

Presidenza del Consiglio dei Ministri

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ALLA RICOSTRUZIONE NEL TERRITORIO DELLE
REGIONI EMILIA-ROMAGNA, TOSCANA E MARCHE
ORDINANZA N. 8/2024

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

**ER-SOUR-002677- OPERE DI SOMMA URGENZA PER LA
REALIZZAZIONE DI VASCA DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL
CANALE AUSA NUOVA PER LA PROTEZIONE DELL'ABITATO DI
SELBAGNONE**

CUPI78H23000420002

B.1

Relazione geologica e geotecnica
e prove geotecniche

Scala
-

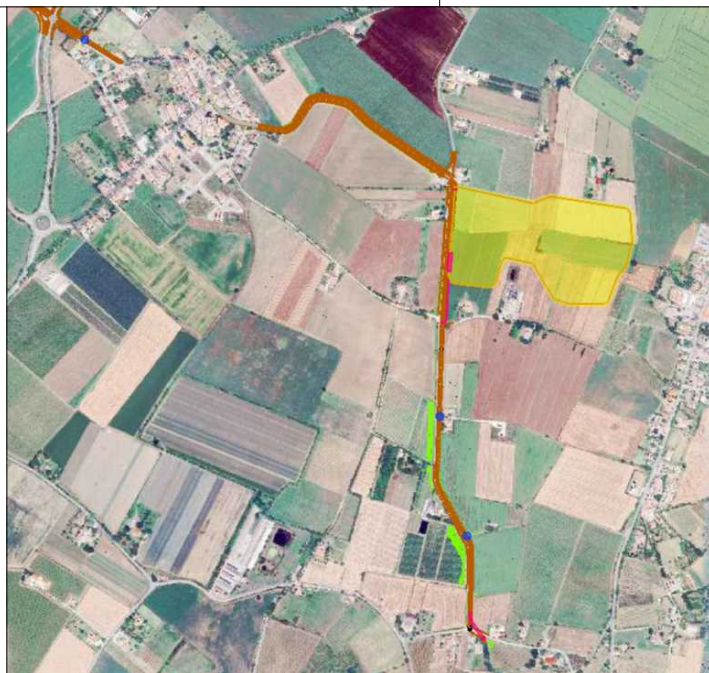
RESPONSABILE UNICO DEL PROGETTO
Ing. Rita Coli

PROGETTISTA GENERALE
Ing. Stefano Cassarini

Stefano Cassarini



VISTO
Il direttore tecnico
Ing. Andrea Cicchetti



Cod. progetto	Rev.	Descrizione	Data
T4_2024-05	0	Emissione	Gennaio 2025
	1		
	2		
	3		

PROVINCIA DI FORLÌ-CESENA
COMUNE DI FORLIMPOPOLI
COMUNE DI BERTINORO

Titolo

Opere di somma urgenza per realizzazione di vasca di laminazione delle piene del canale Ausa Nuova per la protezione dell'abitato di Selbagnone.

Oggetto

Relazione geologica - geotecnica

Committenti

Consorzio Bonifica Romagna

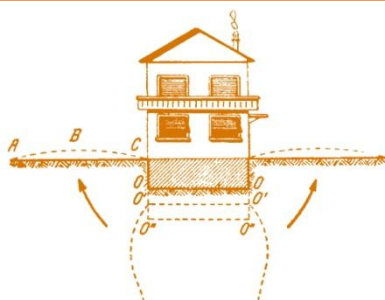
Sede di Cesena,
Via Lambruschini, 195 47521 Cesena

Montiano, Febbraio 2025

dottor geologo
Alessandro Bondi



Studi geologici
ed indagini
geognostiche



dottor
geologo Bondi Alessandro

Studio Tecnico di Geologia

via Castello Montenovo n°1- 47020 Montiano (FC)

Tel. 0547 327051 - Cell 335/5426928

P.Iva: 02463050407 - CF: BNDLSN68B15C573S

Opere di somma urgenza per realizzazione di vasca di laminazione delle piene del canale Ausa Nuova per la protezione dell'abitato di Selbagnone.

Relazione geologica - geotecnica

Committente: CONSORZIO BONIFICA ROMAGNA

INDICE

1. Premessa e riferimenti cartografici	pag. 3
2. Indagini eseguite	pag. 3
3. Generalità ed inquadramento geomorfologico	pag. 4
4. Idrologia ed idrogeologia	pag. 4
5. Orientamenti geotecnici	pag. 5
6. Valutazioni orientative dei cedimenti indotti	pag. 5
7. Aspetti sismici	pag. 6
8. Valori indicativi dei parametri geotecnici per strati omogenei di terreno	pag. 7
9. Conclusioni	pag. 8

ALLEGATI





1. Corografia in scala 1:25.000	pag. 09
2. Carta Geologica Regionale in scala 1:5.000	pag. 10
3. Piano stralcio PSAI	pag. 11
4. Carta sismotettonica	pag. 11
5. Ubicazione satellitare sito di progetto e parametri sismici	pag. 12
6. Maglie rete sismica	pag. 12
7. Sondaggio sismico tipo HVSR	pag. 13
8. Grafico resistenza alla punta da prova penetrometrica statica	pag. 14
9. Grafico valutazioni litologiche da prova penetrometrica statica	pag. 15
10. Parametri geotecnici prova penetrometrica statica	pag. 16



1 Premessa e riferimenti cartografici

È stata svolta un'indagine geologico - geotecnica in data 20 e 25 gennaio 2025 al fine di analizzare i terreni interessati dalla realizzazione di una vasca di laminazione delle piene del Rio Ausa e opere annesse ubicata in località Selbagnone nei Comuni di Forlimpopoli e Bertinoro.

I terreni in esame rientrano nelle seguenti tavole cartografiche:

-  Carta topografica in scala 1:50.000, Foglio n. 255 “Cesena”.
-  Carta topografica in scala 1:25.000, Tavola n. 255 – NO “Forlimpopoli”.
-  Sezione C.T.R. in scala 1:10.000 n. 255020 “Bertinoro”.
-  Elemento C.T.R. in scala 1:5.000 n. 255022 “Bertinoro”.

2 Indagini eseguite

Sono state eseguite tre prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT) spinte alla profondità di – 20,0 metri di profondità unitamente ad un rilevamento geologico di superficie e ad un sondaggio sismico per caratterizzare il terreno che ospiterà le opere in progetto.

Per l'esecuzione dell'indagine di cui sopra è stato utilizzato un penetrometro statico tipo Gouda da 12 ton di spinta, munito di punta meccanica tipo Begemann che ha consentito la misura delle seguenti grandezze:

- Rp: resistenza alla punta in Kg/cm²;
- Rl: resistenza laterale in Kg/cm².

I valori riscontrati in campagna sono riportati in forma grafica negli allegati 8 e 9 ed opportunamente elaborati negli allegato 10.

Alla stessa data è stato eseguito un sondaggio sismico passivo tipo Nakamura (HVSr) realizzato tramite tromografo del tipo Tromino *Grilla*® “ancorato” alla stratigrafia ricostruita dal rilievo geologico coadiuvato dall'indagine geognostica che ha permesso l'estrapolazione della V_{seq} (velocità delle onde sismiche) e la determinazione della frequenza fondamentale.

Sono state eseguite inoltre le misure della profondità del livello della falda freatica superficiale all'interno di un pozzo presente nell'area di progetto e nei fori dei sondaggi penetrometrici.

La quota d'inizio delle prove geognostiche coincide con il piano campagna attuale (quota 0,00 m di riferimento).



3 Generalità ed inquadramento geomorfologico

L'area di studio si pone nell'alta pianura a ridosso del margine collinare, a circa 900 metri ad est di Selbagnone ed un chilometro a sud di Forlimpopoli, ad una quota di circa 36 m sul l.m.m., in destra idrografica del Rio Ausa. La zona si pone sul penultimo ordine terrazzato alluvionale (b2 o AES8a, Unità di Modena, secondo la Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000, vedi stralcio in allegato).

La successione sedimentaria alluvionale terrazzata è nota attraverso le prove penetrometriche statiche, effettuate per il presente lavoro; le campagne geognostiche bibliografiche disponibili sul sito della Banca Dati della Regione Emilia-Romagna effettuate nei pressi dell'area in oggetto non danno informazioni aggiuntive se non la conferma della presenza di un'alternanza tra sabbie, limi ed argille alle profondità ispezionate dalle prove statiche, oltre al sondaggio sismico passivo, sempre eseguito per il presente lavoro in data 22/01/2025; è costituita da depositi alluvionali terrazzati e di alta pianura coevi coi depositi alluvionali terrazzati del penultimo ordine, caratterizzati da una alternanza di sedimenti medi (limi prevalenti da argillosi a sabbiosi) dell'Olocene Superiore (per i primi 11 metri) seguiti da sabbie di spessore metrico in alternanza con argille e limi per circa 5 metri, quindi da ulteriori 4 metri di argille e limi fino a fine prova.

Le ghiaie si pongono verosimilmente ad una profondità di oltre 20 metri in discordanza sul substrato pliocenico argilloso alla profondità di circa 22-24 metri; si tratta di sedimenti prevalentemente fini litificati di origine marina della Formazione delle Argille Azzurre di età pliocenica.

4 Idrologia ed idrogeologia

Nell'area di interesse l'elemento idrografico principale è il Rio Ausa. Le opere in progetto hanno infatti lo scopo di contenere le future piene del suddetto corso d'acqua.

In questa zona, l'attività idrologica di superficie e l'attività erosiva, a causa del bassissimo gradiente topografico, sono del tutto irrilevanti. Inoltre nell'ambito specifico è presente una buona regimazione idrica superficiale che consente lo smaltimento ordinario delle acque di precipitazione meteorica attraverso un'adeguata rete di scolo, evitando il ristagno in superficie.

Nonostante questo l'area non è esente dai rischi di esondazione dovuti alla presenza costante di una falda molto superficiale il cui livello si attesta a – 1 m di profondità dal piano campagna attuale in corrispondenza della CPT 1 e a – 2 m di profondità in corrispondenza dei punti delle prove CPT2 e CPT3 in quanto a quote altimetriche differenti.

La falda superficiale risulta drenata dal Rio Ausa alla data di esecuzione delle indagini geognostiche. L'escursione del livello freatico nell'arco di un anno può essere molto



elevata ed è legata essenzialmente alle variazioni stagionali di piovosità della zona ed alla permeabilità dei terreni limitrofi.

5 Orientamenti geotecnici

Per le opere in progetto è prevista una fondazione superficiale tipo platea impostata alla profondità minima di – 4,3 m dal piano campagna attuale.

Tale manufatto poggerà su di un substrato saturo prevalentemente coesivo almeno nella parte più superficiale.

La valutazione della resistenza di progetto, per la verifica agli stati ultimi, dei terreni di fondazione è stata condotta utilizzando l'approccio di Terzaghi. Determinante per tale calcolo è il valore minimo della coesione non drenata ($C_u = 0,38 \text{ kg/cm}^2$), ottenuto dall'elaborazione della prova penetrometrica statica meccanica n. 2.

Secondo l'Approccio 2, combinazione unica (NTC 2018) si ottengono i seguenti valori:

Fondazione tipo platea posta a 3,8 m di profondità

$$R_D = (C_u \cdot N_c + q) / \gamma_R = 1,26 \text{ Kg/cm}^2$$

$$R_{Dn} = 0,53 \text{ Kg/cm}^2$$

dove:

R_D : Resistenza di progetto

R_{Dn} : Resistenza di progetto al netto del carico litostatico;

C_u : Coesione non drenata minima: $0,43 \text{ kg/cm}^2$

γ : Peso di volume del terreno: $1,70 \text{ ton/m}^3$ pari a $0,0017 \text{ Kg/cm}^3$

H : Profondità piano di posa della fondazione: 380 cm

q : Carico litostatico agente ai lati delle fondazioni: $\gamma \cdot H = 0,73 \text{ kg/cm}^2$

γ_R : Coefficiente parziale riportato nella tabella 6.4.I delle NTC 2018: 2,3

N_c : Fattore di capacità portante = 5,7

Tale valore dovrà essere sottoposto alla verifica dell'azione di progetto E_d ed alla verifica dei cedimenti indotti e differenziali al fine di individuare una resistenza di progetto applicabile e ad essi compatibile.

6 Valutazioni orientative dei cedimenti indotti

Il calcolo dei cedimenti (esteso all'intera profondità del banco compressibile desunto dai diagrammi penetrometrici) è condotto per strati successivi, valutando per ciascuno la tensione verticale sotto l'asse della superficie di carico e il relativo valore del modulo edometrico, in base all'espressione:

$$S = n \cdot \Sigma (h \cdot \sigma_v / M_o) \text{ dove:}$$

S : cedimenti totali;

h : strati successivi pari a 20 cm;

σ_v : tensione verticale;

M_o : modulo edometrico;



n: coefficiente di influenza che tiene conto della rigidità strutturale.

Il modulo edometrico non è stato valutato in laboratorio su campioni indisturbati, ma desunto sulla base di correlazioni tra litologia presente e resistenza alla punta (R_p) misurata nel corso della campagna di indagini penetrometriche.

Per tale motivo i valori dei cedimenti di seguito riportati devono essere considerati con la dovuta cautela.

Per ottenere risultati più attendibili si deve inevitabilmente ricorrere a prove geotecniche di laboratorio su campioni indisturbati.

Nella tabella seguente sono indicati i valori della resistenza di progetto e dei relativi cedimenti, verificati per la prova penetrometrica statica eseguita.

TABELLE DI CALCOLO DEI CEDIMENTI

Tipologia della fondazione: platea

B	L	H	R_{Dn}	R_D	SCPT2
4,2	55,5	4,3	0,07	0,80	0,1
4,2	55,5	4,3	0,17	0,90	1,0
4,2	55,5	4,3	0,27	1,00	2,1

dove:

R_{Dn} (Kg/cm^2) = resistenza di progetto al netto del carico litostatico

R_D (Kg/cm^2) = resistenza di progetto applicata

B (m) = larghezza della fondazione

L (m) = lunghezza della fondazione

H (m) = profondità del piano di posa della fondazione

S CPT (cm) = cedimento previsto sulla base della prova penetrometrica statica

7 Aspetti sismici

Per l'area in oggetto è ipotizzabile un massimo di intensità sismica compreso tra il VII e VIII grado della scala Mercalli-Cancani Sieberg, pari ad una magnitudo compresa tra 5,4 e 6,1. Le sorgenti sismogenetiche che possono causare risentimenti in quest'area sono legate al fronte di accavallamento sepolto al di sotto dei sedimenti alluvionali quaternari e posto in prossimità del sito in oggetto (intersezione tra il piano di faglia ed il contatto tra bedrock marino e depositi alluvionali, Carta sismogenetica della Regione Emilia-Romagna 2004), oltre che ai lineamenti disgiuntivi trasversali alla catena, sia trascorrenti che come svincoli cinematici.

Il bedrock sismico si attesta a profondità di circa – 50 m dal piano campagna.

I meccanismi focali principali di queste strutture si attestano prevalentemente a profondità inferiori a 15 chilometri per la maggior parte degli eventi, talora a profondità maggiori (dati da carta sismotettonica, 2004). Il terreno è formato da materiali prevalentemente coesivi (limi prevalenti) in superficie (fino a – 11 m) seguiti da 5 m a prevalenza granulare e nuovamente coesivi fino al termine delle prove.



Questi ultimi però sono alternati a depositi coesivi che ne limitano la continuità sia verticale che orizzontale. In queste condizioni, nonostante la presenza di falda freatica, il rischio di liquefazione è escluso, come pure quello di cedimenti per densificazione.

L'assenza di scarpate nella zona d'intervento non prevede lo sviluppo di fenomeni di amplificazione topografica.

Secondo la normativa delle costruzioni vigente (NTC 2018) e la $V_{s_{eq}}$ di 271 m/s determinata nel corso del sondaggio sismico il terreno indagato appartiene alla categoria di suolo di fondazione di tipo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente ($V_{s_{eq}}$) compresi tra 180 m/s e 360 m/s. Per i lavori previsti il coefficiente di amplificazione topografica deve essere assunto pari ad uno ($S_T = 1,0$) nelle verifiche di stabilità globale poiché trattasi di terreno pianeggiante

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido con tempo di ritorno $T_r = 949$ anni (classe opera o edificio 4 e SLV stato limite di salvaguardia della vita) risulta pari a $a_g = 0,255$ g (progetto S1 – INGV), e considerata la categoria di suolo C, il coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s = 1,32$, mentre il coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,0$ e quindi l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito risulta $a_{max} = S_s \times S_T \times a_g = 1,32 \times 1,0 \times 0,255$ g = 0,337 g = 3,302 m/sec².

Parametro	Categoria suolo	$V_{s_{eq}}$ (m/s)	Latitudine	Longitudine	Categoria Topografica (S_T)
Valore	C	271 ± 10	44,171211	12,119957	1,0

Tutti i dati sono stati ottenuti utilizzando il programma GeoStru.

8 Valori indicativi dei parametri geotecnici per strati omogenei di terreno

CBR Prova CPT 2; Quota falda a partire dal p.c. – 2,2 m (25/01/2025)					
Strato	n.1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5
Profondità a partire dal p.c. [m]	0 ÷ 0,8	0,8 ÷ 2,2	2,2 ÷ 11,0	11,0 ÷ 16,0	16,0 ÷ 20,0
Descrizione strato	Terreno agrario e/o di alterazione superficiale	Sabbie limose prevalenti	Limi argillosi prevalenti e subordinate lenti di limi sabbiosi	Sabbie prevalenti e subordinati limi	Limi argillosi prevalenti e subordinate lenti di limi sabbiosi
Peso specifico [Kg/m ³]	/	1,94	1,76	1,97	1,94
Φ° attrito interno terreno	/	35	0	31	0
Cu coesione non drenata [Kg/cm ²]	/	0	0,47	0	1,37
E modulo elastico di Young [Kg/cm ²]	/	71	26	66	75
v coeff. di Poisson	/	0,35	0,30	0,35	0,30
Eed modulo edometrico [Kg/cm ²]	/	108	39	100	113
Kw cost. Winkler verticale [Kg/cm ³]	/	2,0	1,0	2,5	1,5

Il modulo elastico di Young è stato calcolato sulla base del modulo edometrico secondo la formula $E = 0,66 \cdot E_{ed}$. Il modulo edometrico è l'inverso del coefficiente di compressibilità volumetrico desunto dalle prove penetrometriche statiche. Il coefficiente di Poisson e il è stato dedotto sulla base delle indicazioni di Joseph E. Bowles nel suo manuale "Fondazioni – Progetto e analisi". Il modulo di reazione verticale di Winkler è stato ricavato dalla tabella dei Moduli di Winkler secondo Pozzati.



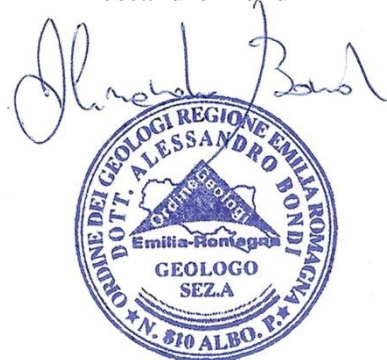
9 Conclusioni

- ✓ I terreni destinati all'intervento presentano un regolare sviluppo su di una superficie pianeggiante.
- ✓ Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza della falda freatica in superficie a profondità comprese tra – 1,0 e – 2,0 metri dal p.c., nel gennaio 2025, ovvero presente nella parte interessata dal bulbo delle pressioni esercitate dalle fondazioni.
- ✓ Viste le caratteristiche geotecniche del terreno di sottofondo, è consigliabile l'utilizzo di fondazioni dirette; ipotizzando una platea di 4,2 m di larghezza, impostata ad almeno – 4,3 m di profondità, si ritiene accettabile una resistenza limite di progetto di 1,26 kg/cm².
- ✓ Per una resistenza di progetto in condizioni di esercizio di 1,00 kg/cm² si induce un cedimento verticale massimo, nel punto della CPT2, orientativamente attestabile in 2,1 cm (altre combinazioni sono riportate a pag. 6).
- ✓ I terreni investigati non sono liquefacibili.
- ✓ In ottemperanza al NTC 2018 non si prevedono limitazioni ai parametri indicati per la progettazione; inoltre i terreni indagati appartengono alla categoria di suolo sismico C.
- ✓ Si aggiunge inoltre che la realizzazione delle opere previste non determina un aumento del carico antropico degno di nota, visto il contesto in cui verrà realizzato l'intervento, per cui in situazioni limite, legate essenzialmente a variazioni meteorologiche non compatibili o comunque diverse dalle attuali, si potrebbe determinare un aumento del rischio di danni a cose e non a persone.

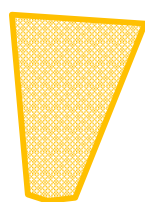
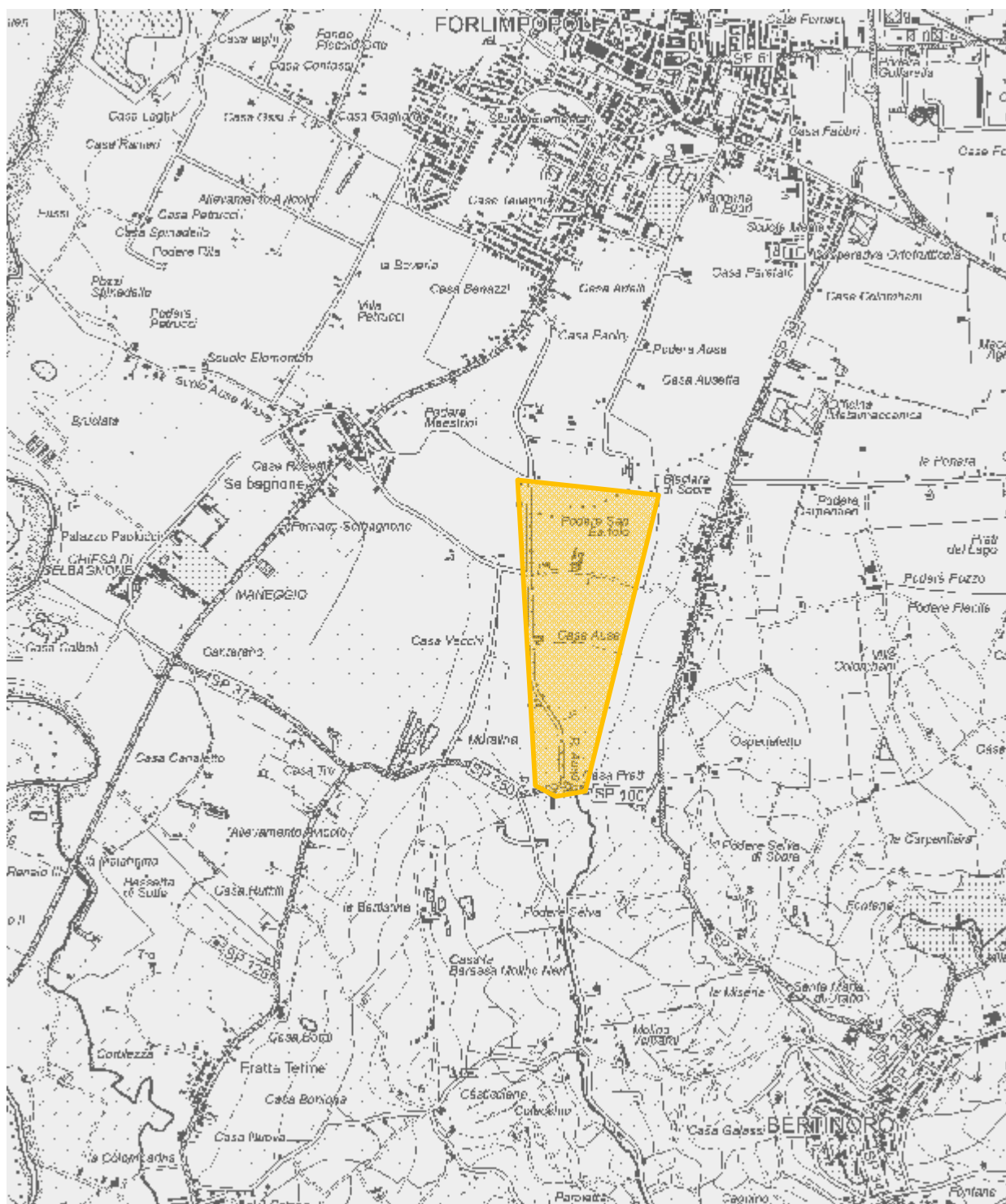
Montiano, febbraio 2025

Dottor Geologo

Alessandro Bondi



Allegato n° 1 Corografia in scala 1:25.000



AREA INDAGATA

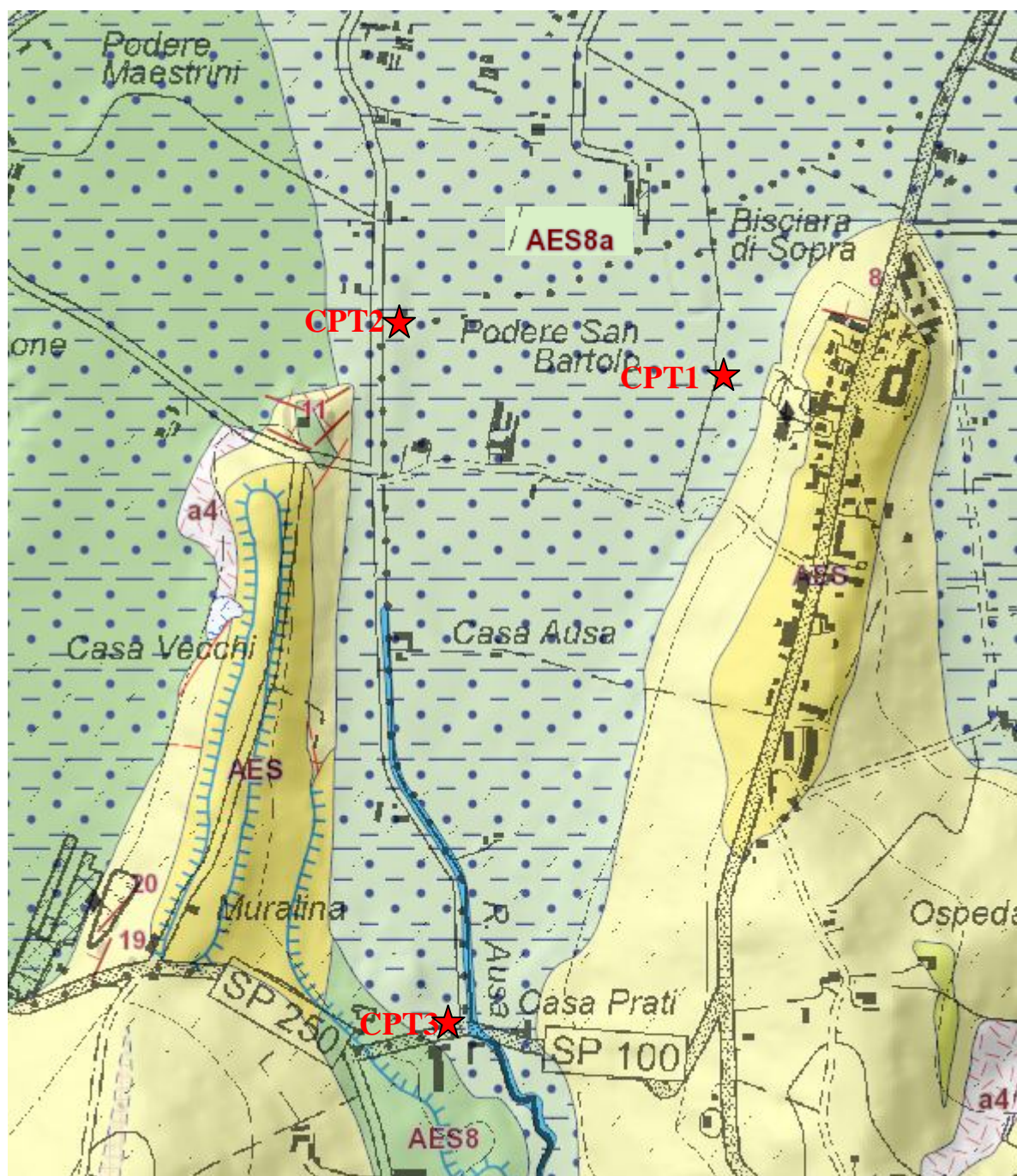


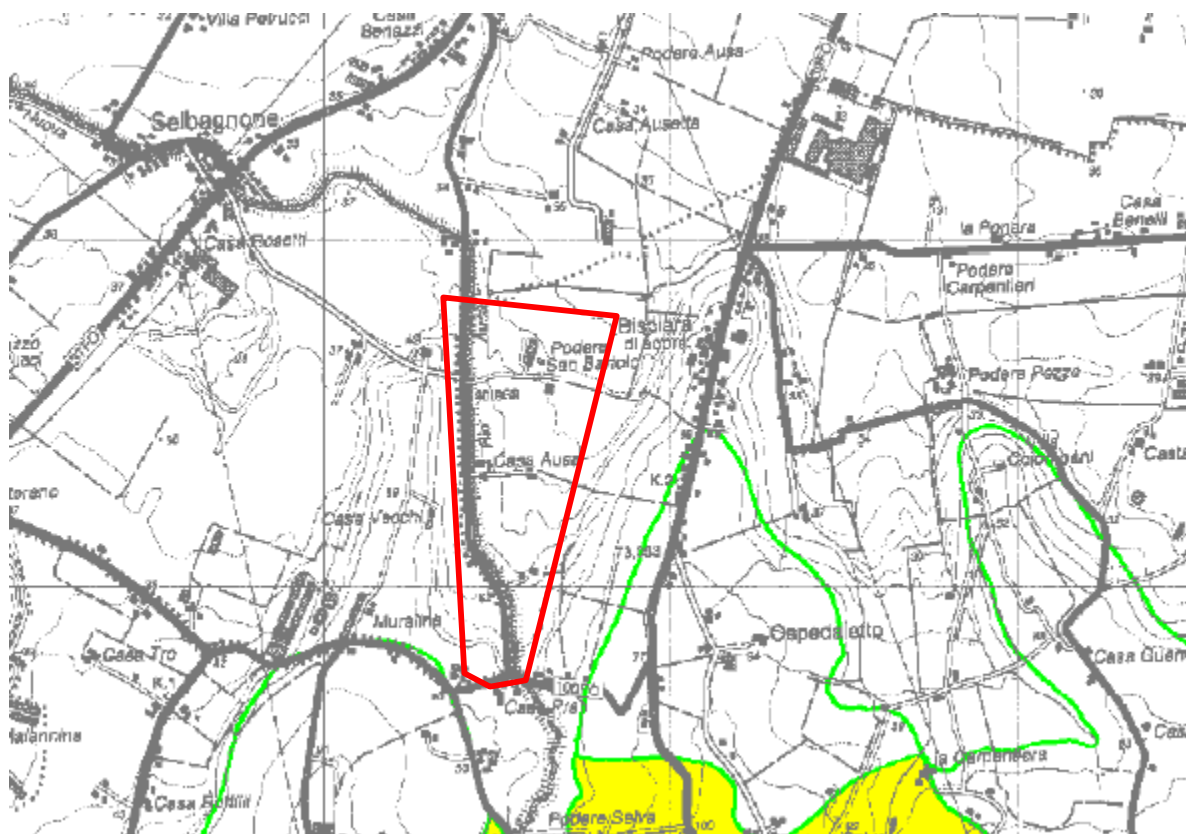


AES8a: depositi alluvionali del penultimo ordine terrazzato

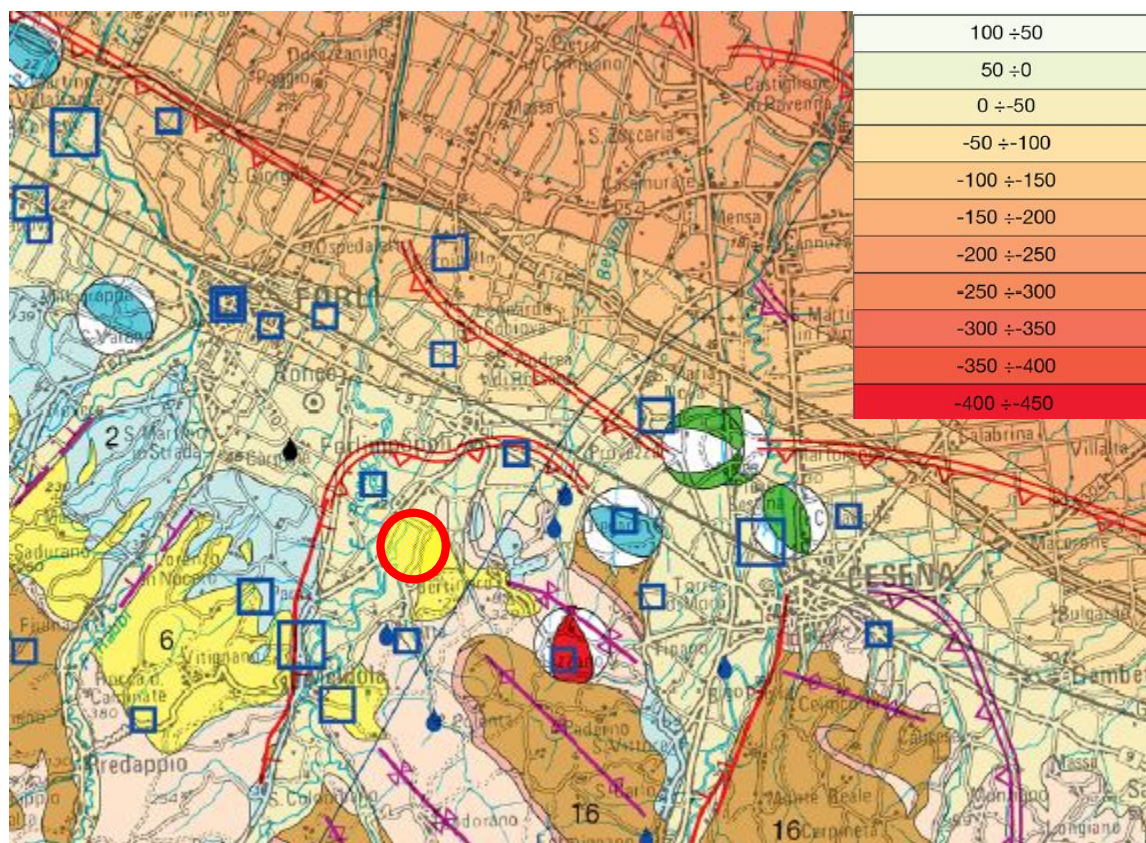
AES8: depositi alluvionali del III ordine terrazzato

★ ubicazione prove penetrometriche statiche meccaniche (CPT)





Piano Stralcio F. n 2550 Aree non a rischio



Allegato n. 5

Ubicazione satellitare e parametri sismici

Indirizzo

PG104: Lat 44.97021 - Long 12.18307

PG104: Lat 44.97011 - Long 12.18307

Mappa Satellite

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio

IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

Vita Normale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 2

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _o [s]
Operatività (SLO)	60	0.090	2.394	0.276
Danno (SLD)	101	0.113	2.412	0.282
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.255	2.459	0.319
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.312	2.530	0.329
Periodo di ininterferimento per l'azione sismica:	100			

Coefficienti sismici

Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) 1 us (m) 0.1

Cat. Sottosuolo C

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,32	1,23
CC Coeff. funz. categoria	1,61	1,60	1,53	1,52
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²] 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.027	0.041	0.094	0.107
kv	0.013	0.020	0.047	0.054
Am _{ax} [m/s²]	1.323	1.660	3.298	3.760
Beta	0.200	0.240	0.280	0.280

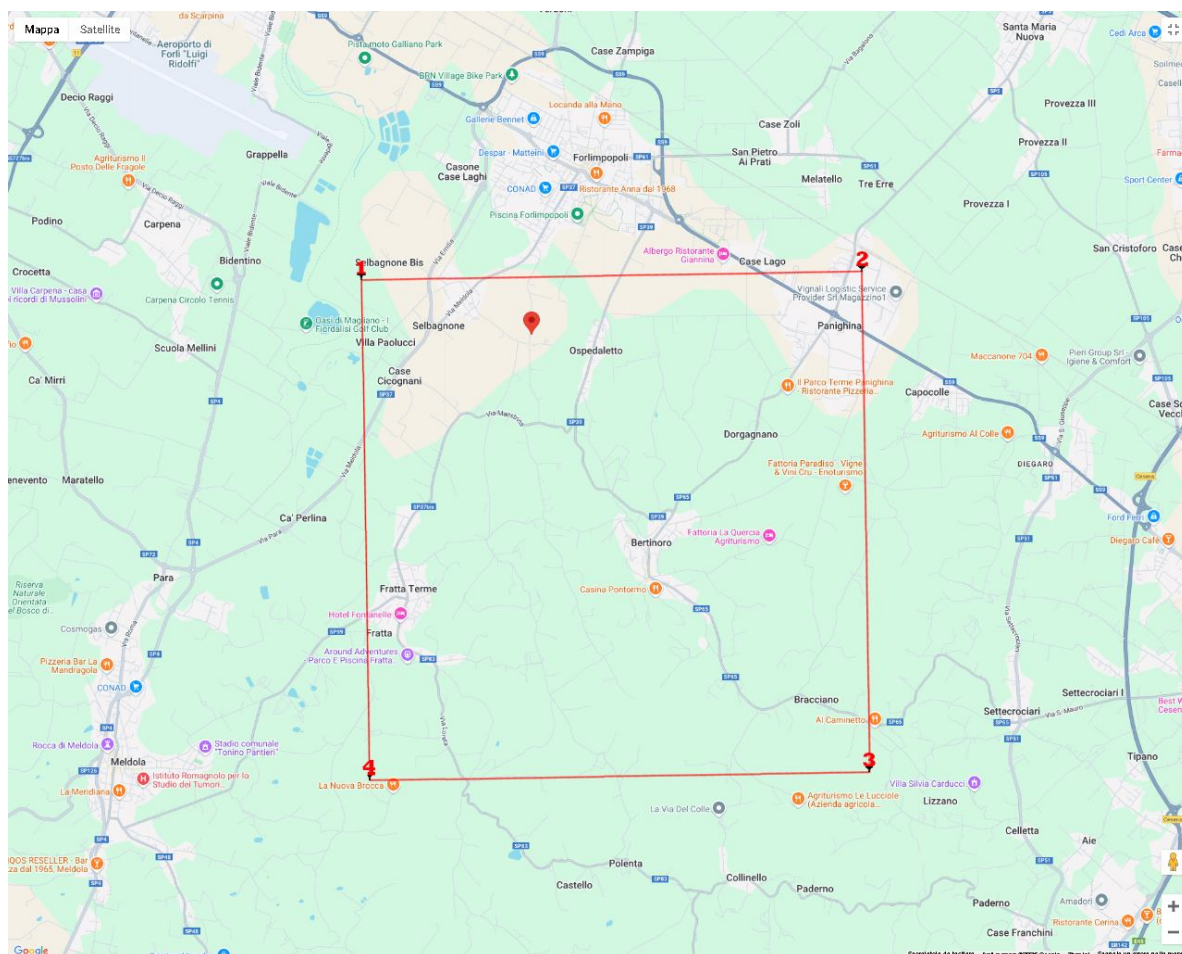
ESPORTA IN TXT SALVA SU CLOUDPEDIA

PDF JPEG PNG

Carica file

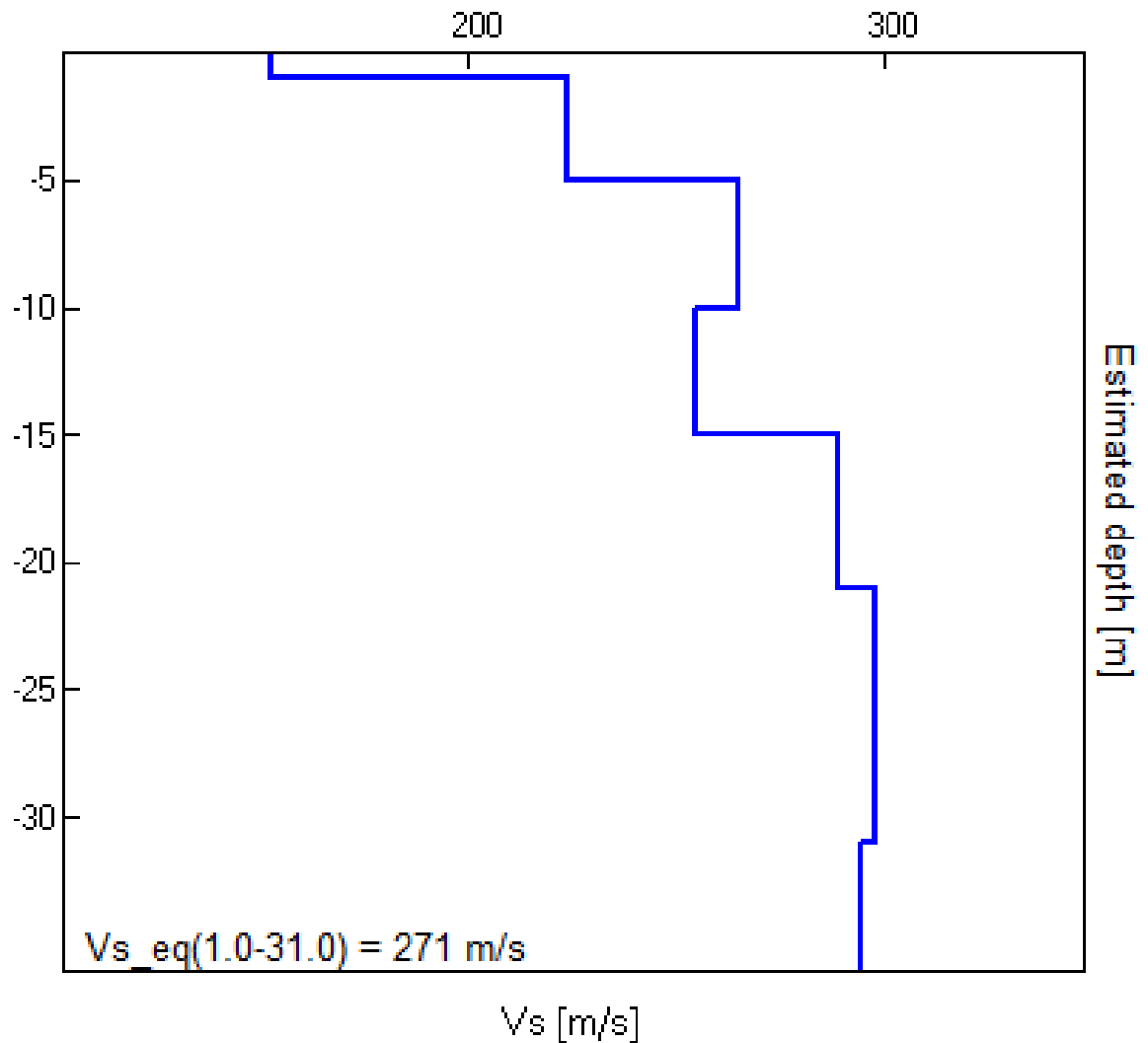
Allegato n. 6

Maglie rete sismica



Allegato 7 Sondaggio sismico (HVSr)

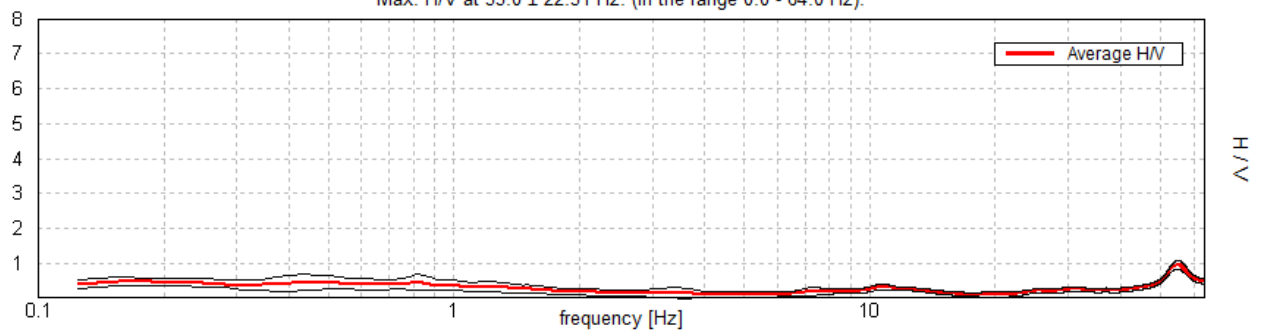
Velocità delle onde sismiche - $V_{s_eq} = 271$ m/s



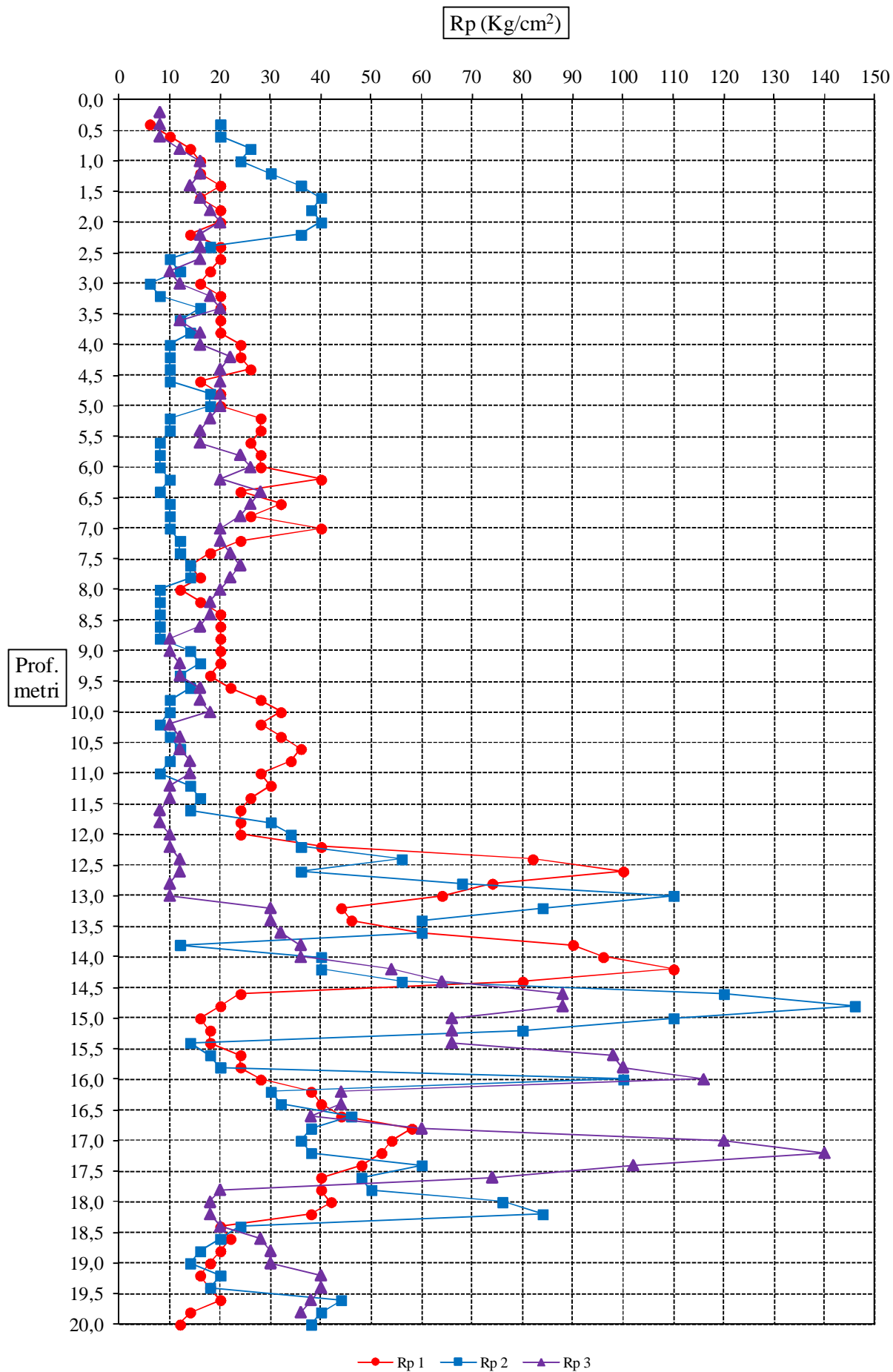
FREQUENZA FONDAMENTALE

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

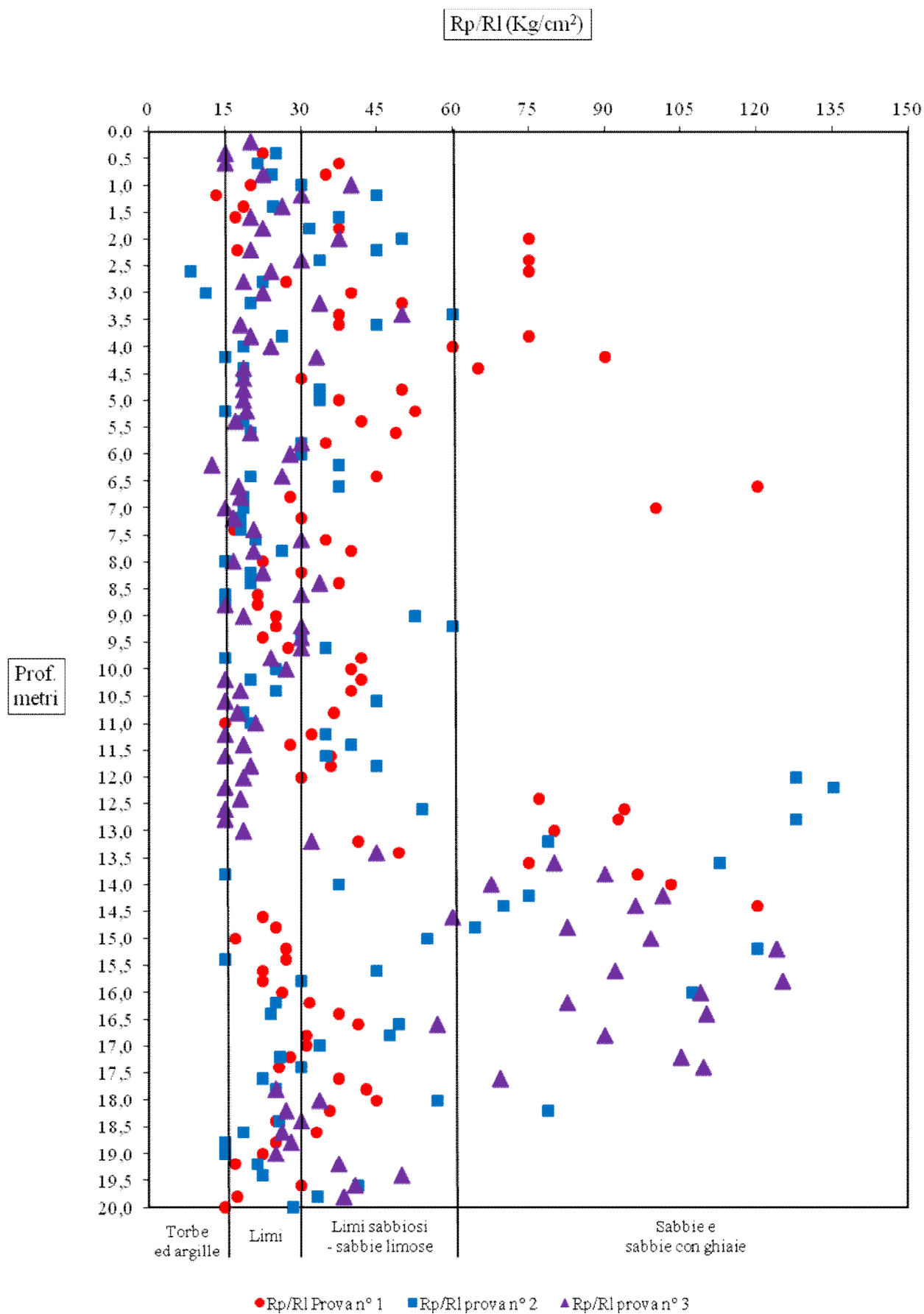
Max. H/V at 55.0 ± 22.31 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Allegato n. 8 Grafico comparativo della resistenza alla punta



Allegato n. 8 Grafico comparativo della litologia



Parametri geotecnici CPT2

COMMITTEE: Consorzio Bonifica Romagna				PROVA PENETROMETRICA STATICA 2							
LOCALITÀ: Selbagnone											
DATA: 25.01.2025											
NOTE: Quota falda dal p.c. -2,2 m.				- PARAMETRI GEOTECHNICI -							
Prof.	Rp	Ral	Rp/Ral	Litologia	γ	γ'	σ' v	Cu	φ	Dr	mv
m.	Kg/cm²	Kg/cm²	adm.	(A.G.I. 77)	t/m³	t/m³	Kg/cm²	Kg/cm²	(°)	cm	cm³/Kg
0,2	-	-	-	##	##	##	##	##	##	##	##
0,4	0,20	0,80	25,06	Argille e limi	1,86	1,86	0,074	1,00	-	-	0,0125
0,6	0,20	0,93	21,48	Argille e limi	1,86	1,86	0,111	0,99	-	-	0,0125
0,8	26	1,06	24,44	Argille e limi	1,90	1,90	0,149	1,29	-	-	0,0096
1,0	24	0,80	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,88	1,88	0,187	-	37	50%	0,0139
1,2	30	0,67	45,11	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,92	1,92	0,225	-	37	54%	0,0111
1,4	36	1,46	24,61	Argille e limi	1,94	1,94	0,264	1,79	-	-	0,0069
1,6	40	1,06	37,59	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,96	1,96	0,303	-	37	58%	0,0083
1,8	38	1,20	31,75	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,95	1,95	0,342	-	36	55%	0,0088
2,0	40	0,80	50,13	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,96	1,96	0,382	-	36	55%	0,0083
2,2	36	0,80	45,11	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,94	1,94	0,421	-	35	50%	0,0093
2,4	18	0,53	33,83	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,84	0,84	0,437	-	32	30%	0,0185
2,6	10	1,20	8,35	Arg. organiche e torbe	1,75	0,75	0,452	0,49	-	-	0,0667
2,8	12	0,53	22,56	Argille e limi	1,78	0,78	0,468	0,59	-	-	0,0208
3,0	12	0,53	22,56	Argille e limi	1,78	0,78	0,484	0,59	-	-	0,0208
3,2	6	0,40	15,04	Argille e limi	1,68	0,68	0,497	0,29	-	-	0,0417
3,4	8	0,27	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,72	0,72	0,512	-	28	4%	0,0417
3,6	16	0,27	60,15	Sabbie e sabbie con ghiaie	1,82	0,82	0,528	-	30	24%	0,0208
3,8	12	0,53	22,56	Argille e limi	1,78	0,78	0,544	0,58	-	-	0,0208
4,0	14	0,53	26,32	Argille e limi	1,80	0,80	0,560	0,68	-	-	0,0179
4,2	10	0,67	15,04	Argille e limi	1,75	0,75	0,575	0,48	-	-	0,0250
4,4	10	0,53	18,80	Argille e limi	1,75	0,75	0,590	0,48	-	-	0,0250
4,6	10	0,53	18,80	Argille e limi	1,75	0,75	0,605	0,48	-	-	0,0250
4,8	18	0,53	33,83	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,84	0,84	0,622	-	30	25%	0,0185
5,0	18	0,53	33,83	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,84	0,84	0,639	-	30	24%	0,0185
5,2	10	0,67	15,04	Argille e limi	1,75	0,75	0,654	0,48	-	-	0,0250
5,4	10	0,53	18,80	Argille e limi	1,75	0,75	0,669	0,48	-	-	0,0250
5,6	8	0,40	20,05	Argille e limi	1,72	0,72	0,683	0,38	-	-	0,0313
5,8	8	0,27	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,72	0,72	0,697	-	27	0%	0,0417
6,0	8	0,27	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,72	0,72	0,712	-	27	-1%	0,0417
6,2	10	0,27	37,59	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,75	0,75	0,727	-	27	6%	0,0333
6,4	8	0,40	20,05	Argille e limi	1,72	0,72	0,741	0,38	-	-	0,0313
6,6	10	0,27	37,59	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,75	0,75	0,756	-	27	5%	0,0333
6,8	10	0,53	18,80	Argille e limi	1,75	0,75	0,771	0,47	-	-	0,0250
7,0	10	0,53	18,80	Argille e limi	1,75	0,75	0,787	0,47	-	-	0,0250
7,2	12	0,67	18,05	Argille e limi	1,78	0,78	0,802	0,57	-	-	0,0208
7,4	12	0,67	18,05	Argille e limi	1,78	0,78	0,818	0,57	-	-	0,0208
7,6	14	0,67	21,05	Argille e limi	1,80	0,80	0,834	0,67	-	-	0,0179
7,8	14	0,53	26,32	Argille e limi	1,80	0,80	0,850	0,67	-	-	0,0179
8,0	8	0,53	15,04	Argille e limi	1,72	0,72	0,864	0,37	-	-	0,0313
8,2	8	0,40	20,05	Argille e limi	1,72	0,72	0,879	0,37	-	-	0,0313
8,4	8	0,40	20,05	Argille e limi	1,72	0,72	0,893	0,37	-	-	0,0313
8,6	8	0,53	15,04	Argille e limi	1,72	0,72	0,907	0,37	-	-	0,0313
8,8	8	0,53	15,04	Argille e limi	1,72	0,72	0,922	0,37	-	-	0,0313
9,0	14	0,27	52,63	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,80	0,80	0,938	-	28	12%	0,0238
9,2	16	0,27	60,15	Sabbie e sabbie con ghiaie	1,82	0,82	0,954	-	28	15%	0,0208
9,4	12	0,40	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,78	0,78	0,970	-	27	7%	0,0278
9,6	14	0,40	35,09	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,80	0,80	0,986	-	27	11%	0,0238
9,8	10	0,67	15,04	Argille e limi	1,75	0,75	1,001	0,46	-	-	0,0250
10,0	10	0,40	25,06	Argille e limi	1,75	0,75	1,016	0,46	-	-	0,0250
10,2	8	0,40	20,05	Argille e limi	1,72	0,72	1,031	0,36	-	-	0,0313
10,4	10	0,40	25,06	Argille e limi	1,75	0,75	1,046	0,46	-	-	0,0250
10,6	12	0,27	45,11	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,78	0,78	1,061	-	27	5%	0,0278
10,8	10	0,53	18,80	Argille e limi	1,75	0,75	1,076	0,46	-	-	0,0250
11,0	8	0,40	20,05	Argille e limi	1,72	0,72	1,091	0,36	-	-	0,0313
11,2	14	0,40	35,09	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,80	0,80	1,107	-	27	9%	0,0238
11,4	16	0,40	40,10	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,82	0,82	1,123	-	27	13%	0,0208
11,6	14	0,40	35,09	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,80	0,80	1,139	-	27	9%	0,0238
11,8	30	0,67	45,11	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,92	0,92	1,158	-	30	30%	0,0111
12,0	34	0,27	127,82	Sabbie e sabbie con ghiaie	1,94	0,94	1,176	-	30	34%	0,0098
12,2	36	0,27	135,34	Sabbie e sabbie con ghiaie	1,94	0,94	1,195	-	30	35%	0,0093
12,4	56	0,27	210,53	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,01	1,01	1,215	-	32	48%	0,0060
12,6	36	0,67	54,14	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,94	0,94	1,234	-	30	35%	0,0093
12,8	68	0,53	127,82	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,04	1,04	1,255	-	33	53%	0,0040
13,0	110	0,67	165,41	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,11	1,11	1,277	-	35	66%	0,0030
13,2	84	0,40	156,38	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,07	1,07	1,299	-	34	58%	0,0040
13,4	60	0,40	78,95	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,02	1,02	1,319	-	32	48%	0,0056
13,6	60	0,53	112,78	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,02	1,02	1,340	-	32	48%	0,0056
13,8	12	0,80	15,04	Argille e limi	1,78	0,78	1,355	0,55	-	-	0,0208
14,0	40	1,06	37,59	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,96	0,96	1,374	-	30	36%	0,0083
14,2	40	0,53	75,19	Sabbie e sabbie con ghiaie	1,96	0,96	1,394	-	30	36%	0,0083
14,4	56	0,80	70,18	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,01	1,01	1,414	-	32	45%	0,0060
14,6	120	0,67	180,45	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,12	1,12	1,436	-	35	67%	0,0028
14,8	150	2,00	75,19	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,16	1,16	1,459	-	36	73%	0,0022
15,0	110	2,00	55,14	Limi sabbiosi e sabbie limose	2,11	1,11	1,482	-	34	64%	0,0030
15,2	80	0,67	120,30	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,06	1,06	1,503	-	33	55%	0,0040
15,4	14	0,93	15,04	Argille e limi	1,80	0,80	1,519	0,64	-	-	0,0179
15,6	18	0,40	45,11	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,84	0,84	1,536	-	27	12%	0,0185
15,8	20	0,67	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,86	0,86	1,553	-	27	15%	0,0167
16,0	100	0,93	107,41	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,10	1,10	1,575	-	34	60%	0,0033
16,2	30	1,20	25,06	Argille e limi	1,92	0,92	1,593	1,43	-	-	0,0083
16,4	32	1,33	24,60	Argille e limi	1,93	0,93	1,612	1,52	-	-	0,0078
16,6	46	0,93	49,41	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,98	0,98	1,631	-	30	38%	0,0072
16,8	38	0,80	47,62	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,95	0,95	1,650	-	29	32%	0,0088
17,0	36	1,06	33,83	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,94	0,94	1,669	-	29	30%	0,0093
17,2	38	1,46	25,97	Argille e limi	1,95	0,95	1,688	1,82	-	-	0,0066
17,4	60	2,00	30,08	Limi sabbiosi e sabbie limose	2,02	1,02	1,709	-	31	45%	0,0056
17,6	48	2,13	22,56	Argille e limi	1,99	0,99	1,729	2,31	-	-	0,0052
17,8	50	2,00	25,06	Argille e limi	1,99	0,99	1,748	2,41	-	-	0,0050
18,0	76	1,33	57,14	Limi sabbiosi e sabbie limose	2,06	1,06	1,770	-	32	51%	0,0044
18,2	84	1,06	78,95	Sabbie e sabbie con ghiaie	2,07	1,07	1,791	-	32	54%	0,0040
18,4	24	0,93	25,78	Argille e limi	1,88	0,88	1,809	1,12	-	-	0,0104
18,6	20	1,06	18,80	Argille e limi	1,86	0,86	1,826	0,92	-	-	0,0125
18,8	16	1,06	15,04	Argille e limi	1,82	0,82	1,842	0,72	-	-	0,0156
19,0	14	0,93	15,04	Argille e limi	1,80	0,80	1,858	0,62	-	-	0,0179
19,2	20	0,93	21,48	Argille e limi	1,86	0,86	1,875	0,92	-	-	0,0125
19,4	18	0,80	22,56	Argille e limi	1,84	0,84	1,892	0,82	-	-	0,0139
19,6	44	1,06	41,13	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,97	0,97	1,912	-	29	34%	0,0076
19,8	40	1,20	33,42	Limi sabbiosi e sabbie limose	1,96	0,96	1,931	-	29	31%	0,0083
20,0	38	1,33	28,57	Argille e limi	1,95	0,95	1,950	1,85	-	-	0,0068

LEGENDA: - profondità progressiva di lettura dei valori;

- Rp = resistenza alla penetrazione di punta;
- Ral = resistenza di attrito laterale locale misurata sul manico del puntale Begemann;
- Rp/Ral = rapporto fra i valori precedenti (consente la determinazione della litologia alla quota corrispondente;
- Litologia desunta dal rapporto Rp/Ral. Secondo la classificazione A.G.I. ('77) se:
 - $Rp/Ral \leq 15$ Ø torbe e argille organiche
 - $30 < Rp/Ral \leq 60$ Ø limi sabbiosi e sabbie limose
 - $15 < Rp/Ral \leq 30$ Ø argille e limi
 - $Rp/Ral > 60$ Ø sabbie e sabbie con ghiaie
- γ = peso di volume del terreno;
- γ' = peso di volume sommerso;
- $\sigma'v$ = pressione litostatica efficace;
- Cu = coesione non drenata (o resistenza al taglio non drenata);
- ϕ = angolo di attrito interno in termini di tensioni efficaci (si determina per terreni granulari);
- Dr = densità relativa dei materiali granulari;
- mv = coefficiente di compressibilità volumetrico: $mv = 1/Ed$



