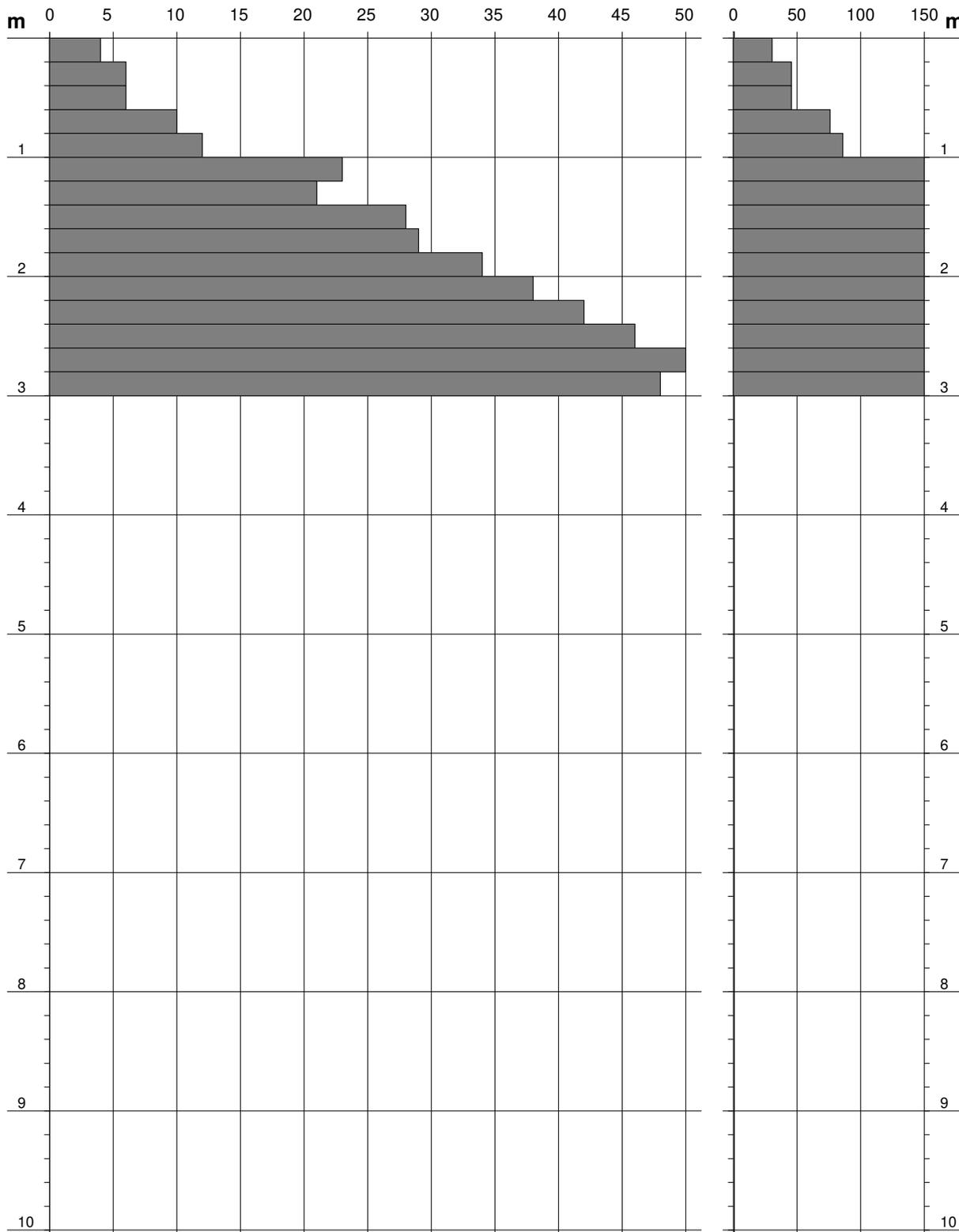
Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 4

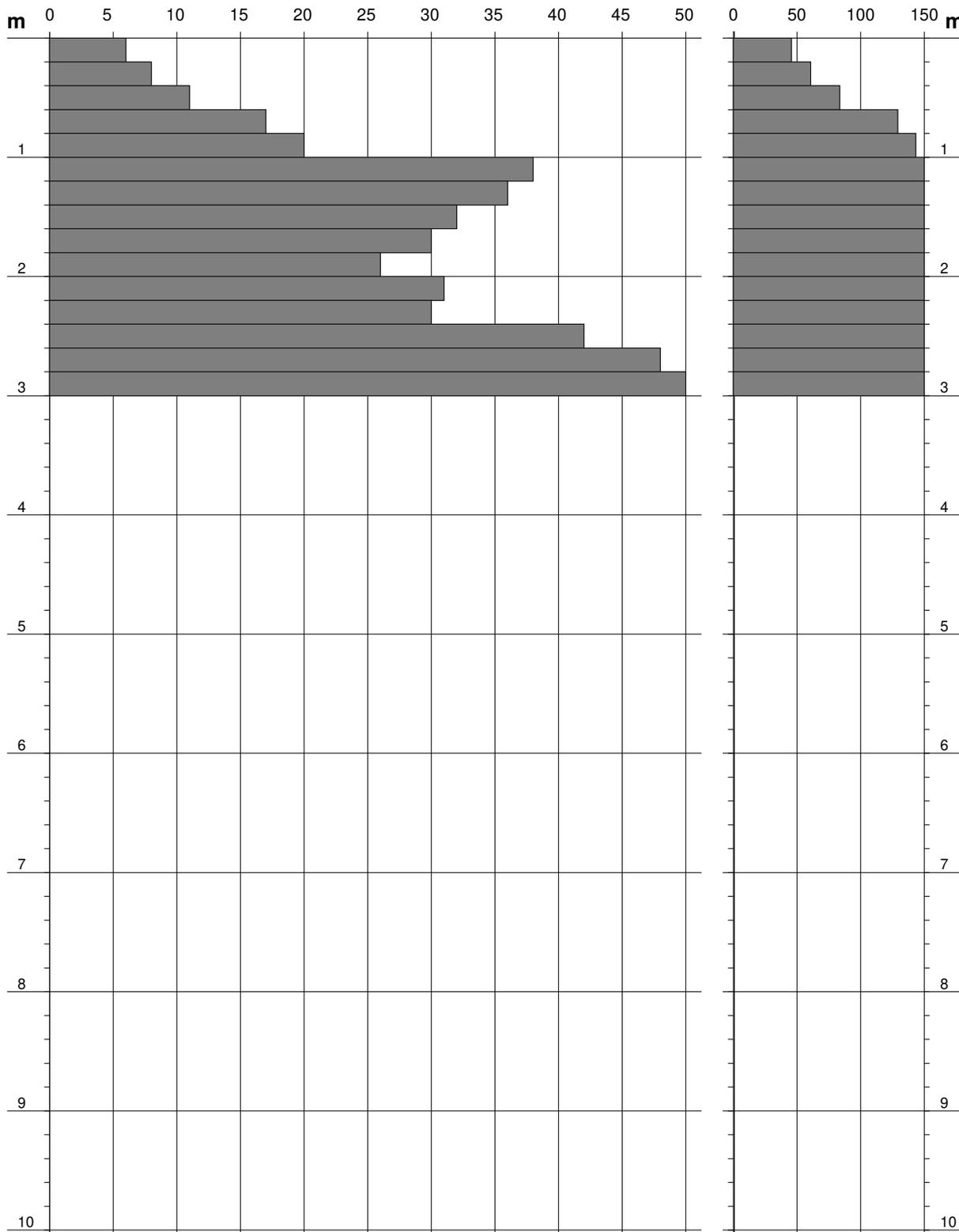
Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 5

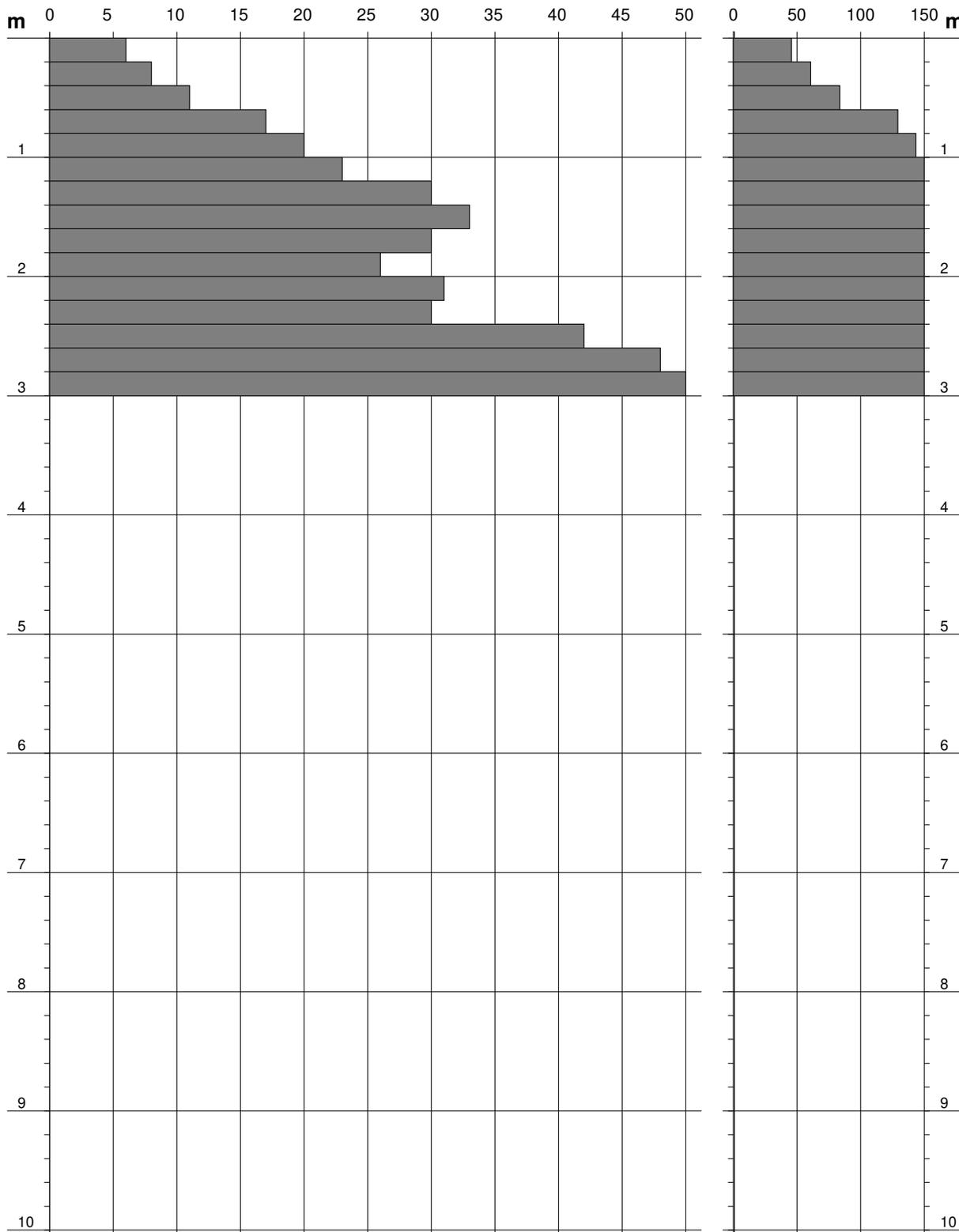
Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :
 - note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

N = N(20) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 20,00$ cm

Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

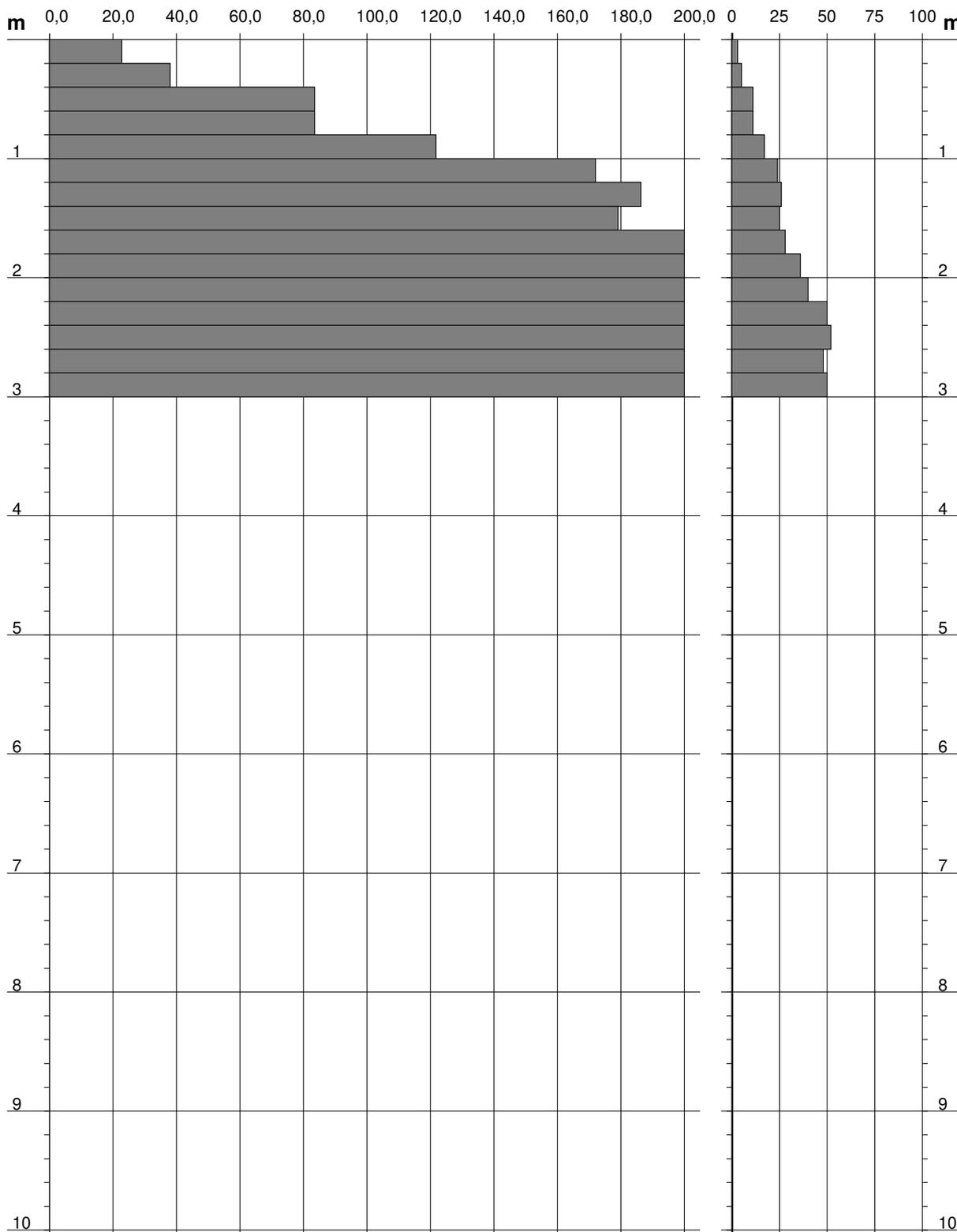
DIN 1

Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi $\delta = 20,00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

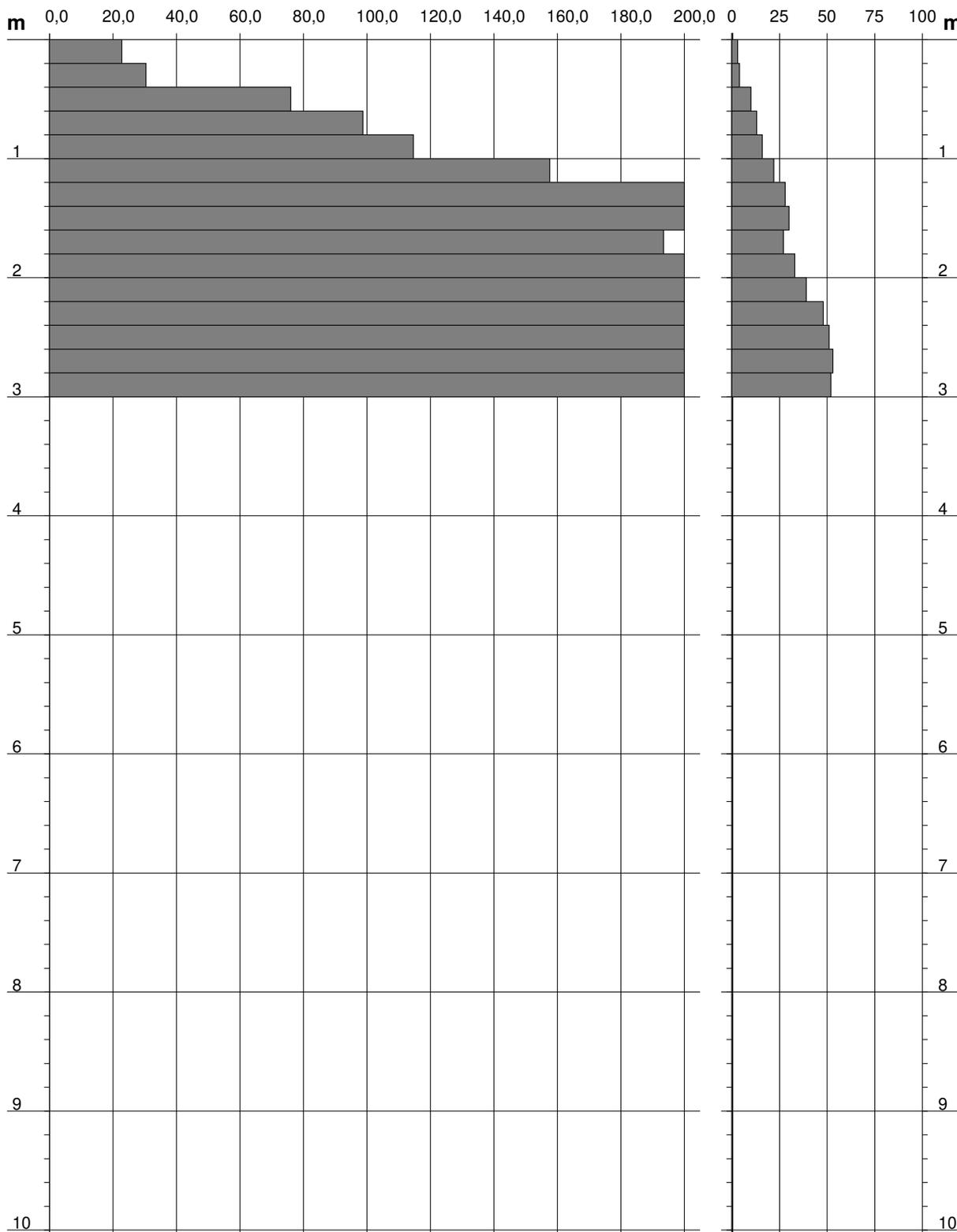
DIN 2

Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi $\delta = 20,00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

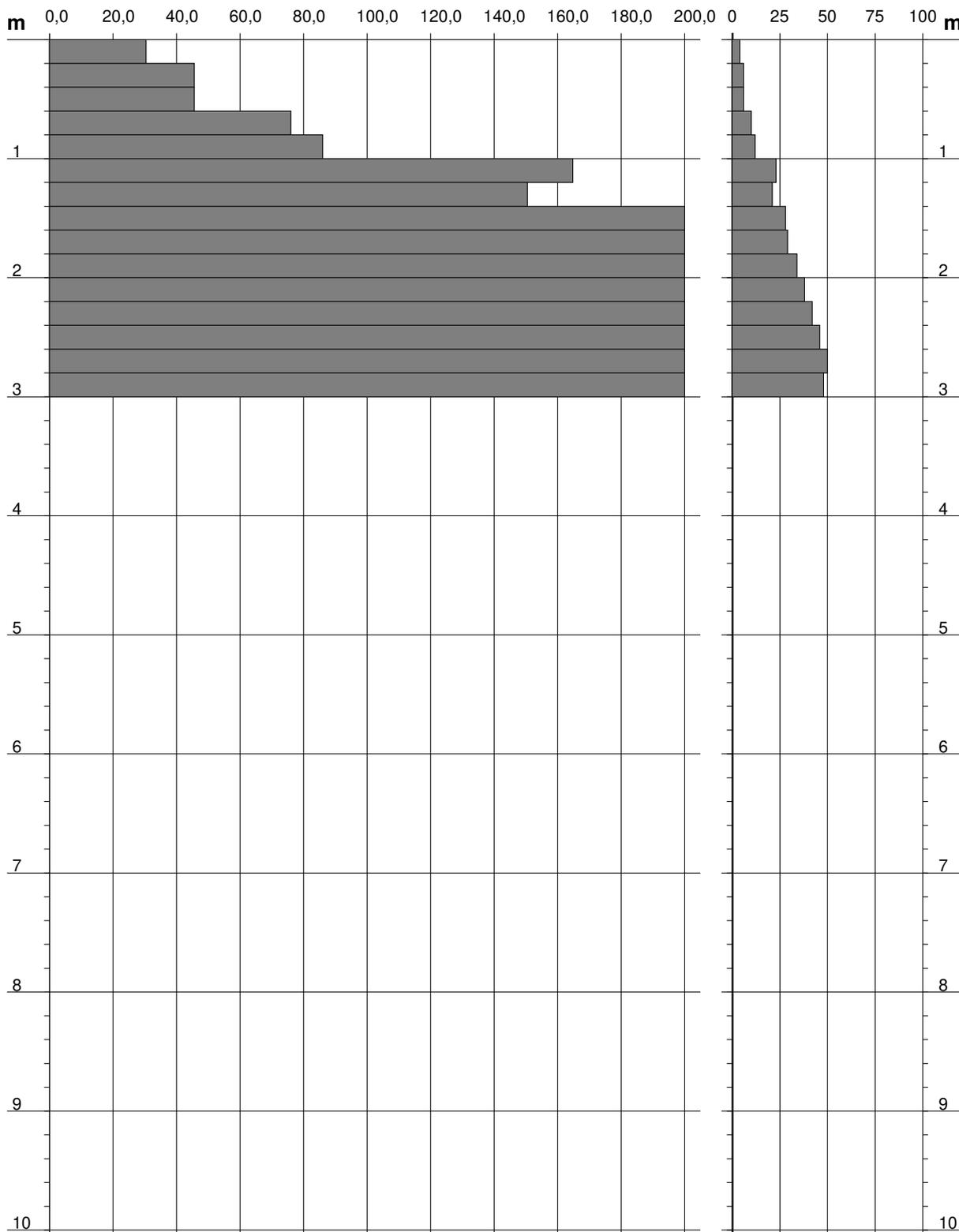
DIN 3

Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi $\delta = 20,00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

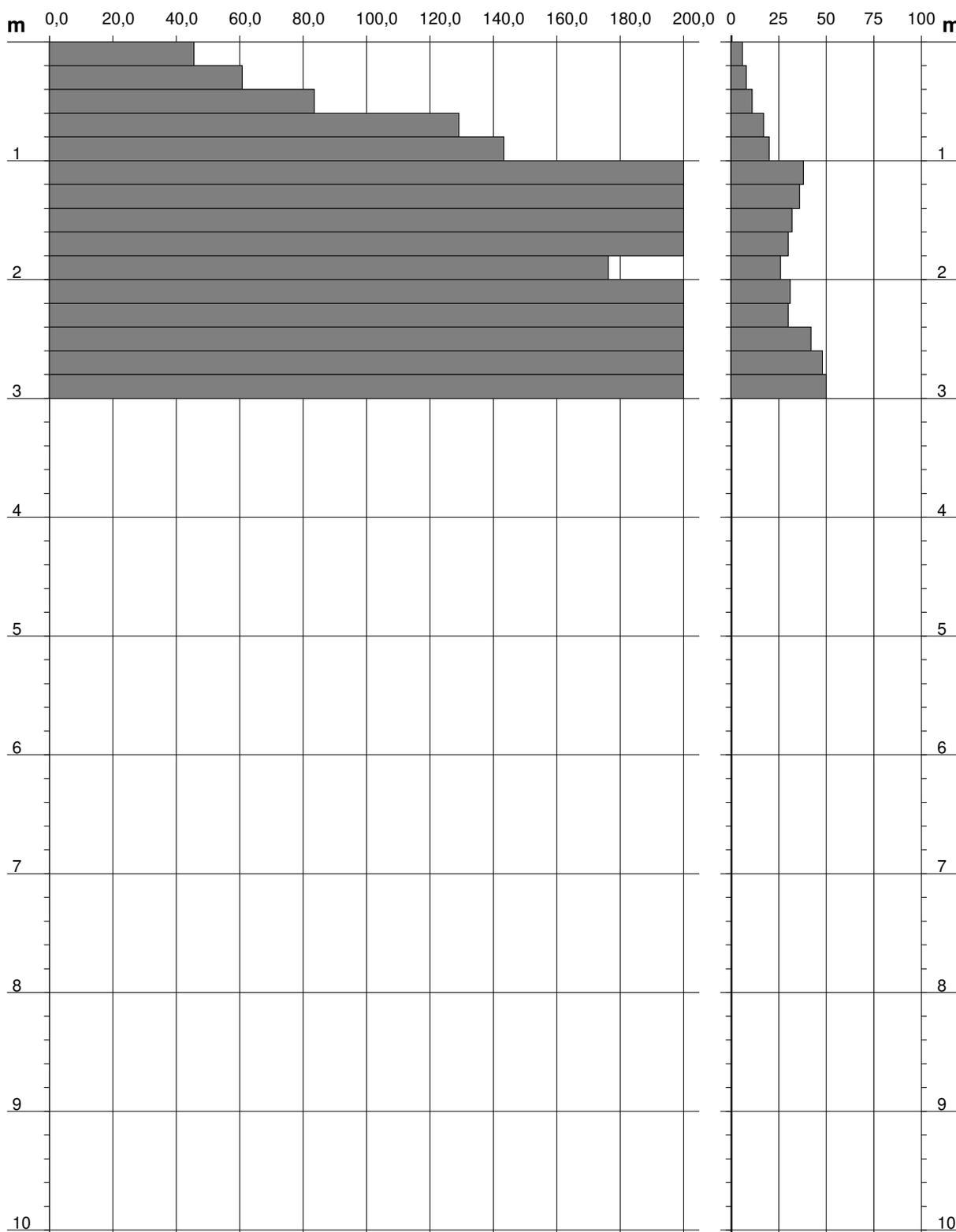
DIN 4

Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi $\delta = 20,00$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA RESISTENZA DINAMICA PUNTA

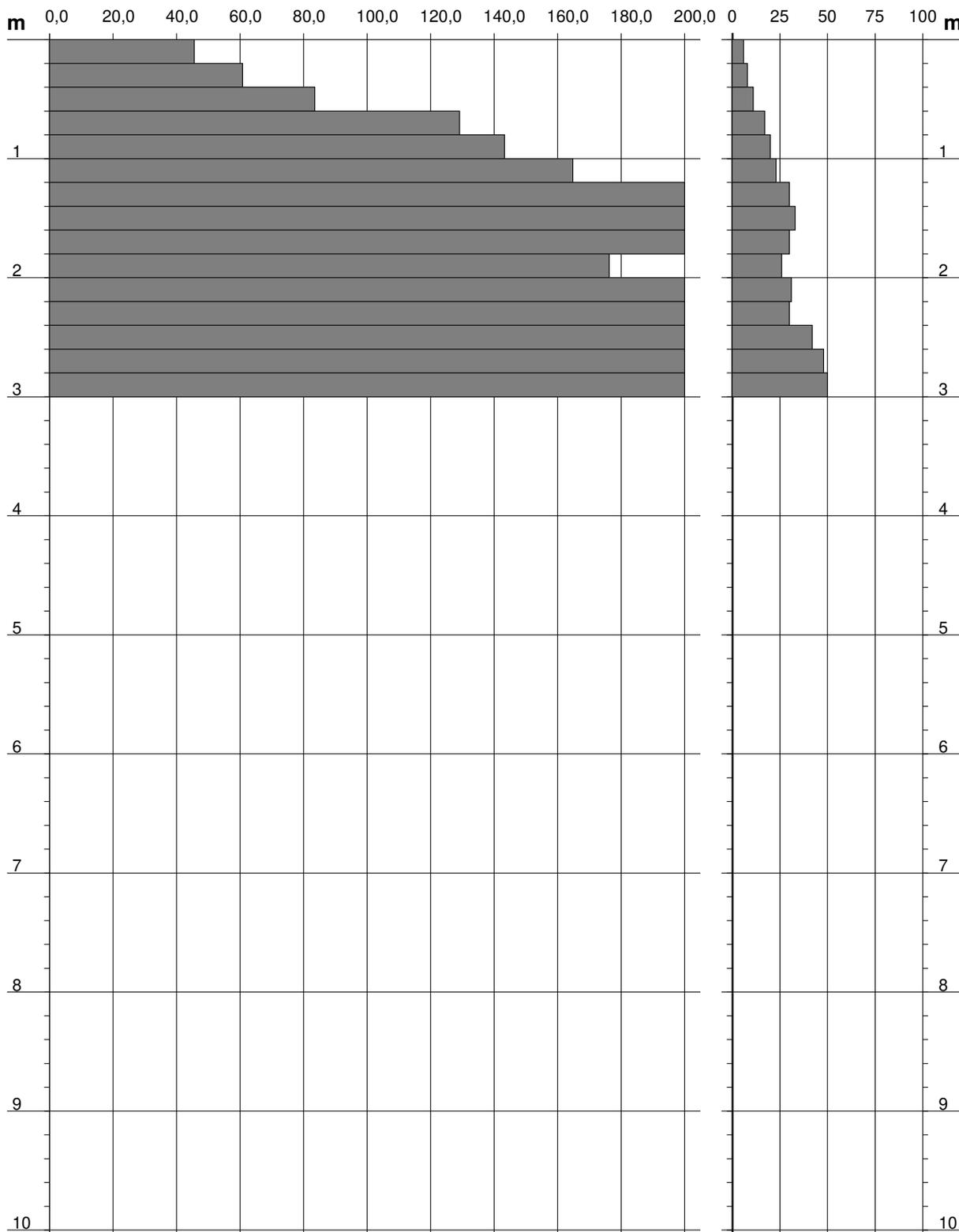
DIN 5

Scala 1: 50

- committente : Bertagna
 - lavoro : Realizzazione villette residenziali
 - località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
 - sperimentatore :
 - aiuto sperim. :

- data prova : 27/07/2021
 - quota inizio : piano campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - pagina n°:

Rpd (kg/cm²) Resistenza dinamica alla punta, formula "Olandese" N = N(20) n° colpi $\delta = 20,00$ cm



**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 1

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,80	N	7,5	3	11	5,3	----	----	----	8	1,52	12
			Rpd	57,0	23	84	39,9	----	----	----			
2	0,80	3,00	N	36,0	17	52	26,5	12,6	23,4	48,6	36	1,52	55
			Rpd	246,7	122	353	184,3	79,8	166,9	326,5			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	H1 H2		Nspt Vs G			NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q Litologia	
						Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0,00	0,80	12	88	83	38	30	144	1,94	1,52	0,75	72	1,92	31,2	0,842	3,04	
2	0,80	3,00	55	184	296	86	41	660	2,16	1,87	---	---	---	---	---	12,34	

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 2

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,80	N	7,5	3	13	5,3	----	----	----	8	1,52	12
			Rpd	57,0	23	99	39,9	----	----	----			
2	0,80	3,00	N	36,3	16	53	26,1	13,1	23,2	49,3	36	1,52	55
			Rpd	248,6	115	359	181,6	82,8	165,8	331,4			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 2

n°	H1 H2		Nspt Vs G			NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q	Litologia
						Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0,00	0,80	12	88	83	38	30	144	1,94	1,52	0,75	72	1,92	31,2	0,842	3,04	
2	0,80	3,00	55	184	296	86	41	660	2,16	1,87	---	---	---	---	---	12,33	

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 3

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,00	N	7,6	4	12	5,8	----	----	----	8	1,52	12
			Rpd	56,7	30	86	43,6	----	----	----			
2	1,00	3,00	N	35,9	21	50	28,5	10,5	25,4	46,4	36	1,52	55
			Rpd	245,7	151	339	198,1	65,0	180,6	310,7			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 3

n°	H1 H2		Nspt Vs G			NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q	Litologia
						Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0,00	1,00	12	92	83	38	30	144	1,94	1,52	0,75	72	1,92	31,2	0,842	2,99	
2	1,00	3,00	55	186	296	86	41	660	2,16	1,87	---	---	---	---	---	12,32	

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente : Bertagna	- data prova : 27/07/2021
- lavoro : Realizzazione villette residenziali	- quota inizio : piano campagna
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili	- prof. falda : Falda non rilevata
- sperimentatore :	
- aiuto sperim. :	- pagina n°:
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione	

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,00	N	12,4	6	20	9,2	----	----	----	12	1,52	18
			Rpd	92,5	46	143	69,0	----	----	----	90		
2	1,00	3,00	N	36,3	26	50	31,2	8,1	28,2	44,4	36	1,52	55
			Rpd	249,7	176	326	213,0	51,0	198,6	300,7	248		

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 4

n°	H1 H2		Nspt Vs G			NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA					Q Litologia	
						Dr	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ed	Ysat	W	e		
1	0,00	1,00	18	99	112	47	32	216	1,98	1,57	1,13	108	2,00	26,2	0,708	4,48	
2	1,00	3,00	55	186	296	86	41	660	2,16	1,87	---	---	---	---	---	12,38	

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
 Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
ELABORAZIONE STATISTICA**

DIN 5

- committente : Bertagna
- lavoro : Realizzazione villette residenziali
- località : Valeggio Sul Mincio (Vr), loc. Fenili
- sperimentatore :
- aiuto sperim. :
- note : prova conclusa a rifiuto ad infissione

- data prova : 27/07/2021
- quota inizio : piano campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina n°:

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,00	N	12,4	6	20	9,2	----	----	----	12	1,52	18
			Rpd	92,5	46	143	69,0	----	----	----			
2	1,00	3,00	N	34,3	23	50	28,7	9,2	25,1	43,5	34	1,52	52
			Rpd	235,3	165	326	200,1	56,7	178,6	292,1			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 20$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta^t = 1,52$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 5

n°	H1 H2		Natura Granulare			Natura Coesiva					Q Litologia						
													Nspt	Vs	G	Dr	ϕ'
1	0,00	1,00	18	99	112	47	32	216	1,98	1,57	1,13	108	2,00	26,2	0,708	4,48	
2	1,00	3,00	52	184	283	85	41	624	2,16	1,86	---	---	---	---	---	11,66	

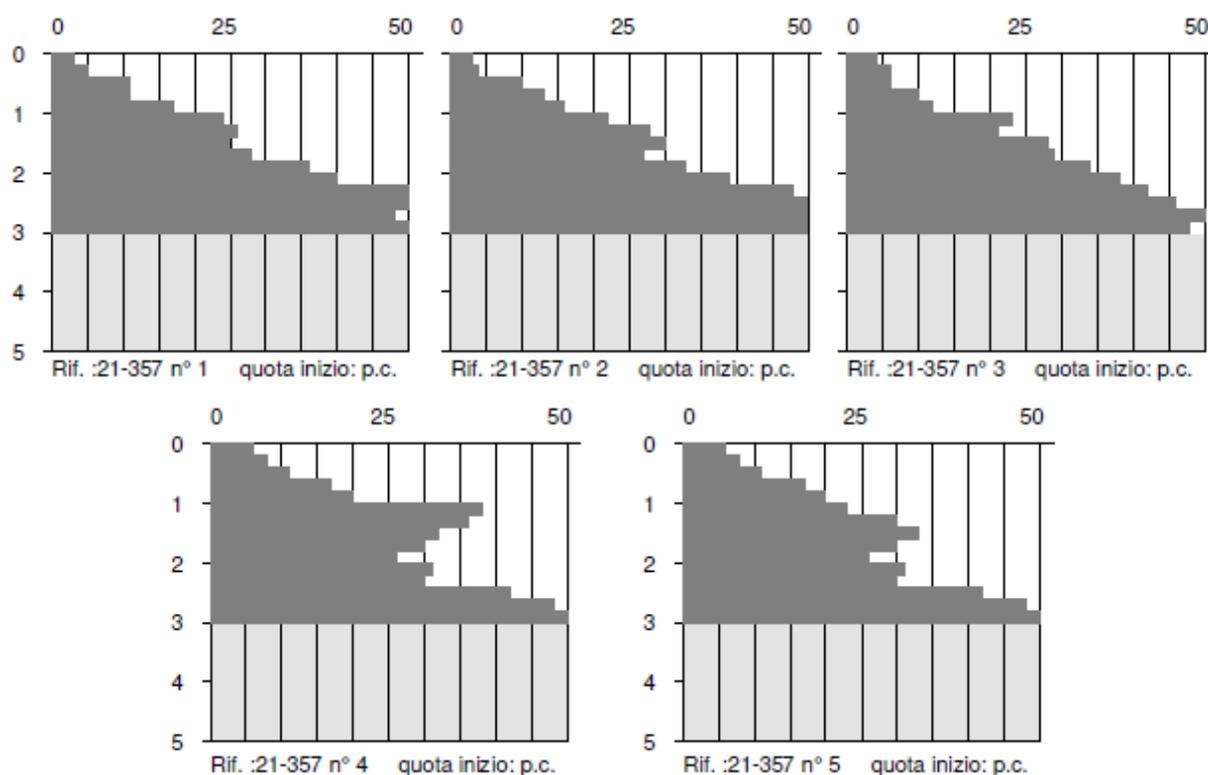
Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno
Vs (m/sec) = Velocità onde di taglio G (kg/cm²) = Modulo di taglio dinamico Q (kg/cm²) = [Rpd/Chi] [15>=Chi>=20] capacità portante Sanglerat 1972

2.4 Modellazione geotecnica

Le verticali indagate consentono di descrivere l'area come sostanzialmente omogenea in quanto hanno riconosciuto un comune motivo stratigrafico; di fatto, al di sotto del suolo antropizzato, in tutte le prove si è riscontrato un primo intervallo superficiale dotato di sufficiente resistenza geomeccanica seguito da una seconda unità litotecnica di caratteristiche geomeccaniche senz'altro buone; infine, alla profondità di circa 3 m si sono intercettati sedimenti molto addensati.

Per meglio comprendere i rapporti stratigrafici tra le unità litotecniche si riporta la correlazione dei diagrammi dei numeri di colpi registrati nelle due prove penetrometriche.



Di seguito si riassumono i valori medi dei parametri geotecnici caratteristici delle unità litotecniche presenti in loco; in assenza di verifiche di laboratorio eseguite su campioni indisturbati, i valori si intendono orientativi e trovano riscontro nella bibliografia geotecnica.

INTERVALLO (m da quota p.c.)	LITOLOGIA ORIENTATIVA	Cu (kPa)	ϕ (°)
p.c. ÷ -0,40	Suolo	--	--
-0,40 ÷ -1,20	Sedimenti medio-fini, misti granulari-coesivi	80 kPa	30°
-1,20 ÷ -3,00	Sedimenti granulari grossolani	--	36°

3. ASPETTI GEODINAMICI E SISMICITÀ

3.1 Determinazione categoria suolo di fondazione

La normativa classifica i suoli di fondazione sulla base del parametro Vs30 ossia la velocità media di propagazione delle onde sismiche nei primi 30 metri di profondità; per la determinazione del Vs30 si è utilizzata una tecnologia a sismica passiva (Tromino ®) con misura del rumore sismico; le rilevazioni consentono di stimare il valore di Vs30 mediante l'inversione dei valori H/V (spessore strato/ velocità) a partire dalla misura delle frequenze del micro-tremore comprese nell'intervallo 0,1 ÷ 200 Hz.

Di seguito si propone il Report dell'indagine.

TROMINO® Grilla

Strumento: TRZ-0021/01-09

Durata registrazione: 0h16'00"

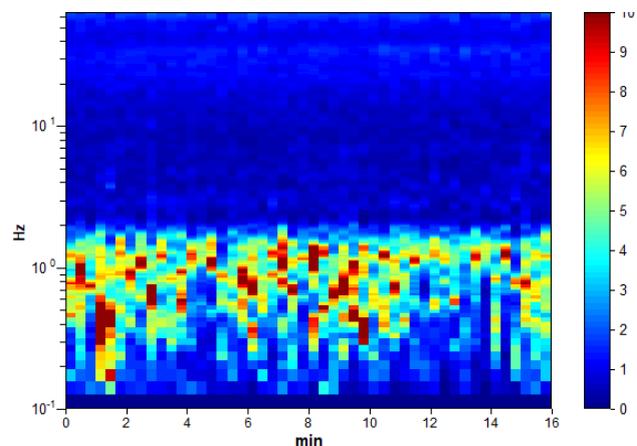
Analizzato 100% tracciato

Freq. campionamento 128 Hz

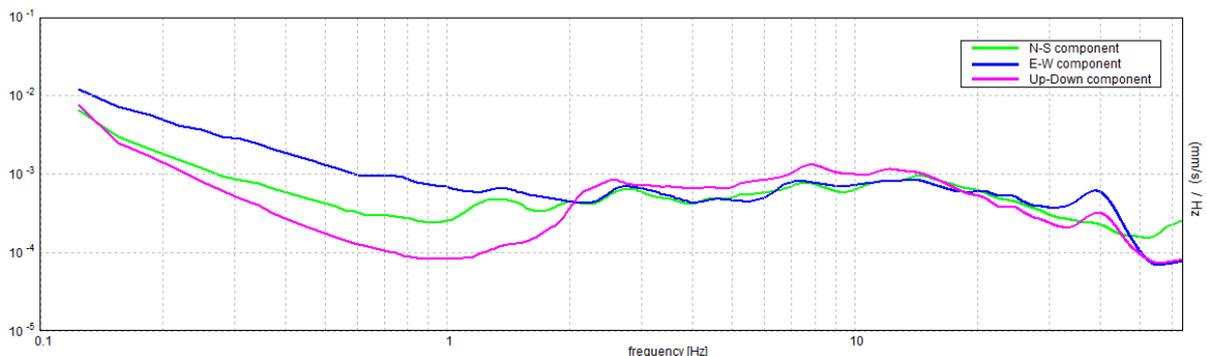
Tipo di liscio: Triangular

Liscio: 10%

SERIE TEMPORALE H/V

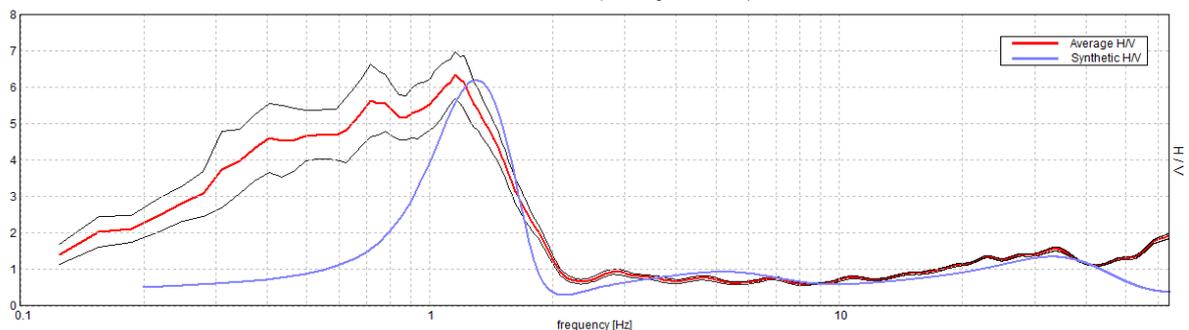


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



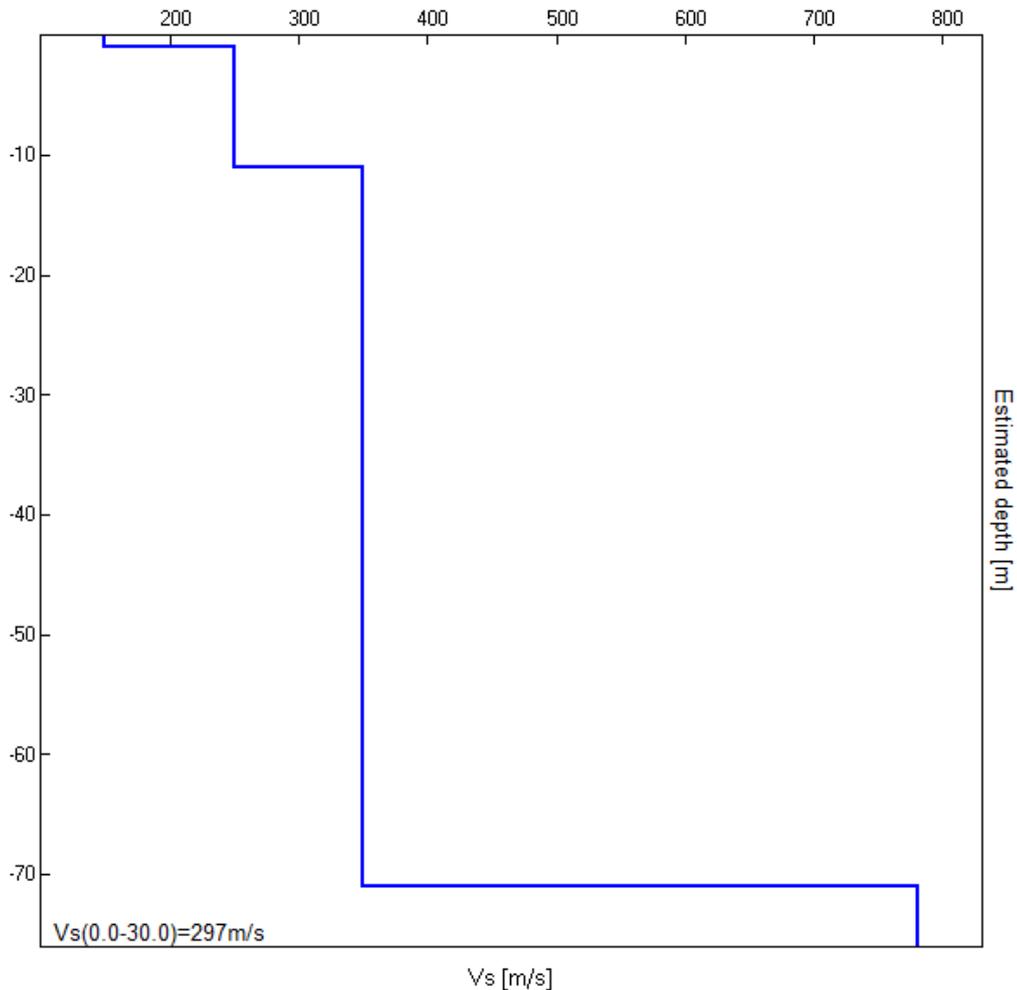
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 1.16 ± 0.27 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
1,00	1,00	150
11,00	10,00	250
71,00	60,00	350
Inf.	Inf.	780

$V_{S30} = 297 \text{ m/s}$



TROMINO® Grilla

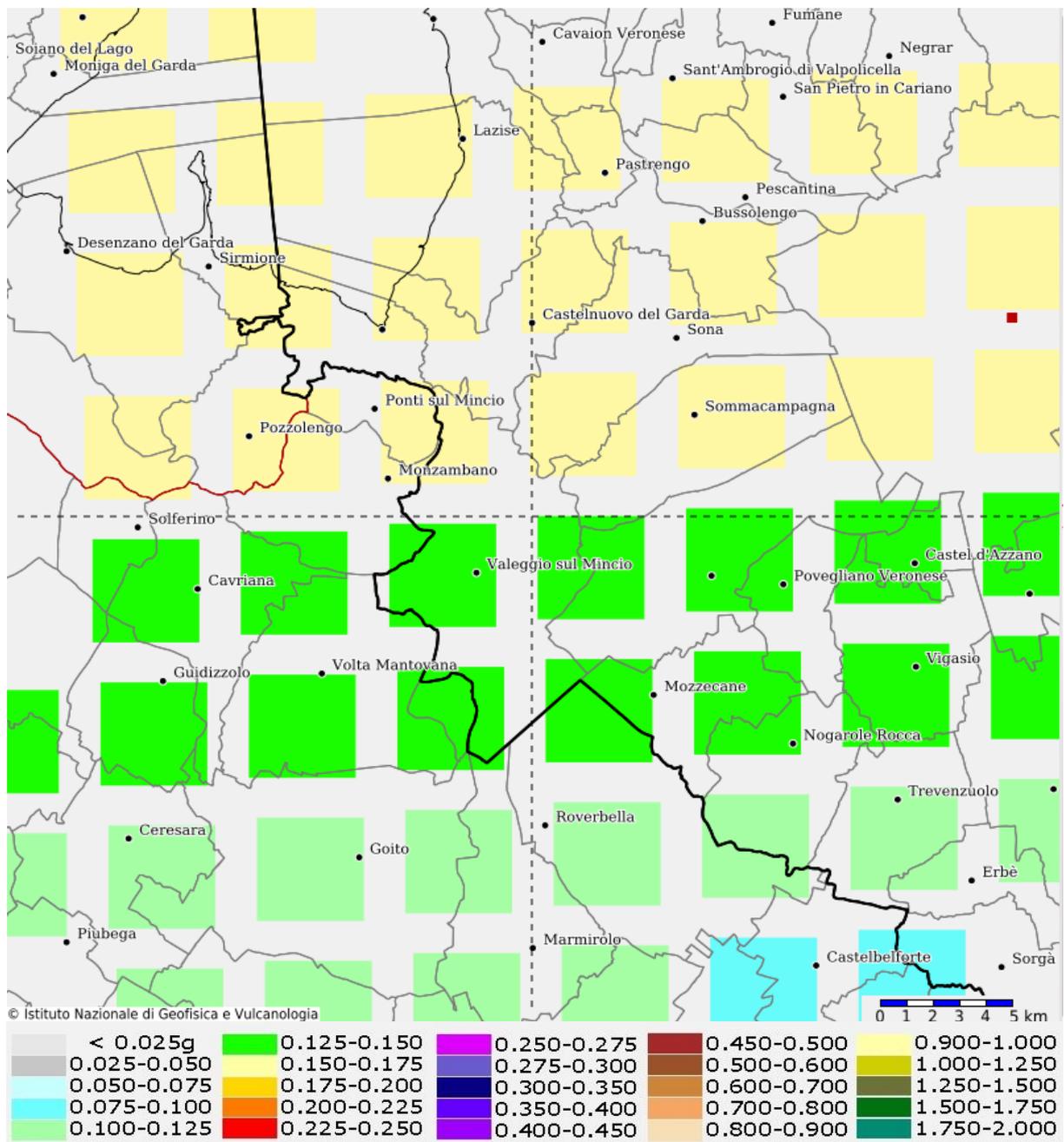
Il valore di $V_{S30} = 297 \text{ m/s}$ ci permette di classificare i terreni come:

Categoria suolo di fondazione C – depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50$; $70 < c_U < 250 \text{ kPa}$).

3.2 Zonazione sismica

La zonazione sismica è definita su base territoriale e, con la recente entrata in vigore della DGR del Veneto n. 244 del 9 marzo 2021 (*Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche – BUR n. 38 del 16.03.2021*), il territorio comunale di Valeggio sul Mincio (ISTAT 023089) è stato collocato in Zona 2 (Allegato B DGR 244/2021).

Il Pericolo sismico viene definito, in accordo con quanto disposto dall'OPCM. 3519/2006, a partire dal valore dell'accelerazione massima attesa al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi caratterizzati da $V_{S30} > 800$ m/s); secondo la mappa elaborata a tale scopo dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), i valori di a_g nel sito sono compresi nell'intervallo $0,150\text{ g} \pm 0,175\text{ g}$.



Mappa di pericolosità sismica (fonte sito INGV: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/s1.php>)

3.3 Dati sismici per le verifiche degli stati limite

Le verifiche progettuali devono essere effettuate applicando i dati di azione sismica specifici per ciascun sito; tali dati sono determinati a partire dalla posizione geografica (latitudine/longitudine), dalla categoria topografica, dalla categoria del suolo di fondazione, dalla classe d'uso dell'edificio (c_U) e dalla vita nominale (v_N); pertanto, sulla scorta delle informazioni fornite dal Progettista, è possibile, avvalendoci dei dati elaborati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, fornire i seguenti dati di azione sismica utilizzabili nelle Verifiche agli Stati Limite ossia delle condizioni superate le quali la struttura in esame non soddisfa più i requisiti per i quali è stata progettata.

Segue il riepilogo dei dati sismici relativi a tutti gli stati limite.

COORDINATE SITO (SISTEMA ED50)	LATITUDINE 45,373103	LONGITUDINE 10,761221	
CAT. SOTTOSUOLO C	CAT. TOPOGRAFICA T1	PERIODO RIFERIMENTO 50anni	COEFFICIENTE c_U 1
STATO LIMITE	PARAMETRI SISMICI		COEFFICIENTI SISMICI
SLO (Operatività)	Prob. di superamento:	81 [%]	Ss: 1,500
	Tr:	30 [anni]	Cc: 1,700
	ag:	0,039 g	St: 1,000
	Fo:	2,564	Kh: 0,012
	Tc*:	0,234 [s]	Kv: 0,006
			Amax: 0,575
			Beta: 0,200
SLD (Danno)	Prob. di superamento:	63 [%]	Ss: 1,500
	Tr:	50 [anni]	Cc: 1,660
	ag:	0,053 g	St: 1,000
	Fo:	2,484	Kh: 0,016
	Tc*:	0,250 [s]	Kv: 0,008
			Amax: 0,777
			Beta: 0,200
SLV (salvaguardia Vita)	Prob. di superamento:	10 [%]	Ss: 1,480
	Tr:	475 [anni]	Cc: 1,610
	ag: 0,151 g		St: 1,000
	Fo:	2,426	Kh: 0,054
	Tc*:	0,276 [s]	Kv: 0,027
			Amax: 2,188
			Beta: 0,240
SLC (prevenzione Collasso)	Prob. di superamento:	5 [%]	Ss: 1,410
	Tr:	975 [anni]	Cc: 1,600
	ag:	0,196 g	St: 1,000
	Fo:	2,471	Kh: 0,066
	Tc*:	0,278 [s]	Kv: 0,033
			Amax: 2,712
			Beta: 0,240

3.4 Liquefazione dei terreni

La liquefazione denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante uno scuotimento sismico tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno; in questo contesto il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Secondo quanto disposto dalle NTC (rif. 7.11.3.4 *Stabilità nei confronti della liquefazione*) riguardo al rischio di liquefazione in presenza di terreni saturi prevalentemente sabbiosi, tale verifica può essere omessa qualora sussista almeno una delle seguenti condizioni:

1. *accelerazione max attesa al suolo $a_g < 0,100 g$;*
2. *profondità media stagionale della falda $> 15 m$ da piano campagna;*
3. *sabbie pulite con resistenza $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$; i precedenti termini, relativi rispettivamente a risultanze di prove dinamiche e di prove statiche, si riferiscono a valori di resistenza normalizzati ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;*
4. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle Fig. 7.11.1(a) e (b) delle NTC.*

La profondità media stagionale della falda 35-40 m ($>15 m$) soddisfa la seconda delle precedenti condizioni di esclusione; pertanto, non risulta necessario procedere alla verifica del rischio di liquefazione del substrato.

CONCLUSIONI GEOLOGICO-SISMICHE

Dai rilievi eseguiti è possibile indicare l'area come stabile da un punto di vista geomorfologico e non presenta dissesti in atto o potenziali; l'area risulta stabile da un punto di vista idraulico e non risulta gravata da vincoli.

I sedimenti intercettati al di sotto del suolo non presentano particolari penalità di ordine geotecnico, mostrando valori di resistenza variabili da sufficienti a molto buoni.

La falda è risultata assente almeno fino alla profondità di $-3 m$ da piano campagna.

Da un punto di vista sismico, Valeggio sul Mincio è classificato in Zona 2 (DGR 244/2021) e l'indagine sismica ha riconosciuto suolo di tipo C ($V_{s30} = 297 m/s$).

In merito alla liquefacibilità dei sedimenti, i terreni di fondazione non sono risultati soggetti a verifica del rischio.

RELAZIONE GEOTECNICA

(NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 17.01.2018
 – CIRCOLARE 2 FEBBRAIO 2009 N. 617, C.S.LL.PP.)

4. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), le verifiche geotecniche debbono essere eseguite agli stati limite ultimi (SLU), in tal senso è necessario verificare che l'azione agente di progetto sia non maggiore della resistenza di progetto disponibile ossia $Ed \leq Rd$; il coefficiente di sicurezza non compare esplicitamente nella verifica, ma è introdotto attraverso più coefficienti parziali utilizzati per la valutazione delle azioni agenti e resistenti di progetto a partire dai valori caratteristici del terreno.

I coefficienti di sicurezza parziali (vedi tabelle successive) amplificano i valori caratteristici delle *azioni instabilizzanti (A)* e riducono i valori caratteristici delle *proprietà meccaniche del terreno (M)* e della *struttura (R)*.

Tabella 6.2.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F (O γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F (O γ_E)	(M1) STR	(M2) GEO
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_{γ}	1,0	1,0

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 6.8.I - Coeff. parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

coefficienti	R2
γ_R	1,1

4.1 Verifica al collasso per carico limite

Le nuove Norme Tecniche (NTC 2018), diversamente da quanto consentito dalle precedenti norme (NTC 2008), richiedono che le verifiche agli Stati Limite Ultimi per le opere fondali debbano essere eseguite con l'APPROCCIO 2 che prevede un'unica combinazione (A1+M1+R3) dei gruppi di coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I.

Allo stato attuale non sono note le caratteristiche geometriche e di carico dei singoli edifici e pertanto le ipotesi di verifica successive si riferiscono a strutture tipo; tali dati cautelativi sono proposti a seguire assieme ai parametri geotecnici del terreno interessato dalle opere fondali.

CARATTERISTICHE GENERALI FONDAZIONE

Tipologia fondale	PLATEA
Dimensioni (B x L)	10 x 15
Piano di posa	-0,80 m

VALORI CARATTERISTICI DEL TERRENO (f_k) SUL PIANO DI POSA

Angolo resistenza al taglio	$\phi'k = 30^\circ$ (cautelativo)
Resistenza non drenata	$c_k = --$ kPa
Peso volume terreno secco	$\gamma_{dr} = 15,50$ kN/m ³

CARICO DI ESERCIZIO NON FATTORIZZATO (E_d)

$E_d = 4.425,00$ kN	[0,30 kg/cm²]
---------------------------------------	---------------------------------

Seguono le verifiche SLU al collasso per raggiungimento del carico limite dei terreni di fondazione in condizioni statiche e sismiche; si precisa che sulla scorta delle indicazioni fornite dalla Circolare n. 617/09 del C.S.LL.PP. l'analisi degli stati limite in condizioni sismiche prevede l'applicazione alle forze agenti sulla fondazione di coefficienti parziali unitari; per tener conto degli effetti inerziali indotti dal sisma sulla determinazione della resistenza di progetto (R_d) vengono introdotti specifici fattori correttivi applicati alla resistenza del terreno R (Richards 1993; Maugeri 1994 et. al.).

Verifica SLU - Collasso per carico limite terreni				Condizioni Statiche	
FORZE AGENTI SULLA FONDAZIONE (A1)			COMBINAZIONE UNICA		
Carichi non fattorizzati	Coeff. Parziali (γ_A)		Carichi fattorizzati		
CARICHI GRAVANTI IN TESTA ALLA FONDAZIONE					
permanenti strutturali	2500,00 kN	1,30	γ_{G1}	3250,00 kN	
permanenti non strutturali	0,00 kN	1,50	γ_{G2}	0,00 kN	
variabili	800,00 kN	1,50	γ_{Qi}	1200,00 kN	
CARICHI GRAVANTI SUL FONDO SCAVO DELLA FONDAZIONE					
peso proprio fondazione	1125,00 kN	1,30	γ_{G1}	1462,50 kN	
peso terreno sovrastante	0,00 kN	1,30	γ_{G1}	0,00 kN	
				Ed =	5912,50 kN
PARAMETRI GEOTECNICI (M1)					
Valori non fattorizzati	Coeff. Parziali (γ_M)		Valori fattorizzati		
PARAMETRO CARATTERISTICO					
angolo di attrito (ϕ_k)	30,0 °	1,00	($\text{tg}\phi_k * \gamma_{\phi}$)	30,0 °	
coesione efficace (c'_k)	0 kPa	1,00	γ_C	0 kPa	
resistenza non drenata (c_{uk})	0 kPa	1,00	γ_{CU}	0 kPa	
RESISTENZA DI PROGETTO (R1)					
formula di Brinch-Hansen					
$q_{lim} = 0,5 * \gamma * B * N_{\gamma} * s_{\gamma} * i_{\gamma} + c * N_c * s_c * i_c + \gamma * h * N_q * s_q$		1603,80 kN/m ²		16,04 kg/cm ²	
Valore non fattorizzato		Coeff. Parziale (γ_R)		valore fattorizzato	
R (= $q_{lim} * A' = q_{lim} * B * L$)	240570,00 kN	2,30	R/ γ_R = Rd = 104595,65 kN		
Verifica Statica Approccio 2 - (A1+M1+R3)				esito: OK	
Ed = 5912,50 kN < 104595,7 kN = Rd				Rd / Ed = 17,69	

Verifica SLU - Collasso per carico limite terreni				Condizioni Sismiche	
FORZE AGENTI SULLA FONDAZIONE (A2)			COMBINAZIONE UNICA		
Carichi non fattorizzati	Coeff. Parziali (γ_A)		Carichi fattorizzati		
CARICHI GRAVANTI IN TESTA ALLA FONDAZIONE					
permanenti strutturali	2500,00 kN	1,00	γ_{G1}	2500,00 kN	
permanenti non strutturali	0,00 kN	1,00	γ_{G2}	0,00 kN	
variabili	800,00 kN	1,00	γ_{Qi}	800,00 kN	
CARICHI GRAVANTI SUL FONDO SCAVO DELLA FONDAZIONE					
peso proprio fondazione	1125,00 kN	1,00	γ_{G1}	1125,00 kN	
peso terreno sovrastante	0,00 kN	1,00	γ_{G1}	0,00 kN	
				Ed =	4425,00 kN
PARAMETRI GEOTECNICI (M2)					
Valori non fattorizzati	Coeff. Parziali (γ_M)		valori fattorizzati		
PARAMETRO CARATTERISTICO					
angolo di attrito (ϕ_k)	30,0 °	1,00	($\text{tg}\phi_k * \gamma_{\phi}$)	30,0 °	
coesione efficace (c'_k)	0 kPa	1,00	γ_C	0 kPa	
resistenza non drenata (c_{uk})	0 kPa	1,00	γ_{CU}	0 kPa	
RESISTENZA DI PROGETTO (R2)					
formula di Brinch-Hansen					
$q_{lim} = 0,5 * \gamma * B * N_{\gamma} * s_{\gamma} * i_{\gamma} * h_{\gamma f} + c * N_c * s_c * i_c * h_{cf} + \gamma * h * N_q * s_q * i_q * h_{qf} =$		1292,01 kN/m ²			
Valore non fattorizzato		Coeff. Parziali (γ_R)		valore fattorizzato	
R (= $q_{lim} * A' = q_{lim} * B * L$)	193801,50 kN	2,30	R/ γ_R = Rd = 84261,52 kN		
Verifica Sismica Approccio 2 - (A1+M1+R3)				esito: OK	
Ed = 4425,00 kN < 84261,5 kN = Rd				Rd / Ed = 19,04	

5. VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

5.1 Calcolo dei cedimenti

Le verifiche relative alle deformazioni (cedimenti) si effettuano considerando i valori dei parametri geotecnici caratteristici (non fattorizzati) ed utilizzando come sollecitazione sul terreno il carico di esercizio E_d .

Per la calcolazione dei cedimenti si utilizza un programma di calcolo basato sull'elaborazione dei dati ricavati dalle prove penetrometriche eseguite in sito sul volume di terreno significativo; considerando un sottosuolo suddiviso in strati omogenei, una fondazione di forma semplice (quadrata, rettangolare e circolare) uniformemente caricata, la teoria dell'elasticità fornisce la stima dei cedimenti mediante la seguente espressione:

$$\text{cedimento } S = q \cdot B \cdot l \cdot (1-\nu^2) \cdot (1/E)$$

q = carico applicato in superficie

B = lunghezza del lato minore della fondazione

l = coeff. di influenza, dipendente d forma e rigidezza della fondazione

ν = coeff. di Poisson

E = modulo di deformazione

Cedimenti S.L.E.

TIPOLOGIA FONDALE	PLATEA				
DIMENSIONI (B x L)	10 x 15 m				
CARICO DI ESERCIZIO (E_d)	4.250,0 kN				
PRESSIONE DI ESERCIZIO	0,30 kg/cm ² [= $E_d / (B \times L)$]				
RIF. PROVA DIN	1	2	3	4	5
CEDIMENTO S (cm)	1,11	1,26	1,57	0,93	0,97

CONCLUSIONI DI CARATTERE GEOTECNICO

Le verifiche agli Stati Limite Ultimi eseguite nei confronti del collasso dei terreni fondazione per le ipotesi considerate sono risultate soddisfatte sia nelle condizioni a breve termine (condizioni statiche) che a lungo termine (condizioni sismiche).

I cedimenti assoluti calcolati al capitolo precedente risultano ampiamente accettabili e ritenuti tali anche dalla letteratura geotecnica (cfr. Sower, 1963) che per costruzioni di tipo tradizionale considera ammissibili cedimenti fino a 3 cm; la buona corrispondenza laterale delle unità litotecniche è riconoscibile dai valori dei cedimenti differenziali che risultano contenuti (< cm). Le previsioni di non realizzare porzioni o locali interrati consente di escludere qualsiasi interferenza con la falda, anche nel caso di formazioni di falde effimere più superficiali rispetto alle quote note di soggiacenza media.

La modesta profondità di scavo (<1 m) non richiede particolari accorgimenti in ordine alla sicurezza dei mezzi e del personale operante in cantiere; per la massima accortezza, si consiglia il transito dai cigli di scavo ad una distanza pari almeno all'altezza di sbancamento.

BIBLIOGRAFIA

Riferimenti bibliografici, normativi e cartografici

- *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche* Associazione Geotecnica Italiana – A.G.I. (1977).
- *Elementi di Geotecnica*, Zanichelli Ed. (1996) – P. Colombo, F. Colleselli;
- *Geotecnica*, Zanichelli Ed. (1993) – R. Lancellotta.
- *Il Manuale del Geologo*, Pitagora Ed. (1995) – M. Casadio, C. Elmi, F. Francavilla.
- Ord. C.M. n. 3274 del 20.03.03: *primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*;
- D.M. 17.01.2018: *Norme Tecniche per le Costruzioni (G.U. n. 42. del 20.02.2018)*;
- DGR n. 244 del Veneto del 09/03/2021 (*BUR 38 del 16 marzo 2021*)
- Nunziante Marino, maggio 2006: *Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile aggiornato agli Eurocodici 7 e 8 – effetti sismici*, Maggioli Editore.
- TAVOLETTA I.G.M. – Peschiera, scala 1:25.000
- CARTA TECNICA REGIONALE (C.T.R.) – 144023 Venturelli, scala 1:5.000.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA, F. 48 Peschiera – scala 1:100.000, a cura del Servizio Geologico d'Italia;
- CARTA GEOLOGICA DELL'ANFITEATRO MORENICO FRONTALE DEL GARDA – SCALA 1:40.000, Venzo 1965;
- CARTA DELLE UNITÀ GEOMORFOLOGICHE DEL VENETO – SCALA 1:250.000, a cura della Regione Veneto;
- CARTA VINCOLI E PIANIFICAZIONE TERRITORIALE allegata al P.A.T. – SCALA 1:10.000.
- CARTA FRAGILITÀ allegata al P.A.T. – SCALA 1:10.000