

Dinali dott. Alberto - GEOLOGO

Via Ceresina, 52 – 35030 Selvazzano D. (Pd)
tel. 338/4381010 – email a.dinali@tin.it

Codice Fiscale DNLLRT65L08L840K
Partita IVA 04772680288

REGIONE VENETO

PROVINCIA DI VICENZA

COMUNE DI VICENZA

STUDIO GEOLOGICO E GEOTECNICO

**PER IL PROGETTO DI NUOVA COSTRUZIONE EDIFICI RESIDENZIALI
FACENTI PARTE DEL P.U.A. DENOMINATO “AREA SPECIALE 1”
SITO IN VICOLO BENVENUTO DE CAMPESANI**

**RELAZIONE GEOLOGICA,
RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO,
RELAZIONE GEOTECNICA**

(D.M. 14.01.2008 – agg. NTC D.M. 17.01.2018)

COMMITTENTE: **ERIDANO S.r.l.**

Viale Duca D'Aosta n° 28 – 25121 Brescia (BS)

Selvazzano D., li 9 febbraio 2021

Dott. Geol. Alberto Dinali



1 – PREMESSA

2 – INQUADRAMENTO URBANISTICO

3 – INDAGINE GEOGNOSTICA

4 – ANALISI DEI PRINCIPALI VINCOLI

5 – RELAZIONE GEOLOGICA

6 – RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO

7 – RELAZIONE GEOTECNICA

8 – CONCLUSIONI

Allegati:

- Parametri sismici e spettri di risposta
- Inquadramento generale e particolare su ortofoto
- Estratto di mappa alla scala 1:2000
- Estratto di P.I. del Comune di Vicenza
- Planimetria dell'intervento con ubicazione delle indagini
- Documentazione fotografica
- Dati inerenti elaborazione H.V.S.R.
- Grafici penetrometrici e relativi tabulati numerici

1 – PREMESSA

Su incarico della **Società ERIDANIO S.r.l.**, è stato eseguito uno studio geologico, geotecnico e di pericolosità sismica del sito, per il progetto di nuova costruzione di n° 3 edifici civili residenziali facenti parte del P.U.A. denominato “Area Speciale 1”, sito in vicolo Benvenuto De Campesani nel Comune di Vicenza (VI).

Lo studio è stato eseguito in ottemperanza a quanto disposto dalla normativa vigente:

- **D.M. 14/01/2008** recante “*Norme tecniche per le costruzioni*” (d’ora in poi denominato ‘NTC’);
- **D.G.R. N.71 del 22/01/2008 “Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/04/2006 n. 3519** “*Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”. Direttive per l’applicazione”.
- **Circolare del C.S.LL.PP. 617/2009** “*Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008*” (d’ora in poi denominato ‘circolare’).
- **D.M. 17 gennaio 2018** “*Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni*” (NTC 2018).
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** recante “*Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*”.
- **Norme Tecniche di Attuazione del P.A.T. - Piano Assetto del Territorio del Comune di Vicenza (anno 2020), Capo III: FRAGILITA’ - Articolo 14 – Compatibilità geologica dei terreni ai fini edificatori.**

Il presente documento è costituito dai seguenti elaborati specialistici, come indicato al capitolo C10.1 della suddetta Circolare: “*Relazione geologica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito*” (NTC §6.2.1), “*Relazione Geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno*” (NTC §6.2.2) e la “*Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito*” (NTC §3.2). Di seguito vengono effettuate le Verifiche della sicurezza e delle prestazioni delle opere di fondazione (NTC §6).

2 – INQUADRAMENTO URBANISTICO

L’area d’intervento, si trova in una porzione di pianura alluvionale all’interno del territorio comunale di Vicenza a sud-ovest del centro abitato principale stesso e in un settore del tipo residenziale, e dall’esame della cartografia si nota come il terreno si trova ad una quota media di circa 35 metri s.l.m.

I terreni sono infine censiti nel N.C.T. del Comune di Vicenza - Foglio n. 48 mappali 369-818-942-102-1510-1511- 943-1512-1513-1495-68-990-103-989-984-985-986-987-988 e ricade nel PRG in zona residenziale.

3 - INDAGINE GEOGNOSTICA

Nel sito in esame è stata condotta una indagine geognostica al fine di riconoscere la natura e la successione stratigrafica dei terreni di fondazione, e soprattutto ad individuare i loro parametri meccanici fondamentali, oltre che a determinare l’assetto idrogeologico sia superficiale che profondo del sito.

Allo scopo sono state eseguite n° 4 prove penetrometriche statiche, che sono state condotte fino ad una profondità massima di - 15.00 m dal piano campagna locale.

Oltre all'analisi delle prove penetrometriche eseguite per il presente progetto, lo scrivente ha tenuto conto dei risultati di altre indagini eseguite ed informazioni reperite per dei lotti vicini al lotto in questione, e delle informazioni derivati dallo studio geologico del P.A.T. del Comune di Vicenza.

L'ubicazione della prova è riportata nella planimetria allegata. Come quota di riferimento è stata adottata la quota media del piano campagna locale.

Le prove statiche qui eseguite, sono state realizzate impiegando un penetrometro Pagani, da 20 ton di spinta con anello allargatore e auto ancorante montato su carrello cingolato, il quale consente la misura della resistenza alla punta (Rp) e dell'attrito laterale locale (Rl) di una punta meccanica telescopica (tipo Begemann) con punta conica con angolo di 60°, area di 10 cm² e manicotto d'attrito di 150 cm². Per ogni metro di infissione sono stati rilevati 5 valori di Rp ed Rl.

I valori di Rp ed Rl misurati nel corso delle prove sono stati inseriti in un programma di calcolo automatico, il quale ha operato la diagrammazione dei valori di Rp e Rl, espressi in Kg/cm² in funzione della profondità, e l'elaborazione di un modello meccanico stratigrafico del terreno.

In tale modello le singole coppie di valori Rp ed Rl ed il loro rapporto sono serviti ad individuare strati coesivi (argille e limi) e strati incoerenti o dotati di scarsa coesione (sabbie e limi sabbiosi).

Per entrambi i valori è stata compiuta una classificazione standardizzata dedotta dal rapporto Rp/Rl (Begemann, 1966 - Racc. AGI, 1977).

Inoltre sono stati dedotti i parametri geotecnici più significativi relativamente al tipo di litologia riscontrato e precisamente:

- resistenza al taglio senza drenaggio (Cu); riferimento: Ricceri et al. (1974) - correlazione tra resistenza di punta (Rp) che la tensione litostatica verticale efficace.
- densità relativa (Dr%); riferimenti: Barman, Schmertmann (1977) - correlazione tra la resistenza di punta (Rp) e la tensione litostatica verticale efficace.
- angolo di attrito interno (ϕ); riferimenti: Meyerof (1974); Begemann (1974), Trofimenkov (1974), Schmertmann (1977).
- Peso di volume (γ); riferimenti: Terzaghi e Peck (1967); Bowles (1982).

Un'indagine geofisica è stata inoltre effettuata al fine di caratterizzare, dal punto di vista sismico, il sottosuolo dell'area in esame. Lo scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità del bedrock geofisico.

Sono state inoltre stimate le velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s, eq) come espressamente richiesto dalla normativa vigente (NTC), e le frequenze di vibrazione del terreno.

A tal fine è stata eseguita una registrazione di rumore sismico ambientale a stazione singola in seguito elaborata con la tecnica di Nakamura (HVSR).

La tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o H.V.S.R., Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non richiede nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare

adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericoloso per la stabilità degli stessi;

- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito (free field) e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio V_s calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. Sarà quindi possibile calcolare la $V_{s,eq}$ e la relativa categoria di sottosuolo come esplicitamente richiesto dalle NTC;
- la stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0,5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostante per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale della ditta Micromed s.r.l. modello "**Tromino Grilla**". Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz.

Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1200 s
Frequenza di campionamento:	256,00 Hz
Numero campioni:	360000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale

Le prospezioni sismiche e le elaborazioni dei dati, sono state svolte dallo *Studio Alpogeo & Sisma-Service di Roncà (VR)*.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde V_s è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione [3.2.1 delle NTC]:

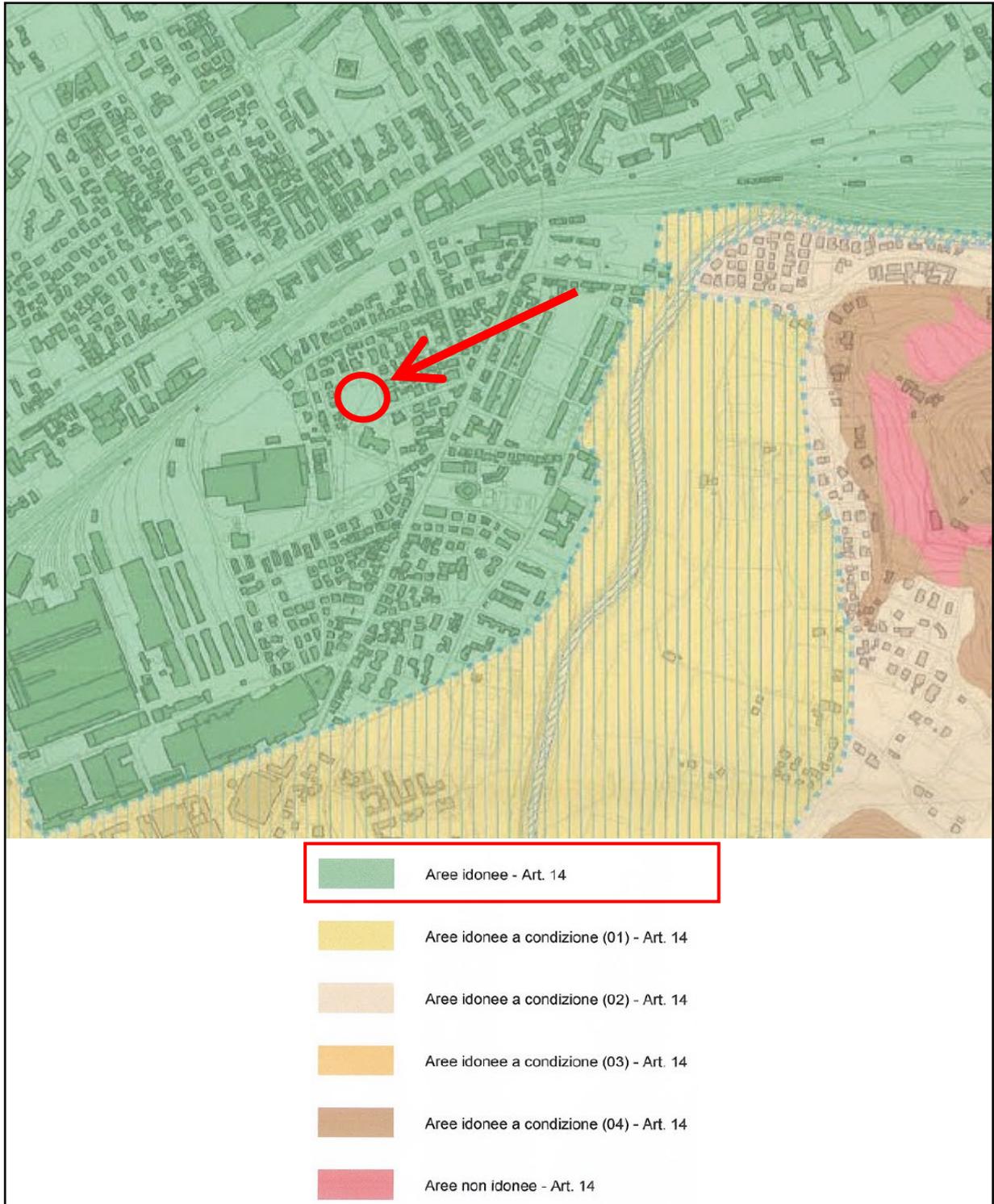
$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

$V_{s,eq}$ = valore di velocità equivalente delle onde di taglio [m/s]; H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s (30 m in caso di V_s30); h_i = spessore dello strato i – esimo [m]; v_i = velocità delle onde V_s all'interno dello strato i – esimo [m/s].

Le elaborazioni e i risultati dell'indagine geofisica eseguita tramite tecnica Tromino, sono riportati in capitolo 6 ed in allegato.

4 – ANALISI DEI PRINCIPALI VINCOLI

Nel presente capitolo vengono analizzati i vincoli riportati negli elaborati della Pianificazione urbanistica, e i contenuti del P.A.I. del “Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico del Bacino Brenta-Bacchiglione”, adottato dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino dell’Alto Adriatico nel 2012.



Estratto della Carta delle Fragilità allegata al PAT del Comune di Vicenza

Dall'analisi dell'estratto della tavola di "Pericolosità idraulica" allegata al P.A.I. (**Tav. n. 40 – allegato al Decreto del Segretariale n. 52 del 07.12.2016**) si ricava che l'area oggetto d'intervento non viene a ricadere all'interno di nessuna delle zone di pericolosità idraulica contraddistinte da vari colori, che rappresentano porzioni di territorio ove vi sono informazioni di possibili situazioni di dissesto idraulico, e che sono individuate in cartografia con apposito tematismo.

Dall'analisi della **Carta Idrogeologica allegata al PAT**, di cui è presente un anche un estratto a pag. 12 si nota come veniamo a trovarci in un settore con profondità di falda freatica compresa tra 2.00 e 5.00 metri dal p.c., e siamo comunque al di fuori di settori classificati come "Area soggetta a inondazioni periodiche".

Dalla consultazione della "Carta dei Vincoli e della Pianificazione Territoriale" (anno 2010) alla scala 1:10.000 sempre allegata al PAT del Comune di Vicenza, si nota come non veniamo nel nostro caso a ricadere all'interno di nessuna particolare zona di vincolo o di tutela.

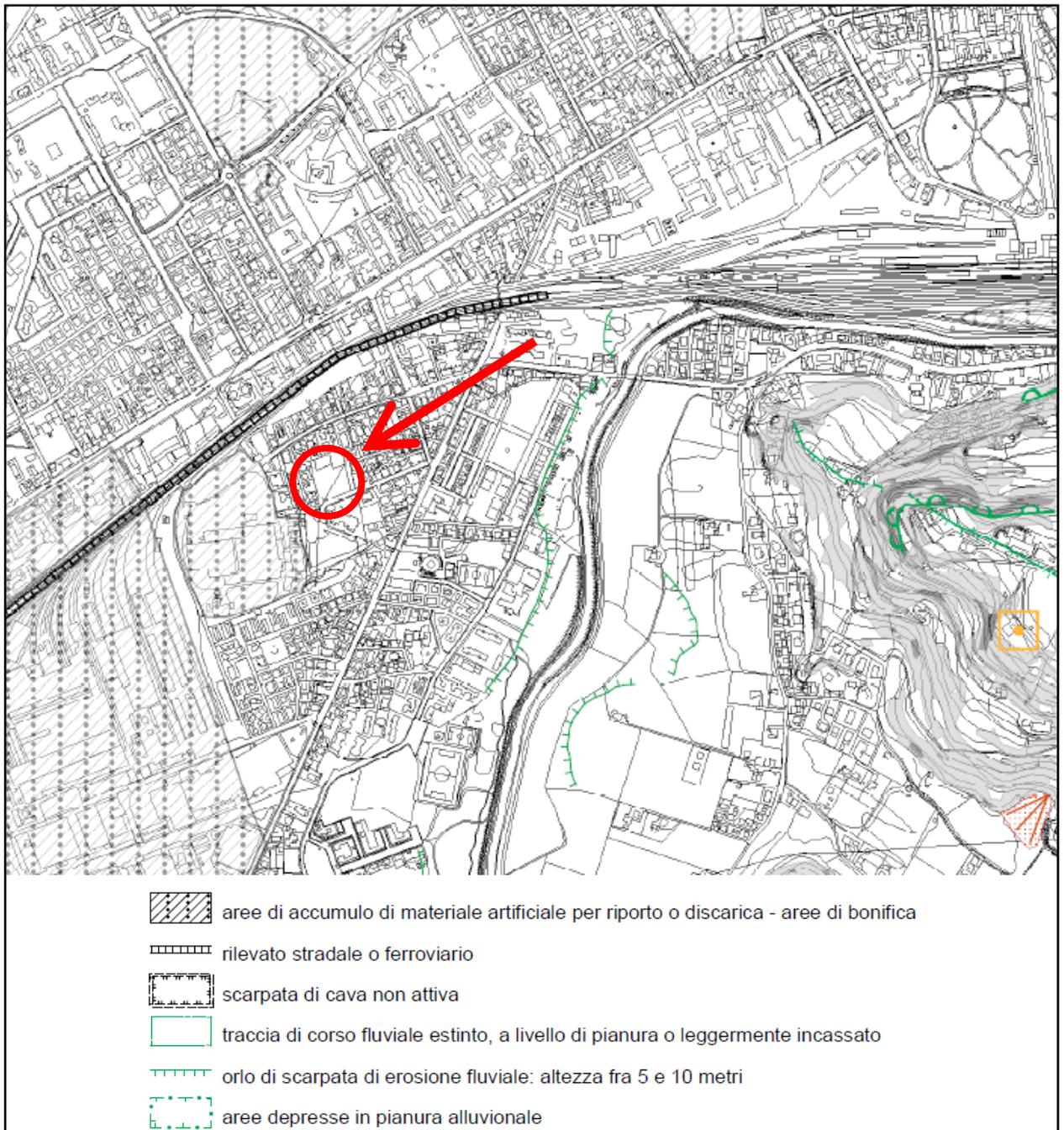
Si evidenzia altresì infine, come riportato nelle "**Norme Tecniche di attuazione del P.A.T. del Comune di Vicenza**" (anno 2020 – *Capo III – Fragilità - art. 14 Compatibilità geologica dei terreni ai fini edificatori*) e dalla "Carta della Fragilità" sempre del medesimo P.A.T. (*Elaborato 3 alla scala 1:10.000*), che l'area di studio viene a collocarsi in un settore di colore verde classificato come "art. 14 - aree idonee".

Come riferito nell'articolo sopra menzionato: "Si tratta di aree in cui la falda risulta sempre maggiore di 2 metri di profondità da piano campagna. Esse sono costituite prevalentemente da depositi granulari a diversa pezzatura (sabbie e ghiaie fini) in matrice limosa argillosa di caratteristiche geotecniche buone. Tali aree peraltro sono ad alta vulnerabilità per gli acquiferi sotterranei; in tali aree non c'è alcun limite all'edificabilità; l'indagine geologica sarà redatta come previsto dalla normativa vigente e sarà necessaria per fornire i parametri corretti per la progettazione delle fondazioni anche in chiave antisismica e sarà necessario un adeguato approfondimento delle condizioni idrogeologiche al fine di valutare il rischio idrogeologico per le falde sotterranee e venga adeguatamente progettato l'eventuale sistema per il trattamento degli scarichi reflui (per quelli convogliati nel suolo e sottosuolo), ed eventuali azioni di mitigazione per ridurre i rischi di impatto per gli acquiferi sotterranei.

5 – RELAZIONE GEOLOGICA

5.1 - Ubicazione e inquadramento geomorfologico del sito

L'area d'intervento, si trova in una porzione di pianura alluvionale all'interno del territorio comunale di Vicenza a sud-ovest del centro abitato principale stesso e in un settore del tipo residenziale, e dall'esame della cartografia si nota come il terreno si trova ad una quota media di circa 35 metri s.l.m.



Estratto della Carta Geomorfologica del PAT del Comune di Vicenza

Dal punto di vista geomorfologico, nell'area del Comune di Vicenza ove vengono a collocarsi gli edifici residenziali di progetto, l'elemento più evidente è rappresentato dai grandi alvei dei fiumi Bacchiglione (*scorrimento a circa 2.00 km a nord*), e Retrone (*scorrimento a circa 400 metri più ad est*).

Tali fiumi percorrono con andamento meandriforme, in special modo il Bacchiglione, le loro zone di alveo recente. La primitiva morfologia superficiale non è più interamente osservabile, dal momento che interventi antropici di notevole portata hanno profondamente qui modificato l'aspetto originario di tali aree caratterizzate da ampie anse dei corsi d'acqua maggiori, ed alcune zone sono state imbonite con materiali di riporto.

In particolare, come precedentemente accennato il progetto di lottizzazione interessa un lotto di terreno pianeggiante che si trova in un settore a sud-ovest del centro abitato di Vicenza ad una quota di 34.5 m. slm., e non presenta quindi caratteristiche morfologiche particolari essendo inserito in un'area densamente edificata e vicina alla zona industriale, come si può anche osservare dall'estratto di pagina precedente della Carta Geomorfologica allegata al PAT del Comune di Vicenza.

Il rilevamento di superficie non ha evidenziato nel sito di progetto la presenza di zone di instabilità, di erosione superficiale o di precarietà geomorfologica. Allo stato attuale non vi sono inoltre processi morfogenici o dissesti in atto e/o potenziali.

5.2 – Inquadramento geologico del sito

Ove sono previsti gli interventi di progetto, veniamo a collocarci in una zona di pianura che appartiene al dominio delle alluvioni recenti e antiche del sistema Bacchiglione-Tesina-Astichello, depositate dai fiumi a seguito al trasporto dei sedimenti lungo la piana corrispondente alla media Pianura Veneta.

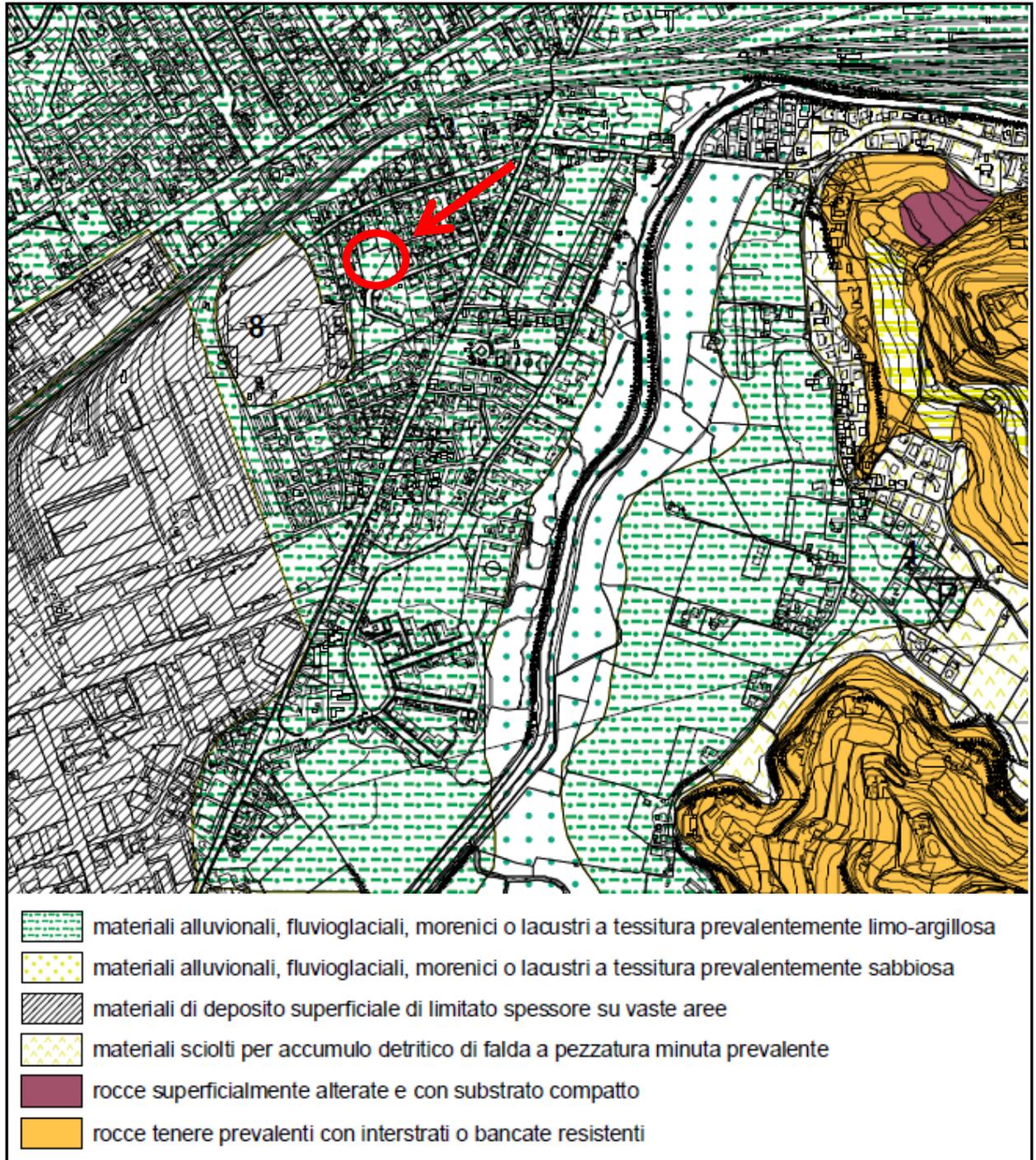
In definitiva, l'area è caratterizzata dalla presenza dei sedimenti di origine fluviale e fluvioglaciale (*di età quaternaria, olocenica e pleistocenica*) tipici della media Pianura Veneta.

Generalmente, il sottosuolo dell'alta e media pianura è costituito prevalentemente da grandi conoidi ghiaiosi deposti dai corsi d'acqua prealpini allo sbocco dalle vallate montane. Nella fascia di alta pianura, a ridosso dei rilievi prealpini, i differenti conoidi sono tra loro sovrapposti, a causa dell'ampia divagazione dei fiumi, determinando un sottosuolo pressoché ghiaioso, indifferenziato anche per qualche centinaio di metri. A valle, nella media pianura, i conoidi di differente età non sono sovrapposti tra loro ma risultano nettamente separati da spessi livelli limoso-argillosi che arrivano quasi ad avvolgere i conoidi stessi; il sottosuolo mostra una struttura stratigrafica caratterizzata da alternanza di livelli alluvionali ghiaiosi con livelli limoso-argillosi, per spessori di almeno 300-400 metri.

Il sottosuolo nel territorio comunale ove vengono anche a collocarsi gli edifici residenziali di progetto facenti parte del P.U.A. "Area Speciale 1", è quindi caratterizzato da una serie sedimentaria alluvionale, costituita da una potente successione di limi ed argille prevalenti, all'interno della quale si intercalano in profondità orizzonti e lenti più grossolane sabbioso-ghiaiose.

La serie è riferibile ad ambienti di sedimentazione fluviali di bassa energia, con frequenti condizioni palustri o marine, e con temporanei e localizzati episodi fluviali o torrentizi d'energia maggiore.

Il margine sud dell'area è interessato da formazioni rocciose del substrato roccioso prequaternario; infatti affiorano le propaggini dei Monti Berici, costituite da calcari, calcareniti, arenarie e marne oligoceniche eoceniche, con inclusioni vulcanitiche basaltiche appartenenti al sistema eruttivo oligocenico – paleocenico degli Euganei – Berici – Lessini.



Estratto della Carta Litologica del P.A.T. del Comune di Vicenza

Più in particolare, anche dall'analisi della *Carta Litologica* alla scala 1:10.000 allegata al P.A.T. del Comune di Vicenza di cui si riporta sopra un estratto, si nota come l'intervento di progetto viene a collocarsi in un'area classificata come: "*Materiali alluvionali o fluvio-glaciali a tessitura prevalentemente limo-argillosa*".

Con riferimento altresì alla prove penetrometriche qui svolte CPT1, CPT2, CPT3 e CPT4, il terreno può essere suddiviso nella stratigrafia locale riportata a pagina seguente:

<i>Strato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Natura terreno</i>
1	da p.c. a - (1.00 ÷ 1.40)	Argille limose e limi argillosi di medio alta consistenza
2	da - (1.00 ÷ 1.40) a - (3.00 ÷ 3.20)	Sabbie limose e limi sabbiosi di medio basso addensamento
3	da - (3.00 ÷ 3.20) a - (13.60 ÷ 14.40)	Argille limose in prevalenza, con livelli di limi sabbiosi
4	da - (13.60 ÷ 14.40) a - (15.00)	Sabbie limose e limi sabbiosi di medio basso addensamento

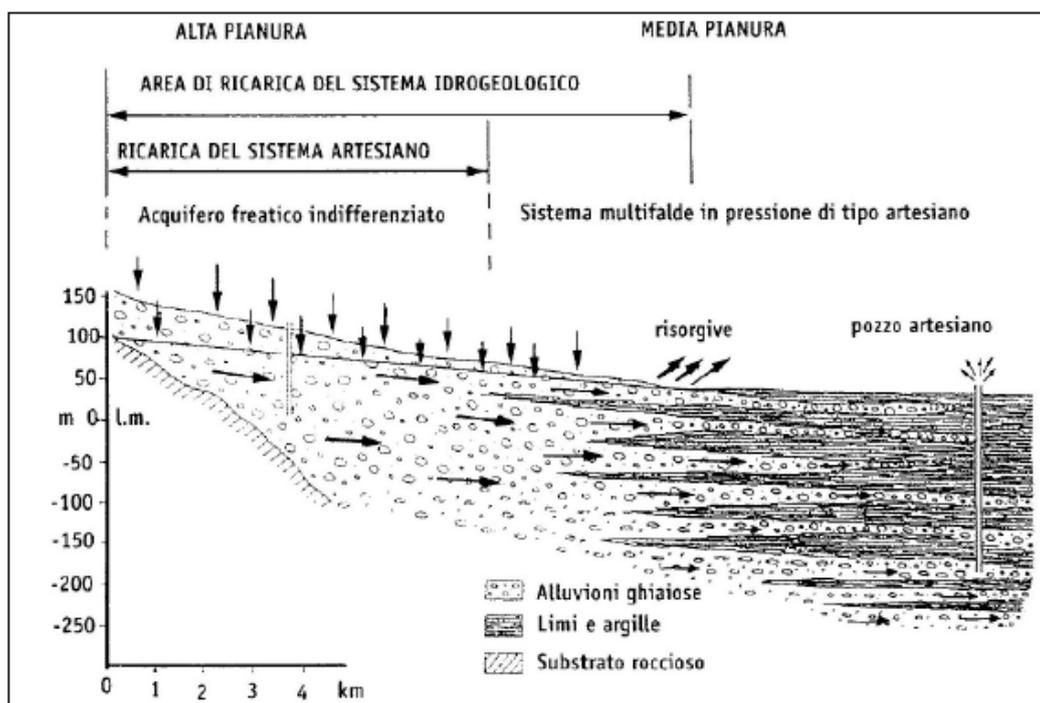
Suddivisione stratigrafica locale

5.3 – Inquadramento idrografico e idrogeologico del sito

Dal punto di vista idrografico, gli elementi idrografici principali in questo settore di pianura sono il fiume Bacchiglione con scorrimento a circa 2.00 km più a nord, ed il fiume Retrone con scorrimento a circa 400 metri più ad est. Nelle adiacenze del lotto di progetto non vengono altresì a scorrere corsi d'acqua di particolare importanza, vi è comunque in generale la presenza di una rete secondaria di canali, di scoli consorziali e non, oltre che di fossati interpoderali.

Dal punto di vista idrogeologico, dai risultati di parecchi studi effettuati e dalle ricostruzioni litologiche del sottosuolo fatte utilizzando le stratigrafie di pozzi per acqua, risulta in generale che il materasso alluvionale è notevolmente differenziato, sia in senso laterale che verticale, con la presenza di una falda multistrato.

Nella media pianura i depositi sono rappresentati da materiali progressivamente più fini, costituiti da ghiaie e sabbie con digitazioni limose ed argillose le quali diventano sempre più frequenti da monte a valle; in questi depositi esiste una serie di falde sovrapposte, di cui la prima è generalmente libera e quelle sottostanti in pressione, localizzate negli strati permeabili ghiaiosi e/o sabbiosi intercalati alle lenti argillose dotate invece di bassissima permeabilità. Il sistema delle falde in pressione è strettamente collegato, verso monte, all'unica grande falda freatica, dalla quale trae alimentazione e che ne condiziona la qualità di base.



Modello idrogeologico della media ed alta pianura veneta

La zona di passaggio dal sistema indifferenziato a quello multifalde, è rappresentata da una porzione di territorio a sviluppo est-ovest, larga anche qualche chilometro e variabile nel tempo, denominata “Fascia delle risorgive”. La falda si avvicina progressivamente alla superficie del suolo fino ad emergere, anche a causa della presenza delle sottostanti lenti argillose, formando le tipiche sorgenti di pianura, dette appunto risorgive (o fontanili). Esse costituiscono il “troppo pieno” della falda freatica dell’alta Pianura Veneta, e finché resteranno attive assicureranno la disponibilità idrica al Sistema Differenziato posto a valle.

Si trova, nella pianura alluvionale, una vasta gamma di terreni, disposti in letti sovrapposti oppure in lenti suborizzontali, con granulometria variabile dalla sabbia con ghiaia all’argilla. E’ importante sottolineare il fatto che, comunque, ogni strato permeabile posto al di sotto del terreno vegetale, appare saturo d’acqua: in linea di massima si assiste quindi alla presenza di una prima falda superficiale, discontinua, ospitata da terreni sabbioso limosi poco potenti e sovrastante un acquifero multistrato formato dalla presenza di falde confinate o semiconfinite dotate di una certa risalienza. La pianura ove viene a collocarsi il P.U.A. oggetto di studio, appartenente in parte al grande materasso alluvionale dei fiumi Bacchiglione Tesina, e pervengono in profondità le acque delle altre porzioni collinari di territorio descritte, nonché quelle locali d’infiltrazione meteorica.

Lungo la fascia di transizione dei due sistemi si identificano una falda freatica e più falde in pressione sottostanti, ed in definitiva la falda freatica viene definitivamente a giorno per la progressiva rastremazione del livello ghiaioso più superficiale, che in breve spazio si esaurisce; l’emergenza della falda avviene nei punti più depressi del suolo dove hanno origine i fontanili, tipiche e ben note sorgenti di pianura.

L’alimentazione degli acquiferi ghiaiosi del materasso alluvionale è garantita come già prima accennato soprattutto da due fattori: la dispersione in alveo dei corsi d’acqua nel tratto che attraversa la fascia pedemontana della pianura, e l’infiltrazione degli afflussi meteorici della falda stessa. Dispersioni fluviali ed infiltrazioni meteoriche vanno a ricaricare l’acquifero di alta pianura, che provvede ad alimentare il sistema multifalde posto a valle, con il quale è strettamente collegato.

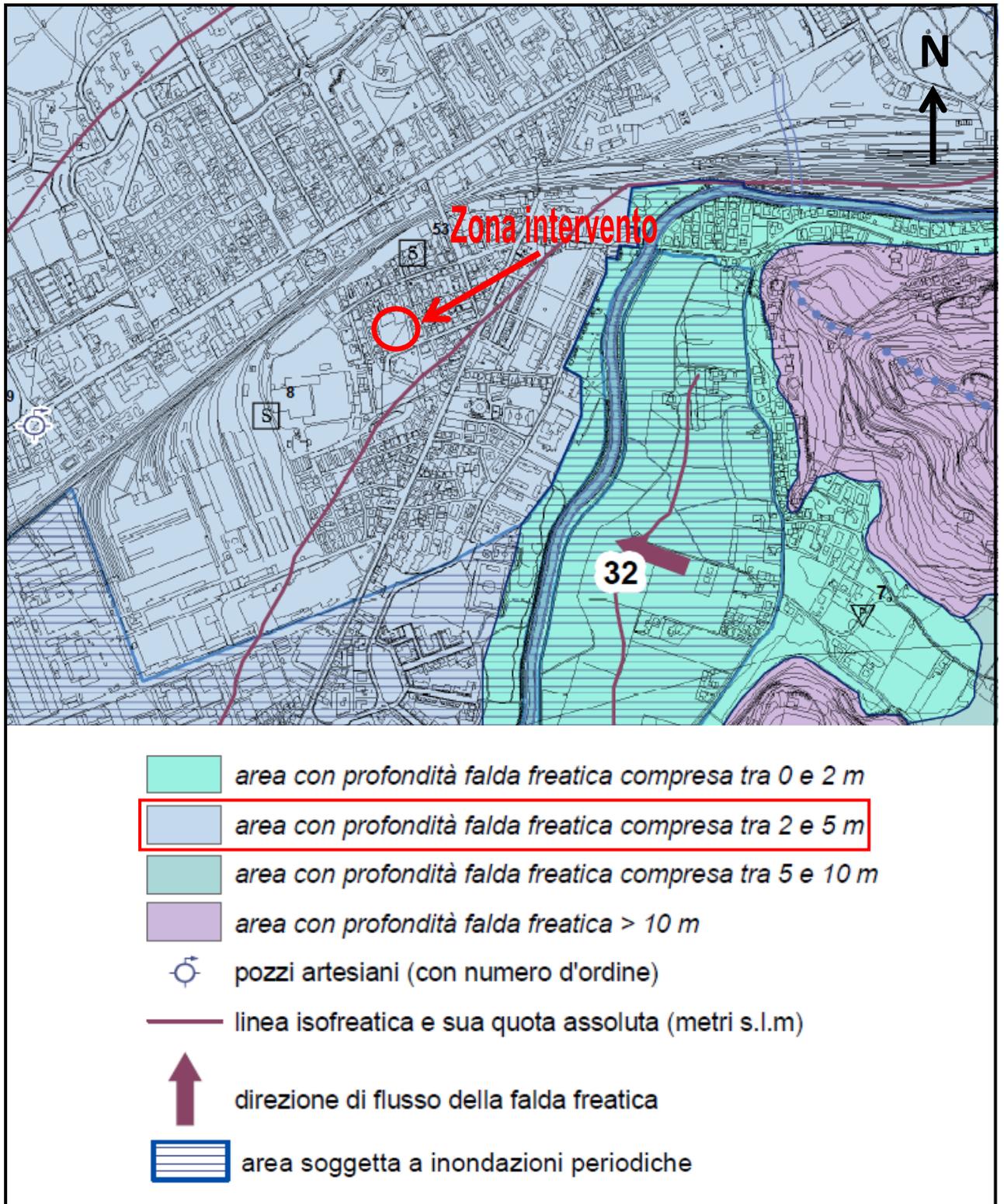
In particolare, tutto il territorio del Comune di Vicenza ove vengono anche a collocarsi gli edifici residenziali di progetto, si trova all’interno della “fascia delle risorgive” ovvero in quella zona di pianura nella quale l’intero sistema acquifero “sfiora” naturalmente le portate idriche eccedenti le sue capacità di ritenuta.

Durante l’esecuzione dell’indagine in situ, è altresì stata rilevata presenza di **terreni saturi**.

Il livello piezometrico locale, è stato misurato il giorno stesso l’esecuzione delle prove penetrometriche (26 gennaio e 5 febbraio 2021). Il risultato delle misurazioni viene riportato nella tabella seguente:

<i>Prova</i>	<i>Data</i>	<i>Prof. falda (m) rispetto al p.c.</i>
CPT1	26/01/2021	-1,40
CPT2	26/01/2021	-1,20
CPT3	5/02/2021	-1,30
CPT4	5/02/2021	-1,50

Tali valori di profondità risultano meno elevati rispetto a quanto riportato nella “Carta Idrogeologica” allegata al P.A.T. del Comune di Vicenza di cui è presente un estratto a pagina seguente, ove si può notare come gli interventi in questione vengono a collocarsi in una zona classificata come: “area con profondità della falda compresa tra 2.00 e 5.00 metri dal p.c.”. Vi può essere d’altra parte una oscillazione del livello di falda di diverse decine di cm., legata alle variazioni stagionali ed alle precipitazioni atmosferiche.



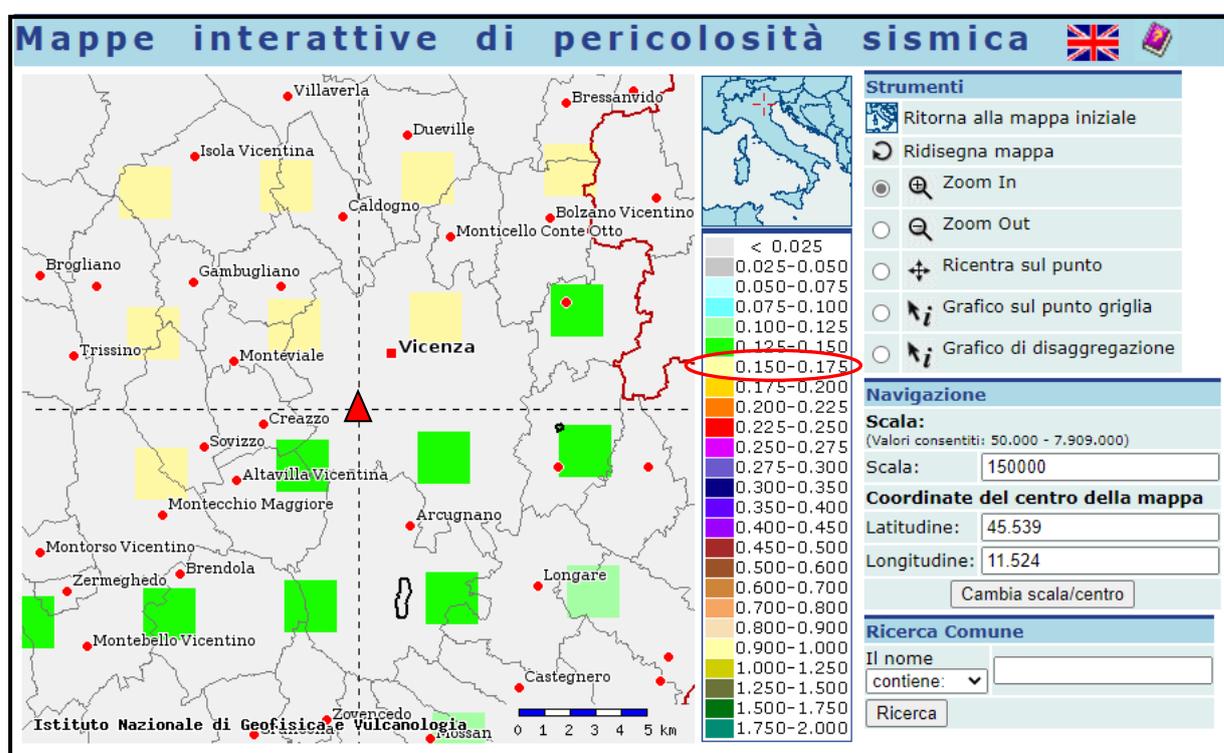
Estratto della Carta Idrogeologica allegata al PAT del Comune di Vicenza

6 – RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO

6.1. Premessa

Sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr.3274/2003 – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” - inserisce il Comune di Campodarsego nella classe 3 con grado di accelerazione orizzontale al suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra $(0.05 \div 0.15)$ g e con accelerazione orizzontale di ancoraggio allo spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) pari a 0.15 g.

Con riferimento invece al testo dell'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 “*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*”, il sito in studio risulta caratterizzato da un valore di A_g , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi di Cat. A, compreso **tra 0,150g e 0,175g**.



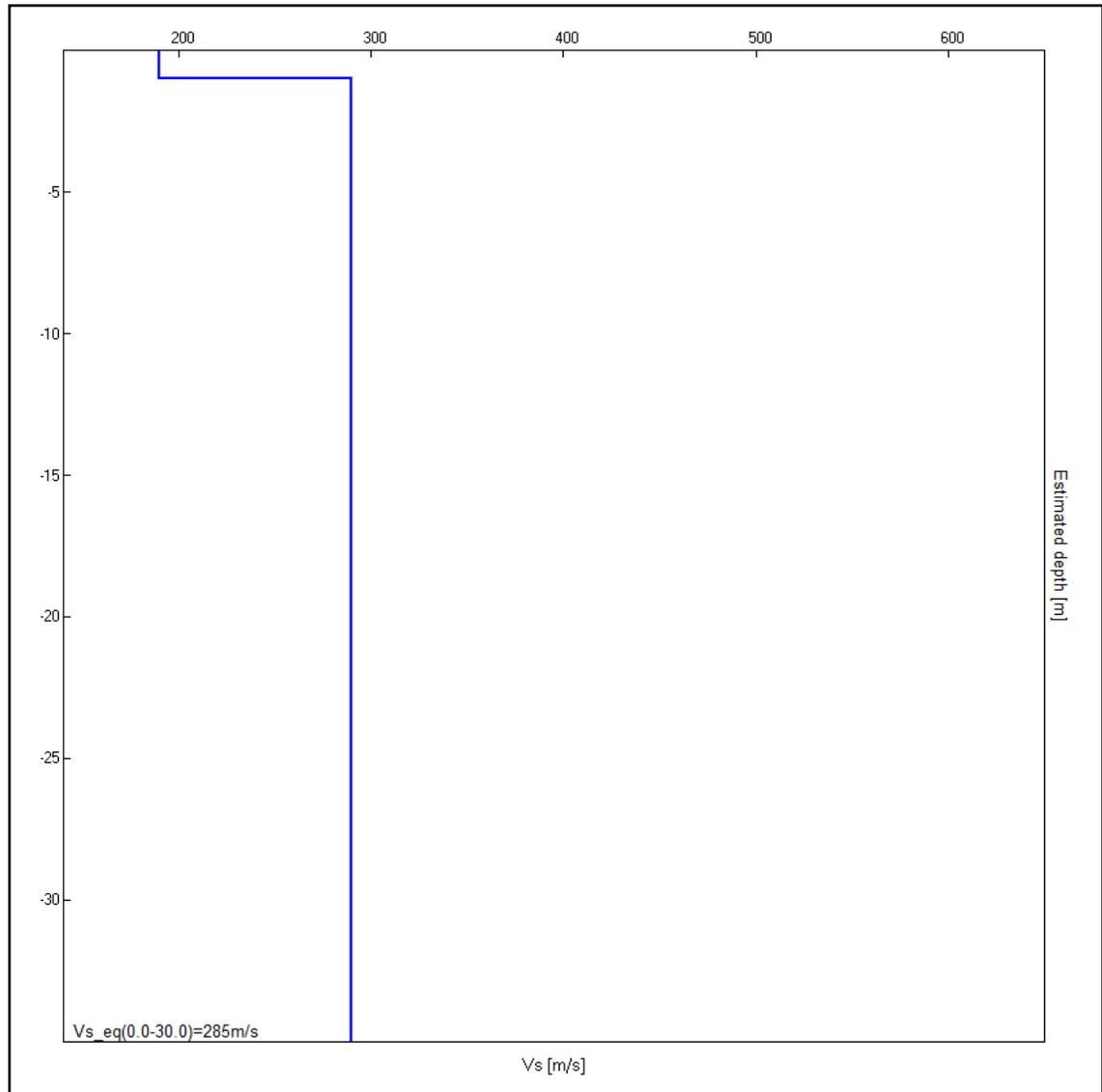
6.2. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La determinazione è stata eseguita secondo l'approccio semplificato previsto dal § 3.2.2 delle NTC, con i seguenti risultati:

Classificazione della categoria di sottosuolo secondo quanto previsto nella tabella 3.2.II delle NTC: La misura sismica eseguita nel sito in esame ha fornito il seguente modello sismo – stratigrafico interpretativo:

H.V.S.R.	Velocità onde di taglio [m/s]	Spessori (m)	Profondità (m)	Rapporto di poisson
I° SISMOSTRATO	190	1.00	0.0 ÷ 1.00	0.42
II° SISMOSTRATO	290	70.00	1.00 ÷ 71.00	0.42
III° SISMOSTRATO	600	<i>inf.</i>	71.00 ÷ <i>infinito</i>	0.45

$$V_s_{eq}(0.0 \div 30.0) = 285 \text{ m/s}$$



Andamento onde S con la profondità

La modellazione in onde di taglio indica la presenza di una successione di sismostrati con velocità di taglio crescenti in profondità; non sono presenti inversioni di velocità (tratti particolarmente lunghi della curva in cui il rapporto $H/V < 1$). Si riscontra un sismostrato superficiale con V_s di circa 190 m/s e spessore stimato in 1 metro circa corrispondente a depositi alluvionali coesivi (limi e argille) scarsamente consistenti; in successione si registra un incremento delle velocità delle onde di taglio a 290

m/s circa fino a 70 m di profondità correlabile sempre a depositi prevalentemente coesivi ma con possibili intercalazioni grossolane.

Più in profondità le Vs medie si attestano sui 600 m/s per la probabile presenza di depositi prevalentemente granulari.

Per quanto riguarda la stima della $V_{S,eq}$, Dai profili sismo stratigrafici è possibile calcolare il parametro $V_{S,eq}$, ai sensi del DM 17/01/2018, attraverso la seguente espressione, quindi stimare la categoria del suolo di fondazione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori e H la profondità del substrato definito come la formazione costituito da roccia o terreno molto rigido caratterizzato da $V_s > 800$ m/s (se tale substrato è a profondità maggiori di 30 m allora $H = 30$). La proposta della nuova normativa conclude che il sito verrà classificato sulla base del valore di V_s (eq) eliminando di fatto le categorie S1 e S2 per le quali si dovrà ricorrere ad una analisi sismica di livello 3 (Risposta Sismica Locale). Viene eliminata inoltre la possibilità di ricavare la categoria del sottosuolo mediante N_{sp3} e $Cu30$; sostanzialmente viene enfatizzata l'importanza del parametro V_s che com'è noto è il parametro geofisico che meglio rappresenta la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

In base alle determinazioni svolte si evince che la velocità media delle onde di taglio fino alla profondità di 30 m dal piano campagna (p.c.) risulta:

Profondità piano di posa fondazioni	$V_{s,eq}$
0 m da p.c.	$V_s (0 - 30) \approx 285 \text{ m/s} \pm 20\%$
1 m da p.c.	$V_s (1 - 31) \approx 290 \text{ m/s} \pm 20\%$

In definitiva, dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dalle indicazioni normative, si determina l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria 'C'**:

“Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.

Classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nella tabella 3.2.III delle NTC agg. 17.01.2018: la superficie topografica può essere classificata come appartenente alla categoria T1 (*superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*), in quanto il sito presenta superficie piana.

A tale proposito non sussistono nel sito in esame effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alla topografia, in particolare per irregolarità morfologiche quali rilievi allungati, scarpate di altezza maggiore a 30 m, pendii con inclinazione maggiore di 15° .

6.3. Determinazione dello spettro di risposta

Le norme stabiliscono che il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo (nel nostro caso il sito di progetto) è costituito dallo spettro di risposta elastico. Lo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato), riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

La forma dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali dipende da alcuni parametri (S , T_B , T_C e T_D), che variano in funzione del tipo di sottosuolo, ove S rappresenta un fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione (categoria del suolo di fondazione - S_S) e della topografia S_T , ove $S = S_S \times S_T$, e T_B , T_C e T_D sono i periodi (s) che separano i diversi rami dello spettro.

A questo punto volendo usare il programma di calcolo che fornisce gli **spettri di risposta** rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticale) delle azioni sismiche di progetto per il sito in esame è necessario fornire i seguenti parametri di input:

1. Coordinate geografiche sito: Longitudine λ_{ED50} : 11,52391° Latitudine ϕ_{ED50} : 45,53867°
2. Vita nominale della struttura: $V_N \geq 50$ anni
3. Classe d'uso: classe II
4. Coefficiente d'uso: $C_u = 1$
5. Periodo di riferimento: $V_R = 50$ anni
6. Categoria sottosuolo: C
7. Categoria topografica: T1
8. Coefficiente di smorzamento viscoso equivalente: **5%**

Il risultato, in termini dei parametri utilizzati per la definizione delle forme spettrali, è sintetizzato nella tabella di pagina seguente:

	SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_C^*	S	Tb	T_C	T_D	F_v
slc	Operatività	81%	30	0,393	2,53	0,24	1,50	0,13	0,40	1,76	0,68
slc	Danno	63%	50	0,535	2,45	0,26	1,50	0,14	0,42	1,81	0,76
slu	Salv. Vita	10%	475	1,491	2,41	0,28	1,48	0,15	0,45	2,20	1,26
slu	Collasso	5%	975	1,941	2,44	0,29	1,42	0,15	0,46	2,38	1,45

In particolare:

- Vita di riferimento, $V_R = 50$ anni
- Tempo di ritorno SLV, $T_r = 475$ anni
- Tempo di ritorno SLD, $T_r = 50$ anni
- Accelerazione orizzontale massima attesa sul bedrock, $a_g/g = 0.152$
- Accelerazione orizzontale massima attesa nel sito, $A_{max} = a_g/g \cdot S = 0.152 \cdot 1.50 = 0.23$

Data l'accelerazione orizzontale massima attesa, si riportano in allegato gli spettri di progetto in termini di pseudo-accellerazione in funzione del periodo di vibrazione, conformi al D.M. 14/01/2008 per suolo C, e per un valore del fattore di struttura q allo SLV (per es. q=3), funzione della capacità dissipativa anelastica del fabbricato.

In termini di spettro di progetto, l'accelerazione orizzontale cui sarà sottoposto il fabbricato varierà sia in funzione della struttura e dei materiali costituenti che dell'altezza dal piano di posa fondazioni.

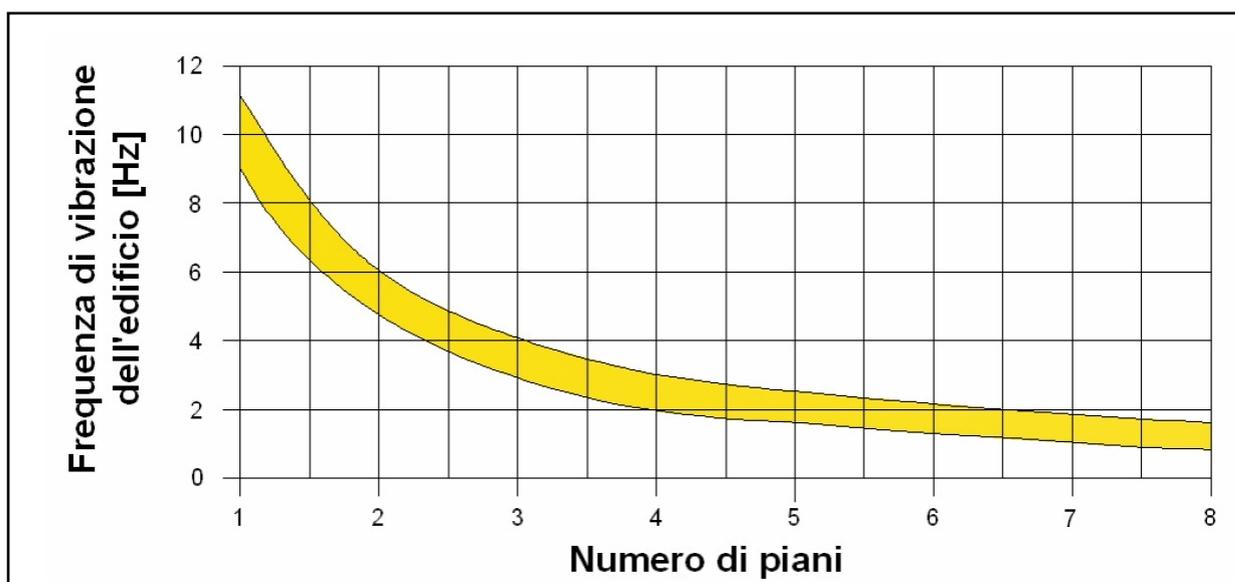
L'azione del sisma si traduce in accelerazioni nel sottosuolo (effetto cinematico).

Dallo spettro di risposta e dai parametri da esso ricavati, si ottiene il **coefficiente sismico** Khk:

Inerzia del terreno $K_{hk} = \beta_s \times S \times a_g / g = 0.24 \times 1.5 \times 0.152 =$	0,055
Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima β_s (Tab. 7.11.I del NTU)	0,24

6.4. Frequenza caratteristica di risonanza del sito

La tecnica sismica passiva a stazione singola (H.V.S.R.) permette di determinare direttamente la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale. Si dovranno adottare adeguate precauzioni nel costruire edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi.



La frequenza fondamentale di risonanza di una struttura può essere misurata eseguendo le misurazioni all'interno della stessa. In seguito sarà possibile confrontarla con quella del terreno su cui sorge per comprendere al meglio il rischio sismico a cui è sottoposto l'edificio in caso di sisma. Infatti la pericolosità è dovuta per l'effetto della doppia risonanza terreno – struttura (esistente o di progetto) laddove risultino coerenti i valori della frequenza di sito e quelli della struttura in analisi, per la quale il periodo fondamentale, se non direttamente misurato, può essere preliminarmente stimato dalla relazione:

$$T_{ed} \approx Ch^{3/4} \approx n/10$$

dove: T_{ed} è il periodo dell'edificio, h è la sua altezza ed n è il numero di piani; mentre il parametro $C = 0,050$ (edifici in muratura), $C = 0.075$ (edifici in muratura e calcestruzzo), $C = 0.085$ (edifici a telaio in calcestruzzo).

Le vibrazioni sismiche ambientali (*rumore sismico*) sono onde sismiche di bassa energia con ampiezze dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} mm (*Okada, 2003*). In riferimento al contenuto in frequenza, il rumore sismico è anche chiamato microtremore se contiene alte frequenze (in genere maggiori di 0.5 Hz) e microsisma per basse frequenze. Per quanto riguarda l'origine del rumore sismico, è certo che le sorgenti dei microsismi sono le perturbazioni atmosferiche sugli oceani che si propagano come onde superficiali sui continenti, mentre le sorgenti dei microtremori sono le attività antropiche come il traffico veicolare, le attività industriali etc. e si propagano come onde superficiali di Rayleigh. Le misure puntuali di rumore sismico possono essere utilizzate per la stima sia degli effetti di sito (funzione di amplificazione), sia degli effetti sulle costruzioni nel rispetto della normativa che ne stabilisce la soglia massima (UNI9916).

In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere condotta con tre metodi:

- Spettri di Fourier
- Rapporti spettrali
- Rapporti spettrali H/V

Tra questi quello che sembra fornire i risultati migliori è quello dei Rapporti spettrali H/V noto anche come metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) o metodo di Nakamura.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi agli inizi degli anni '70, tra i quali *Nogoshi e Igarashi (1971)* e *Shiono et al. (1979)*, che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio.

Tale tecnica, ampiamente utilizzata da anni nel settore sismologico, di recente viene sempre più impiegata in campo geotecnico / ingegneristico per derivare i seguenti parametri:

- la frequenza fondamentale di risonanza f_0 dei terreni presenti nel sottosuolo;
- la stima del profilo del terreno in termini delle velocità V_s e V_p e della densità e quindi delle velocità V_s nei primi 30 m (ed oltre) dal piano campagna, attraverso opportuni metodi di inversione;
- la frequenza fondamentale di risonanza di una struttura e i relativi modi di vibrare.

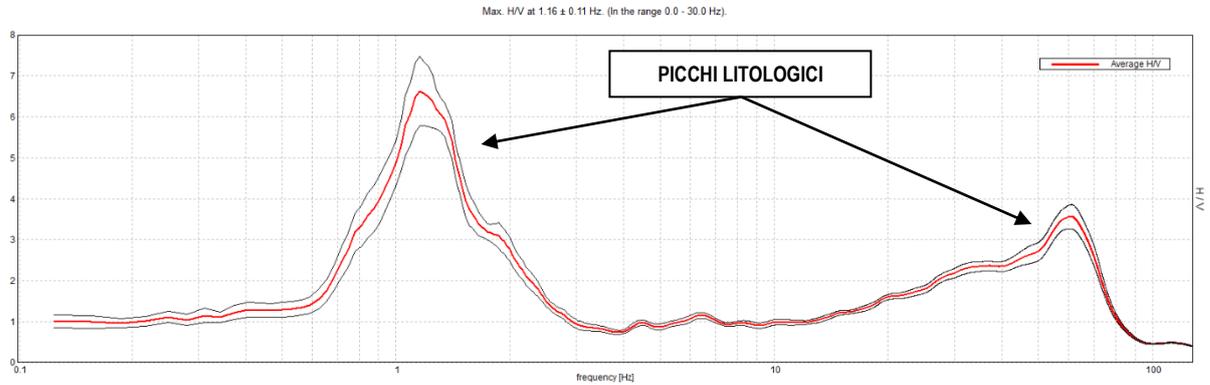
Per quanto riguarda l'analisi della curva H/V si evince quanto segue:

La curva H/V presenta due picchi alle frequenze di 60 e 1,1 Hz circa. Entrambi i picchi risultano, dall'analisi degli spettri delle singole componenti, di natura litologica; il primo riconducibile ad un contrasto di impedenza sismica piuttosto superficiale stimato in circa 1 metro dal p.c. (possibile passaggio tra depositi coesivi e primo orizzonte debolmente granulare) mentre il secondo, più ampio, risulta essere molto profondo (circa 70 m dal p.c.) ed è attribuibile alla presenza di depositi grossolani.

La frequenza fondamentale di sito è determinabile nel picco a $f_0 = 1,16$ Hz ($T = 0,862$ s) in quanto il picco analizzato soddisfa sufficientemente i criteri del protocollo SESAME per un picco chiaro ed isolato; tuttavia tale valore è di interesse ingegneristico per strutture molto alte (maggiori di 6 piani).

È ormai consolidata, sia a livello accademico sia professionale, l'ipotesi che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando c'è coincidenza tra la frequenza di vibrazione naturale del terreno investito da un'onda sismica e la frequenza naturale dell'edificio.

Si dovrà quindi porre estrema attenzione nell'edificare strutture aventi lo stesso periodo di vibrazione naturale del terreno poiché i rapporti H/V calcolati sono tali da ipotizzare un fattore di amplificazione del moto sismico in superficie.

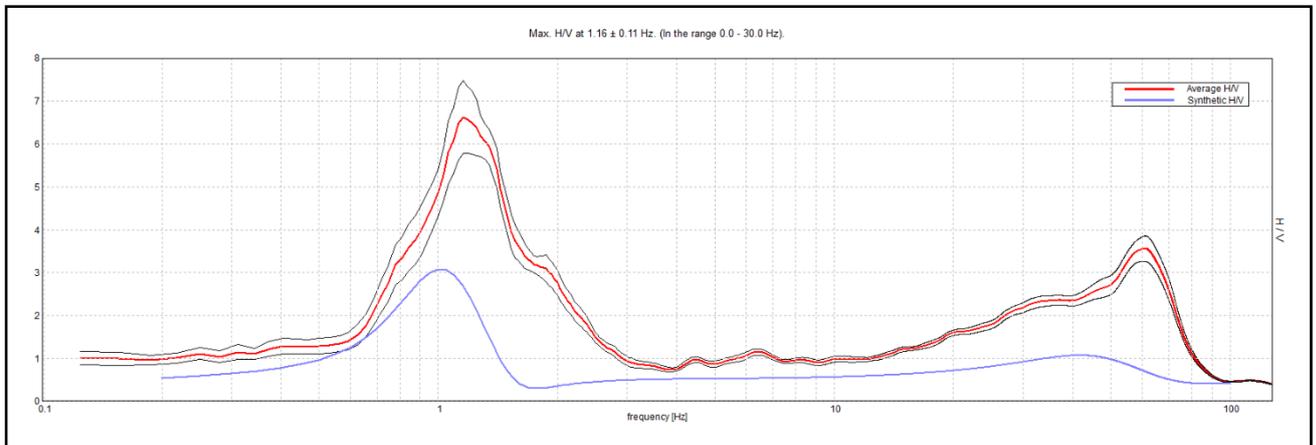


Picco H/V a 1.16 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 30.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.16 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1017.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 56	OK	
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.781 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	6.63 > 2	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.09685 < 0.05		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.11198 < 0.11563	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.8456 < 1.78	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_r e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



Fitting della curva H/V sperimentale; corrispondenza tra la curva sperimentale (in rosso) e la curva di sintesi (in blu)

6.5 Comportamento del terreno granulare sotto l'azione dei carichi ciclici (sisma)

La liquefazione è un particolare stato di comportamento dei terreni non coesivi saturi, che si verifica durante l'azione di un terremoto.

La causa principale di tale fenomeno è dovuta alla nascita di sovrappressioni interstiziali, indotte dalle sollecitazioni di taglio cicliche, che provocano un comportamento simile a quello di un fluido.

Questi terreni, che si trovano in condizioni non drenate, subiscono, a seguito dell'azione delle onde sismiche di tipo S (trasversali), una perdita di resistenza al taglio, per la quale non sono più garantite le condizioni di stabilità, fino al raggiungimento di una nuova configurazione d'equilibrio compatibile con la nuova, diminuita, resistenza.

Durante la liquefazione le tensioni tangenziali mobilizzanti, indotte dal terremoto, incrementano le pressioni neutre in modo tale da rendere nulle le tensioni efficaci e quindi annullando la resistenza al taglio.

Il meccanismo di azione della liquefazione è così rapido che induce una riduzione di pressione efficace ad indice dei vuoti costante e dipende dallo stato di addensamento del terreno; per i terreni sciolti la riduzione di volume produce un incremento delle pressioni idrauliche mentre per i terreni densi il comportamento è inverso. Ne consegue che i terreni granulari sciolti sono suscettibili del fenomeno della liquefazione.

L'obiettivo del presente paragrafo è quello di capire lo stato di addensamento dei terreni granulari presenti e, conseguentemente, valutare la loro suscettibilità alla liquefazione.

Per verificare la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione, vanno impiegate le procedure che nell'Ingegneria geotecnica sismica vengono denominate come 'metodi semplificati' (Robertson e Wride, 1997).

Tali metodi sono basati su prove geotecniche di tipo corrente (prove penetrometriche) e sulla valutazione, ad ogni quota z del deposito compresa nei primi 15 m, del fattore di sicurezza:

$FSL = CRR/CSR \times MSF$ dove:

CRR = resistenza normalizzata (rispetto alla tensione efficace verticale iniziale $\sigma'v_0$) che può essere valutata attraverso abachi, in funzione di parametri desunti da prove CPT.

CSR = tensione indotta dal terremoto, in funzione del picco di accelerazione al piano campagna del terremoto di riferimento e un coefficiente riduttivo dell'azione sismica.

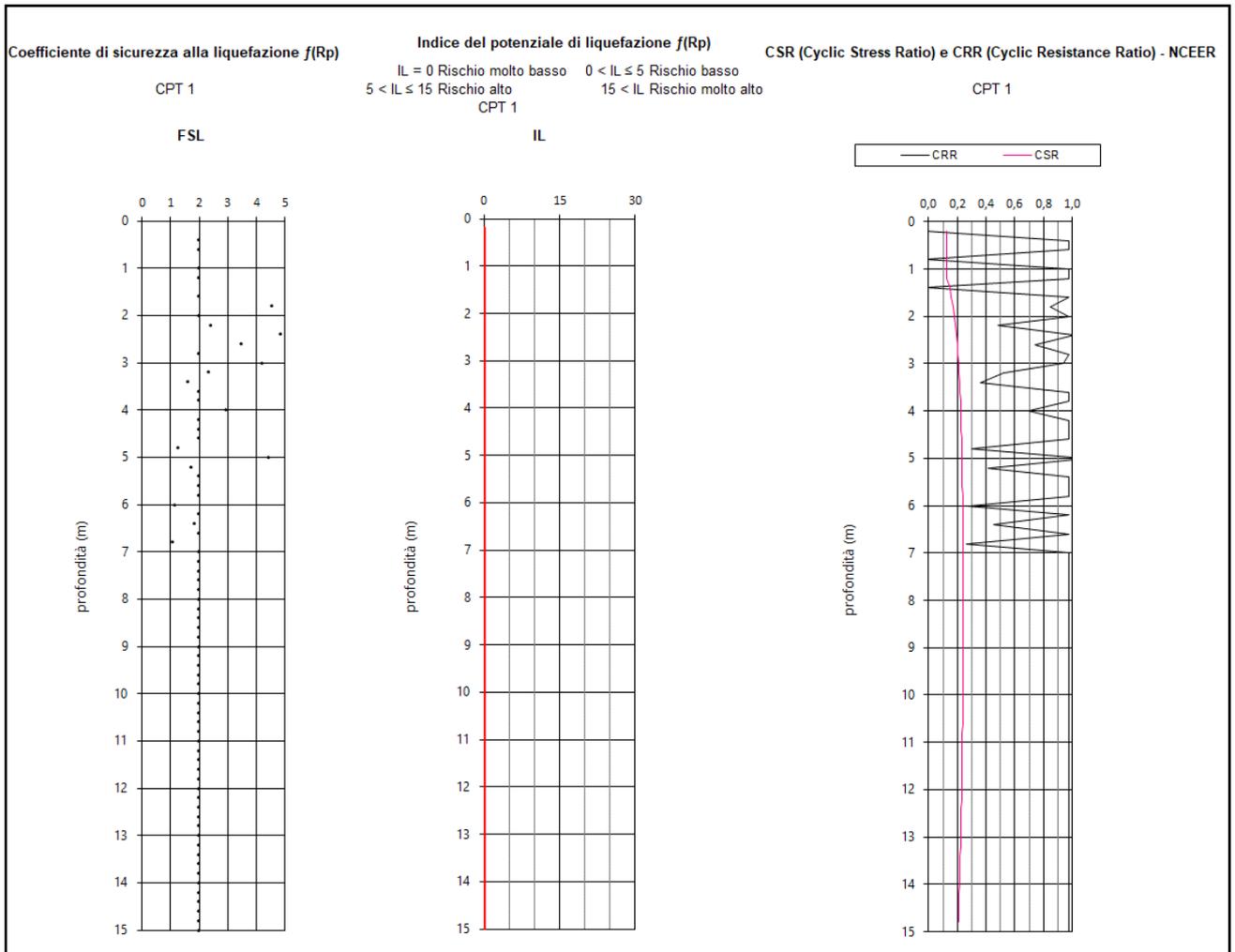
MFR = fattore di scala che può essere valutato in funzione della magnitudo dei terremoti attesi.

Tra i metodi semplificati, quelli basati su prove CPT sono particolarmente raccomandati.

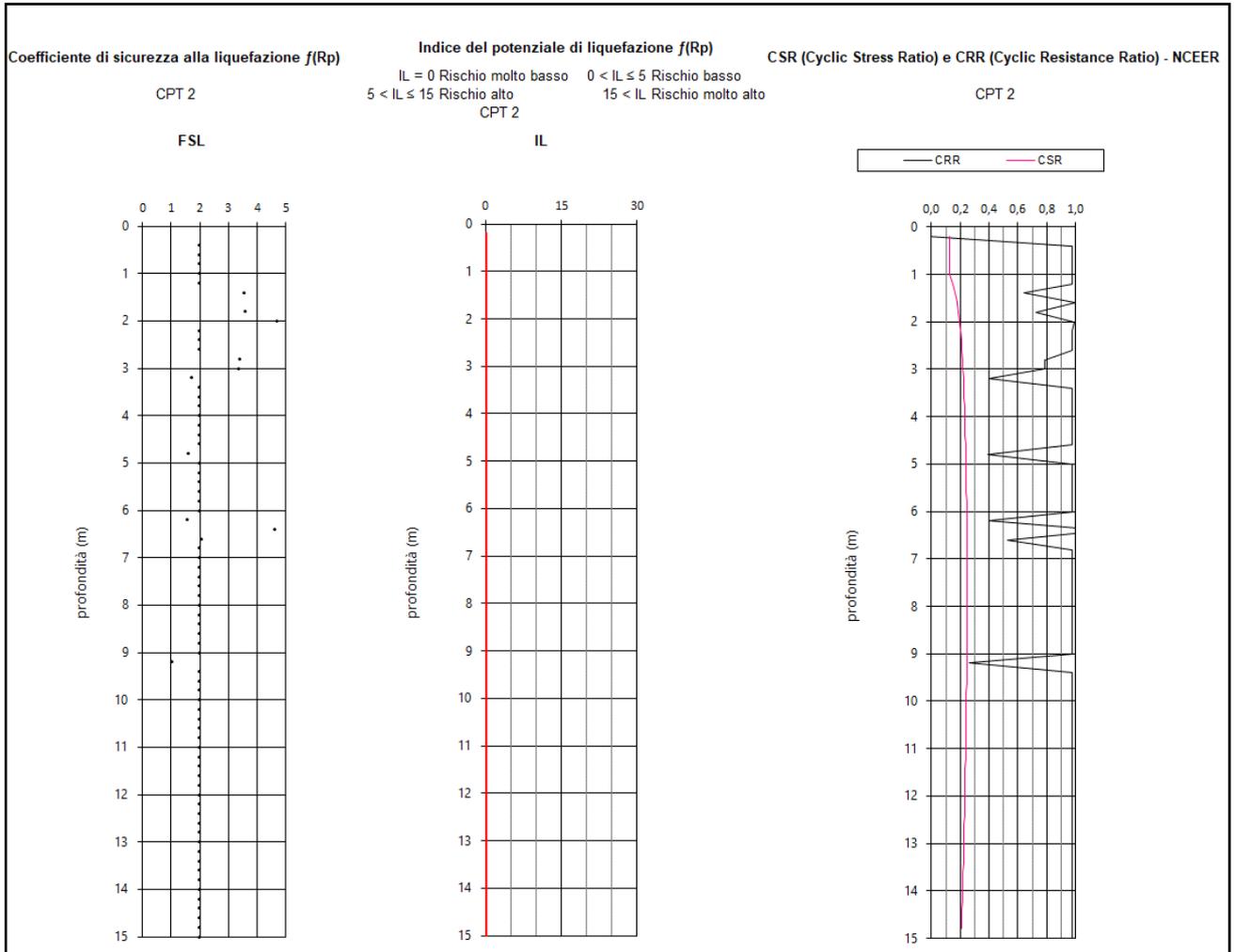
Con il presente metodo viene definito e calcolato anche l'Indice di potenziale di liquefazione IL (*Iwasaki, 1978*), per tenere conto del fatto che in superficie si risente dell'effetto cumulativo della liquefacibilità degli strati sottostanti.

La verifica è stata eseguita assumendo una magnitudo attesa pari a quella corrispondente al valore ottenuto mediante il metodo di disaggregazione della pericolosità sismica ($M_w = 4.99$) (*Bazzurro e Cornell, 1999; INGV Spallarossa e Barani, 2007*) e un'accelerazione su terreno rigido di riferimento pari a quella stimata (per un periodo di ritorno di 475 anni) per il sito dall'analisi di pericolosità sismica di base nazionale ($a_g = 0.152g$). Ipotizzando un terreno di categoria C, a cui corrisponde un fattore di amplificazione pari a 1.5, e quindi un'accelerazione massima orizzontale in superficie di $0.23g$.

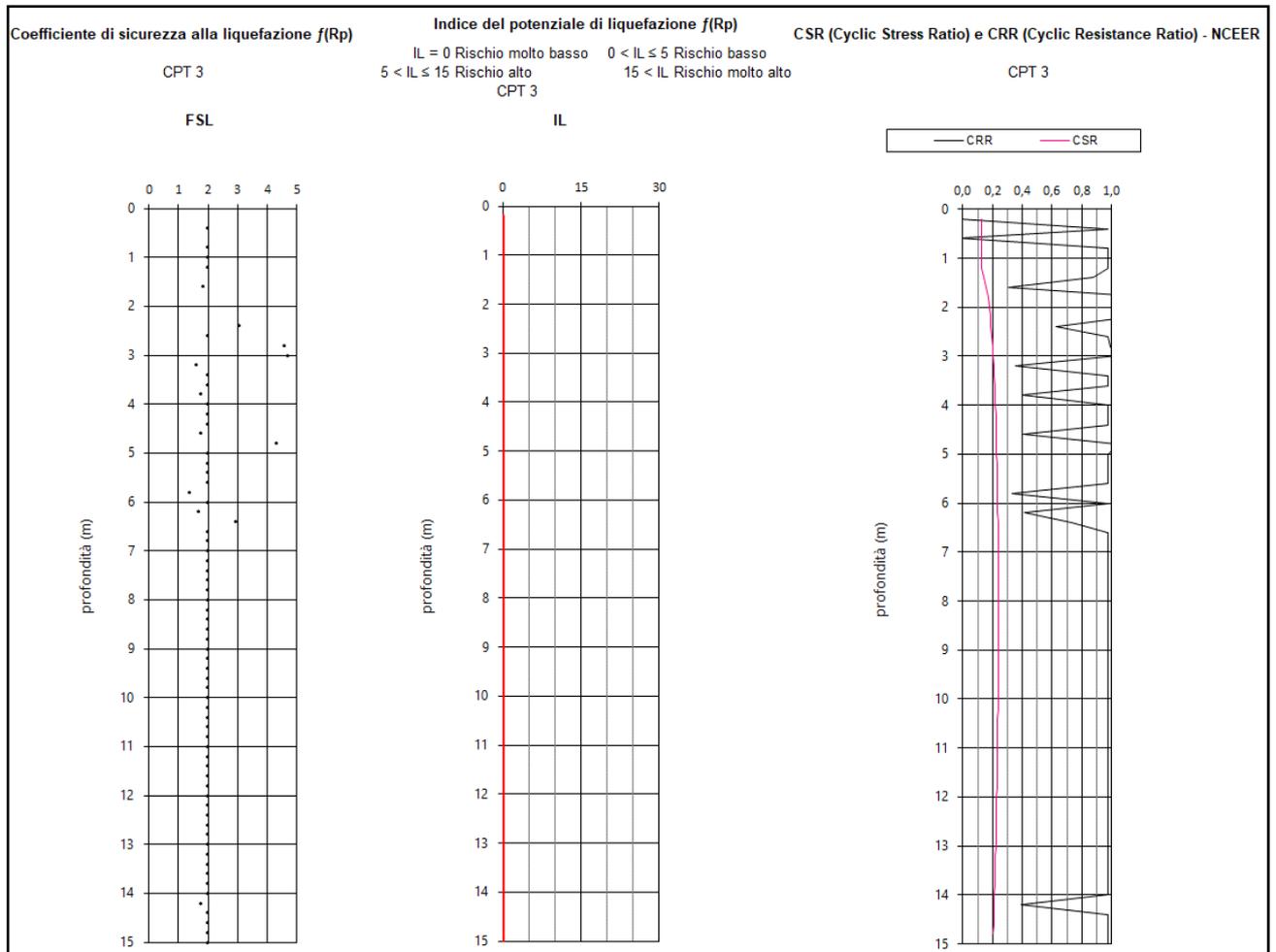
Come mostrato nelle figure in allegato nel caso in esame, l'assenza di strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda comporta che gli effetti e quindi il rischio dovuto alla liquefazione dei terreni di fondazione, è da considerarsi molto basso o trascurabile (IL=0).



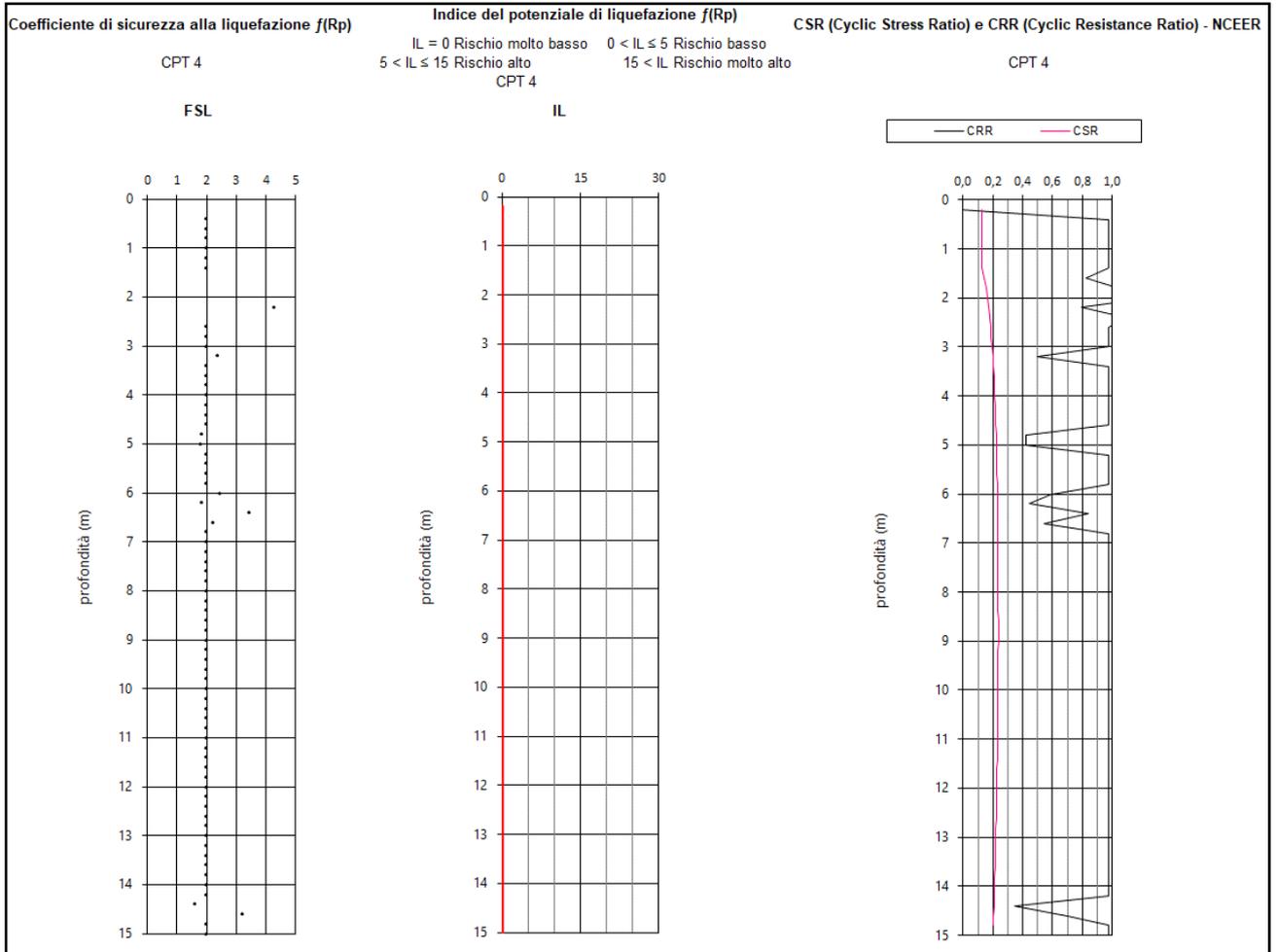
Analisi della pericolosità sismica di liquefazione condotta sulla prova CPT1, secondo il metodo di Robertson e Wride, 1998 (FSL = fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione; IL = indice di potenziale liquefazione; CSR = domanda sismica; CRR = resistenza a liquefazione)



Analisi della pericolosità sismica di liquefazione condotta sulla prova CPT2, secondo il metodo di Robertson e Wride, 1998 (FSL = fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione; IL = indice di potenziale liquefazione; CSR = domanda sismica; CRR = resistenza a liquefazione)



Analisi della pericolosità sismica di liquefazione condotta sulla prova CPT3, secondo il metodo di Robertson e Wride, 1998 (FSL = fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione; IL = indice di potenziale liquefazione; CSR = domanda sismica; CRR = resistenza a liquefazione)



Analisi della pericolosità sismica di liquefazione condotta sulla prova *CPT4*, secondo il metodo di Robertson e Wride, 1998 (FSL = fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione; IL = indice di potenziale liquefazione; CSR = domanda sismica; CRR = resistenza a liquefazione)

7 – RELAZIONE GEOTECNICA

7.1 – Caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito

In questo capitolo, si vuole definire il **Modello Geotecnico del Sottosuolo** relativo ai terreni che costituiscono il Volume Significativo interessato dalle fondazioni.

La descrizione della stratigrafia individuata, con l'indicazione delle proprietà geotecniche dei terreni, è stata effettuata considerando i risultati delle prove penetrometriche qui realizzate (*CPT1 per il Lotto "A", CPT2 per il Lotto "B", CPT3 e CPT4 per il Lotto "C" come da planimetria allegata*), che hanno mostrato una buona omogeneità sia verticale che laterale dei terreni di fondazione, ed altre informazioni disponibili che si sono reperite per la zona in questione.

In base alla profondità media rispetto al p.c., è stato possibile individuare la seguente successione di strati, indicando a ciascuno di essi i principali parametri geotecnici medi, considerando un'unica stratigrafia per la buona omogeneità verticale ed orizzontale dei terreni attraversati dalle tre prove penetrometriche eseguite, come sopra ricordato.

Successione stratigrafica:

STRATO N° 1

Profondità	: da p.c. a – (1.00 ÷ 1.40) m.		
Classifica	: <i>Argille limose e limi argillosi di medio-alta consistenza in prevalenza</i>		
Resistenza punta	: $R_p = 9 \div 20 \text{ Kg/cm}^2$	$R_{p_{med}} = 15 \text{ Kg/cm}^2$	
Consistenza	: Coesione:	$C_u = 50 \div 70 \text{ kPa}$	
	: Peso di volume:	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	

STRATO N° 2

Profondità	: da – (1.00 ÷ 1.40) m. a – (3.00 ÷ 3.20) m.		
Classifica	: <i>Sabbie limose e limi sabbiosi di medio-basso addensamento in prevalenza</i>		
Resistenza punta	: $R_p = 18 \div 40 \text{ Kg/cm}^2$	$R_{p_{med}} = 30 \text{ Kg/cm}^2$	
Addensamento	: Densità relativa:	$D_{rel} = 30\% \div 40\%$	
	: Angolo di attrito interno:	$\phi' = 27^\circ \div 29^\circ$	
	: Peso di volume:	$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$	

STRATO N° 3

Profondità	: da - (3.00 ÷ 3.20) m. a – (13.60 ÷ 14.40) m.		
Classifica	: <i>Argille limose e limi argillosi di medio-alta consistenza in prevalenza, che si alternano andando in profondità con sottili livelli di limi sabbiosi</i>		
Resistenza punta	: $R_p = 5 \div 67 \text{ Kg/cm}^2$	$R_{p_{med}} = 13 \text{ Kg/cm}^2$	
Addensamento	: Densità relativa:	$D_{rel} = 40\% \div 50\%$	
	: Angolo di attrito interno:	$\phi' = 28^\circ \div 30^\circ$	
Consistenza	: Coesione:	$C_u = 40 \div 60 \text{ kPa}$	
	: Peso di volume:	$\gamma = 18 \div 19 \text{ kN/m}^3$	

STRATO N° 4

Profondità	: da – (13.60 ÷ 14.40) m. a – 15.00 m. (max. prof. investigata)		
Classifica	: Sabbie limose e limi sabbiosi di medio-basso addensamento		
Resistenza punta	: Rp = 12 ÷ 54 Kg/cm ²	Rp _{med}	= 30 Kg/cm ²
Addensamento	: Densità relativa:	Drel	= 30% ÷ 40%
	: Angolo di attrito interno:	φ'	= 27° ÷ 29°
	: Peso di volume:	γ	= 19 kN/m ³

VALORI CARATTERISTICI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Secondo l'Eurocodice 7 e le NTC2008, i valori caratteristici X_k consistono in una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Il § C6.2.2.4 della Circolare 617/2009 illustra chiaramente come tali valori debbano essere scelti. In particolare: *“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata.”*

Nel caso in esame, la struttura di fondazione prevista (platea) è tale da coinvolgere elevati volumi di terreno con possibile compensazione delle eterogeneità stratigrafiche.

Pertanto i valori caratteristici saranno ubicati in prossimità dei valori medi. I valori caratteristici dei parametri sono stati ricavati applicando il metodo statistico in presenza di più dati, con la distribuzione normale di Student:

$$X_k = t(n - 1) \left(\frac{S}{\sqrt{n - 1}} \right) + \bar{X}$$

dove:

$t(n-1)$ = valore della distribuzione di Student ad $n-1$ gradi di libertà;

S = deviazione standard della popolazione;

n = numero di dati;

\bar{X} = valore medio dei dati.

7.2 – Tipologia progettuale

Il progetto prevede la nuova costruzione di n° 3 edifici del tipo civile-residenziale, in particolare così come identificati in planimetria sono previsti il Lotto (A) che sarà dotato di tre piani fuori terra per un'altezza massima di 9.00 metri e per un'estensione in pianta di circa 330 mq; il Lotto (B) che sarà dotato di n° 3 piani fuori terra per un'altezza massima di 9.00 metri e per un'estensione in pianta di circa 250 mq; mentre il Lotto (C) sarà dotato sempre di n° 3 piani fuori terra per un'altezza massima di circa 9.00 metri e per un'estensione in pianta di circa 690 mq.

Per tutti e tre gli edifici di progetto non è prevista la realizzazione di un piano interrato, e le strutture fondazionali previste sono tutte del tipo a **platea**, con quota di intradosso alla profondità di circa - 0.60 m dalla quota media del piano campagna attuale.

In questo capitolo, si è proceduto per le opere di fondazione alla determinazione del valore di progetto della Resistenza Rd relativamente agli SLU di tipo geotecnico, (collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno), sia in campo statico che in campo sismico e alla verifica di sicurezza nei confronti degli SLE (cedimenti del terreno di fondazione). Si è stimato inoltre il modulo di reazione o di Winkler (k). Al momento della stesura della presente relazione tecnica non sono stati comunicati i carichi trasmessi dalle strutture di progetto agli intradossi fondazionali. Sarà cura, pertanto, del Progettista delle strutture di completare la presente relazione tecnica con le verifiche agli Stati Limite (SL), così come previsto dalle NTC, dopo avere acquisito i carichi di progetto.

7.3 – Calcolo del valore progettuale di Resistenza Rd agli SLU - GEO

Il calcolo è stato condotto applicando il seguente approccio progettuale (NTC):

Approccio 2: A1+M1+R3

I valori di progetto delle azioni F e dei parametri geotecnici X ($C_{u,d}$, C'_{d} , ϕ'_{d} , γ_d) si ricavano dai valori caratteristici, F_k e X_k , ai quali va applicato un coefficiente di sicurezza parziale γ_F e γ_m , utilizzando le seguenti espressioni: $F_k \cdot \gamma_F$ e X_k / γ_m .

I coefficienti parziali relativi alle azioni γ_F sono indicati nella Tab. 6.2.I, mentre i coefficienti γ_m per i parametri del terreno e γ_R per le Resistenze sono ricavati rispettivamente dalle tabelle 6.2.II e 6.4.I delle NTC. Si noti che in campo sismico i coefficienti parziali relativi alle azioni $\gamma_F = 1$.

Il valore di progetto della **capacità portante limite di fondazione** è calcolato mediante l'applicazione della formula di **Hansen** (1970) per fondazioni dirette, sviluppata secondo i suggerimenti di Bowles e con aggiunta dei coefficienti sismici di Maugeri e Novità (2004):

$$R_d = [N_c C_{u,d} s_c d_c i_c g_c b_c z_c + \gamma_d D_f N_q s_q d_q i_q g_q b_q z_q + 0,5 \gamma_d B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma z_\gamma r_\gamma] / \gamma_R$$

se $\phi'_d = 0$ $R_d = [(2+\pi)C_{u,d} (1 + s'_c + d'_c - i'_c - g'_c - b'_c) z_c + \gamma_d D_f] / \gamma_R$

ove:

- R_d = valore di progetto capacità portante limite della fondazione;
- $C_{u,d}$ = coesione non drenata (angolo di attrito apparente $\phi' = 0$);
- γ_d = peso di volume del terreno (γ'_d = peso di volume saturo);
- D_f = incastro del piano di posa della fondazione;
- N_c, N_q, N_γ = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di attrito interno del terreno;
- B = dimensione minima in pianta della fondazione;
- s_c, s_q, s_γ = fattori di forma della fondazione;
- d_c, d_q, d_γ = fattori di profondità di fondazione;
- i_c, i_q, i_γ = fattori di inclinazione del carico;
- $h_{c,f}, h_{q,f}, h_{\gamma,f}$ = coefficienti sismici (correzioni di Maugeri e Novità, 2004);
- r_γ = fattore di riduzione per fondazioni grandi (Bowles);
- γ_R = Coefficiente di sicurezza parziale per le Resistenze (R1, R2, R3)

- Fattori di capacità portante sono dati da (Vesic, 1973):

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \text{tg}^2(45 + \phi/2) \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad N_\gamma = 2(N_q - 1) \text{tg} \phi$$

- Fattori di forma (s_i) sono dati da:

$$s_c = 1 + (N_q/N_c)(B/L) \quad s'_c = 0.2(B/L) \quad s_q = 1 + (B/L) \text{tg} \phi \quad s_\gamma = 1 - 0.4B/L$$

- Fattori di profondità (d_i) sono dati da:

$$d_c = 1 + 0.4k \quad d'_c = 0.4k \quad d_q = 1 + 2 \text{tg} \phi (1 - \sin \phi)^2 k \quad d_\gamma = 1$$

con $k = D/B$ se $D/B \leq 1$ e $k = \text{actg}(D/B)$ se $D/B > 1$

- Fattori di inclinazione del carico (i_i) sono dati da:

$$i_c = i_q - (1 - i_q)/(N_q - 1) \quad i_q = (1 - 0.5H/(V + BLc \cot \phi))^5 \quad i_\gamma = (1 - 0.7H/(V + BLc \cot \phi))^5$$

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - H/BLc}$$

con V e H componenti verticale e orizzontale del carico. Se $i_i \neq 0$ allora $s_i = 1$.

Quando $\phi = 0$, si usano i fattori contraddistinti da un apice.

- Coefficienti sismici: la verifica delle fondazioni in campo sismico è stata eseguita applicando le correzioni di correzioni di Maugeri e Novità (2004).

Per tener conto degli effetti inerziali del terreno (K_h) si introducono nella formula della capacità portante i seguenti coefficienti moltiplicativi:

$$h_{qf} = B(k_h^2 \cdot f) + C(k_h \cdot f) + 1 \quad h_{cf} = D(k_h^2 \cdot f) + E(k_h \cdot f) + 1 \quad h_{\gamma f} = H(k_h^2 \cdot f) + I(k_h \cdot f) + 1$$

I coefficienti B, C, D, E, H ed I sono funzioni polinomiali di ϕ e di $K_h = \beta_s \cdot S_s \cdot S_t \cdot a_g$

ove K_h = inerzia del terreno, a_g = accelerazione massima attesa al sito, S_s e S_t = coefficienti stratigrafico e topografico; β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima.

- Fattore di riduzione per fondazioni grandi (Bowles):

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \log(B/2) \quad \text{per } B > 2 \text{ m}$$

- Coefficiente di sicurezza parziale per le Resistenze (R_3).

Le verifiche sono state fatte per gli SLU di tipo geotecnico (GEO) nell'approccio progettuale 2 (A1+M1+R3) sia in campo statico che in campo sismico. Il Coefficiente di sicurezza parziale per le Resistenze (R_d) è preso pari a $\gamma_R = 2.3$ (approccio 2).

Nella nostra situazione, poiché come precedentemente riportato non sono ancora noti i valori precisi dei carichi Ed agenti alla base della fondazione del tipo a platea, si opererà al calcolo delle resistenze R_d nell'approccio progettuale 2 (A1+M1+R3) sia in campo statico che sismico, considerando i valori dei parametri geotecnici in riferimento alla stratigrafia delle prove qui realizzate CPT1, CPT2, CPT3 e CPT4.

A completamento dell'analisi si dovrà verificare la disequaglianza $Ed \leq Rd$ dove Ed corrisponde al valore di progetto delle azioni.

Nelle verifiche a pagina seguente, per quanto riguarda tutti gli edifici si è considerata la platea suddivisa in strisce di dimensioni $B = 2.50 \text{ m}$. ed $L \gg B$.

7.3.1. Verifica collasso per carico limite agli SLU - GEO in CAMPO STATICO per nuova costruzione edifici residenziali con fondazione del tipo a platea

Tipologia edificio: edifici civili residenziali – Lotto “A”, Lotto “B” e Lotto “C”				
Tipo di fondazione:	platea, con quota intradosso a -0.60 m da p.c.			
Dimensioni:	B (m) =	2.50	L (m) =	20.00
Profondità incastro fondazione (m):		0.50		
Terreni di intradosso: Sabbie limose e limi sabbiosi di medio addensamento in prevalenza Angolo d'attrito interno: $\phi'_k = \phi'_d = 28^\circ$ Coesione non drenata: $Cu_k = Cu_d = 0$ kPa Peso di volume: $\gamma_k = 18$ kN/m ³ Peso di volume immerso: $\gamma_k = 8$ kN/m ³				
Qlim (kPa)		Fs	Rd (kPa)	
285		2,3	124	

7.3.2. Verifica collasso per carico limite agli SLU - GEO in CAMPO SISMICO per nuova costruzione edifici residenziali con fondazione del tipo a platea

Tipologia edificio: edifici civili residenziali – Lotto “A”, Lotto “B” e Lotto “C”				
Tipo di fondazione:	platea, con quota intradosso a -0.60 m da p.c.			
Dimensioni:	B (m) =	2.50	L (m) =	20.00
Profondità incastro fondazione (m):		0.50		
Terreni di intradosso: Sabbie limose e limi sabbiosi di medio addensamento in prevalenza Angolo d'attrito interno: $\phi'_k = \phi'_d = 28^\circ$ Coesione non drenata: $Cu_k = Cu_d = 0$ kPa Peso di volume: $\gamma_k = 18$ kN/m ³ Peso di volume immerso: $\gamma_k = 8$ kN/m ³ Coefficienti sismici: Kh = Kh _k = 0.055 hc _f = 0.91 hq _f = 0.87 hγ _f = 0.78				
Qlim (kPa)		Fs	Rd (kPa)	
233		2,3	101	

Il progettista/calcolatore, definite le azioni per quanto riguarda le verifiche sopra riportate, dovrà verificare la disuguaglianza $Ed \leq Rd$ in relazione all'approccio 2 delle nuove NTC (verifica agli stati limite ultimi SLU).

7.3. Verifica di collasso per scorrimento sul piano di posa.

La verifica è stata condotta applicando il seguente approccio progettuale (N.T.C. agg. 2018):

Approccio 2: **A1+M1+R3**

Nello stato limite di **collasso per scorrimento sul piano di posa**, l'azione di progetto Ed è data dalla componente della risultante delle forze in direzione parallela al piano di scorrimento della fondazione (taglio sismico), mentre la resistenza di progetto Rd è il valore della forza parallela allo stesso piano cui corrisponde lo scorrimento della fondazione. Per fondazioni a diretto contatto con le pareti di scavo, nella verifica allo scorrimento si può tenere conto della resistenza al taglio mobilitata lungo le pareti parallele all'azione di progetto, oltre che della spinta attiva e della resistenza passiva parallele alla stessa azione.

Le fondazioni dirette con piano d'appoggio su terreni granulari, per assicurare un'adeguata resistenza allo slittamento durante il terremoto di progetto, potranno fare affidamento su una resistenza d'attrito (Rd) stimabile in 0,31 N (dove N è il carico verticale totale), che rispetto alla forza orizzontale agente (Ed) prossima a 0,26 N assicura un fattore di sicurezza accettabile.

I valori di Ed e Rd sono state calcolate con le seguenti relazioni:

$$Ed = Hd = N \tan \theta_d = N [Kh / (1 - K_v)] \quad \text{con } Kh = A_{max} = 0.23 \quad \text{e } K_v = 0.5 \cdot Kh$$

$$Rd = (N \tan \delta_d + P_{pd}) / \gamma_R = (N \tan 2/3 \phi_d) / \gamma_R$$

con N = componente verticale del carico; Kh, K_v = coefficienti sismici orizzontale e verticale; P_{pd} = Resistenza passiva. Nel nostro caso, la verifica di sicurezza allo SLU di collasso per scorrimento alla base **risulta soddisfatta poiché Ed ≤ Rd.**

7.3 – Verifica di sicurezza agli stati limite di esercizio (SLE) delle fondazioni superficiali

Nella verifica agli stati limite in condizioni di esercizio deve essere verificata l'entità dei cedimenti dei terreni di fondazione (Ed), ossia che sotto le sollecitazioni di progetto il terreno sia stabile e non presenti deformazioni permanenti incompatibili con i requisiti di funzionalità della struttura.

Deve essere verificata in particolare la seguente condizione: $Ed \leq Cd$

Una stima dei cedimenti (s) può essere fatta con la seguente relazione, che tiene conto della tensione verticale P_v, indotta dalla sovrastruttura, e dei parametri di compressibilità dei terreni:

$$s = H_o \times \Delta P / M_o$$

ove:

H_o = spessore dello strato compressibile,

ΔP = incremento di pressione calcolato a metà strato considerato,

M_o = Modulo edometrico, legato al valore di R_{pd}.

Il calcolo del cedimento con la formula suddetta, è stato effettuato con riferimento ad aree di carico infinitamente flessibili.

Per quanto riguarda le fondazioni a platea dei tre edifici di progetto tutti previsti con 3 piani fuori terra, ipotizzando un carico agli SLE pari a circa **40 KPa** e applicando la formula suddetta considerando le prove qui eseguite, ovvero la CPT1 per il Lotto "A", la CPT2 per il Lotto "B" e le CPT3 e CPT4 per il Lotto "C", si è potuto calcolare il seguente valore di cedimento massimo in corrispondenza delle verticali indagate di valore pari a quanto riportato nella tabella seguente:

Prova n.	ΔH (cm)	Prova n.	ΔH (cm)
CPT 1	~ 4.60	CPT 3	~ 5.00
CPT 2	~ 4.30	CPT 4	~ 5.60

Il calcolo dei cedimenti con la formula suddetta ed i conseguenti valori riportati nella tabella, sono stati effettuati con riferimento ad aree di carico infinitamente flessibili, e si consiglia tuttavia di adottare

strutture di fondazione sufficientemente rigide con il carico ben distribuito su tutta la superficie delle platee di progetto, o di realizzare adeguati irrigidimenti strutturali soprattutto nelle eventuali zone di cerniera.

I cedimenti massimi teorici così calcolati e riportati nella tabella di pagina precedente, potranno così essere ridotti di almeno un (15% ÷ 20%) nel caso di fondazioni rigide.

Si ricorda tuttavia che i valori calcolati dei cedimenti sono allo stato solo indicativi, in quanto non sono note le esatte entità e la distribuzione dei carichi agenti sulle fondazioni.

Ci si riserva di aggiornare la presente relazione con il calcolo dei valori propri dei cedimenti con le relative considerazioni e conclusioni, una volta acquisiti dal progettista i reali carichi che le strutture fondazionali trasmettono al sottosuolo.

7.5 – Stima del modulo di reazione del terreno (K di Winkler)

Si definisce modulo di reazione o coefficiente di sottofondo, il valore del rapporto che lega la pressione di contatto in ogni punto della fondazione e la relativa deformazione del terreno.

Tra le relazioni proposte in letteratura, è stata utilizzata quella del Bowles.

L'autore propone di calcolare approssimativamente il modulo di reazione o di Winkler (k) sulla base del valore della capacità portante della fondazione con la seguente formula:

$$k_s = 40 \times q_{ult} \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

nella quale q_{ult} è la resistenza ultima (carico di rottura) del terreno, espressa in kPa.

Applicando la suddetta formula e adottando un valore di q_{ult} variabile da 233 kN/m² a 285 kN/m² (per fondazioni a platea), si ottiene: $k_s = (9320 \div 11400) \text{ kN/m}^3$.

8 – CONCLUSIONI

Dalle indagini effettuate nel lotto in esame si possono trarre le seguenti conclusioni.

Stratigrafia. Nell'area in oggetto il terreno di fondazione è costituito, al di sotto di un primo strato costituito da argille limose e limi argillosi di medio-alta consistenza fino ad una profondità di $-(1.00 \div 1.40)$ m dal p.c., da un secondo strato granulare formato da sabbie limose e limi sabbiosi di medio-basso addensamento fino ad una profondità di circa $- 3.00$ metri; segue poi uno strato di argille limose e limi argillosi di medio-alta consistenza in prevalenza che si alternano con sottili livelli di limi sabbiosi fino ad una profondità di $-(13.60 \div 14.40)$ metri, e chiude la serie uno strato di sabbie limose e limi sabbiosi di medio-basso addensamento fino ad arrivare alla profondità massima qui investigata di 15.00 metri dal p.c.

Falda. La falda idrica si ubica, al momento dell'indagine, ad una quota di circa $-(1.20 \div 1.50)$ m. dal p.c. (*valore comunque soggetto ad oscillazione in base alle stagioni ed alle precipitazioni atmosferiche*).

Sismicità del sito. Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal presente studio e dai risultati dell'indagine della sismica eseguita con il metodo **HVSR**, si prevede l'inserimento del sito d'indagine nella **Categoria C**. Nei confronti del fenomeno della liquefazione, il sito è da ritenere a rischio molto basso.

Verifiche di sicurezza. Il valore di progetto della **capacità portante limite di fondazione Rd**, delle fondazioni a platea che si collocano con quota d'intradosso a $- 0.60$ m. circa dal p.c. attuale per gli edifici di progetto Lotto "A", Lotto "B" e Lotto "C", è stata stimata pari a (approccio 2: $A1+M1+R3$):

- in campo statico: $Rd = 124$ kPa.
- in campo sismico: $Rd = 101$ kPa.

Non essendo noto il valore dell'azione del carico E_d che le strutture fondazionali trasmettono al terreno, non è stata verificata la disuguaglianza $E_d \leq R_d$.

I cedimenti fondazionali che matureranno nel tempo considerando le fondazioni di tipo flessibile sono stati stimati assumere dei valori variabili da circa 4.60 cm a circa 5.60 cm (*considerando le indagini qui eseguite CPT1, CPT2, CPT3 e CPT4 ed ipotizzando un carico trasmesso di 40 KPa*), e tali valori saranno soggetti a riduzione adottando fondazioni di tipo rigido.

Le precauzioni da adottare in fase costruttiva possono essere così riassunte:

- verificare, all'atto dello scavo, l'omogeneità dei terreni alla quota di imposta delle fondazioni per rilevare eventuali significative difformità stratigrafiche rispetto a quanto evidenziato con le prove eseguite (in tale caso i valori dei parametri geotecnici utilizzati devono essere ricalcolati);
- controllare che il piano di posa delle fondazioni sia posto su almeno 10 cm di magrone.
- al fine di realizzare l'opera in sicurezza si dovranno rispettare, per quanto di competenza, le disposizioni riportate *Capo III: Fragilità - Art. 14 Compatibilità Geologica dei terreni ai fini edificatori* - del fascicolo delle Norme Tecniche allegate al P.A.T. del Comune di Vicenza (anno 2020).

Selvazzano D., lì 9 febbraio 2021

Dott. Geol. Alberto Dinali



Parametri sismici e spettri di risposta

Coordinate geografiche della località in esame				
Input da Comuni d'Italia	LON	LAT	Tolleranza	
	[°]	[°]	[°]	[km]
Località	11,524	45,539	0,001	0,136

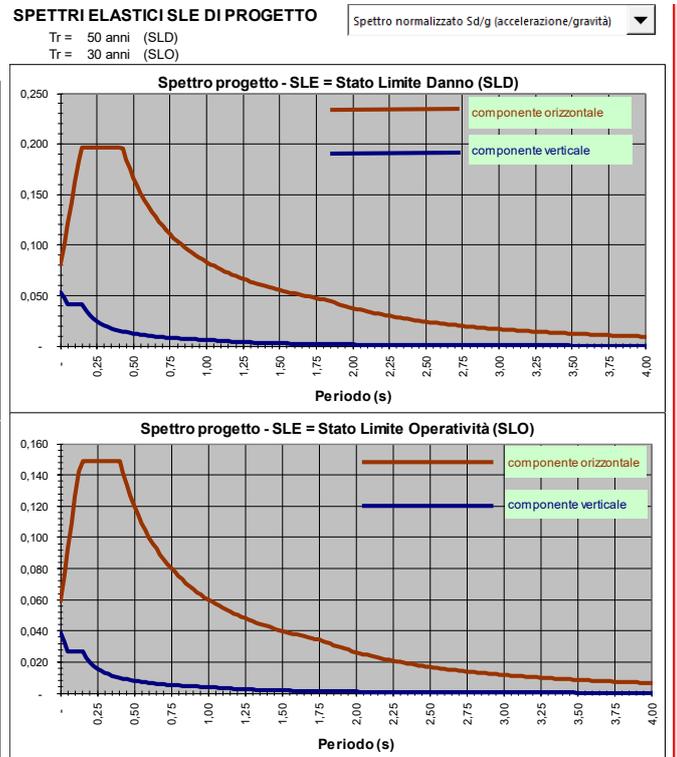
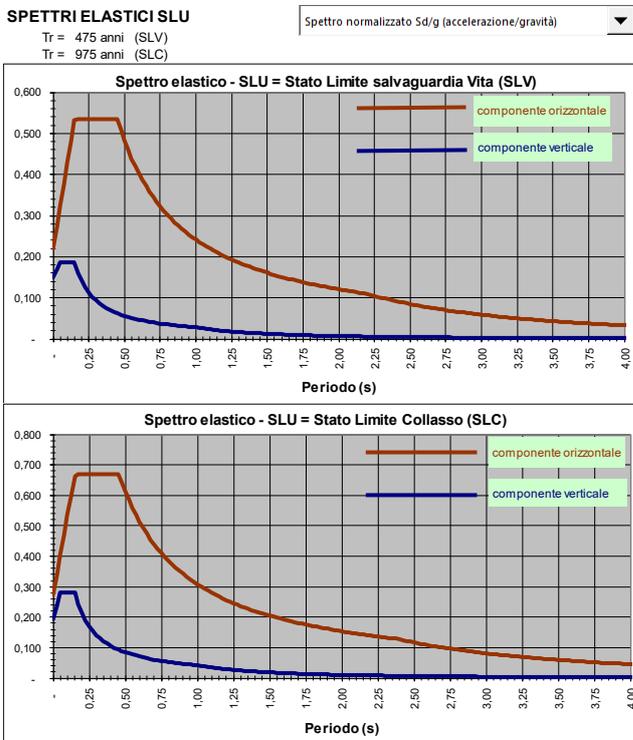
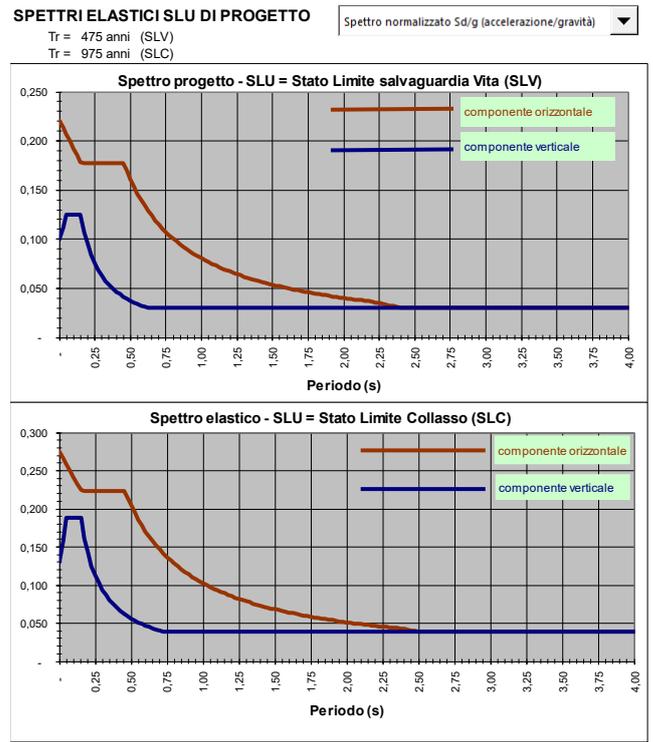
Coordinate geografiche dei 4 punti del reticolo				
ID	LON	LAT	DIST [°]	[km]
12293	11,495	45,518	0,029	3,221
12294	11,566	45,52	0,035	3,884
12071	11,493	45,568	0,036	4,057
12072	11,564	45,57	0,042	4,682

VITA DELLA STRUTTURA
 Vita nominale V_N = 50 [anni]
 Classe d'uso C_u = II
 Vita di riferimento V_R = 50 [anni]

CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO
 Topografia T_1
 Coeff. topografico S_T = 1,0
 Categoria suolo C

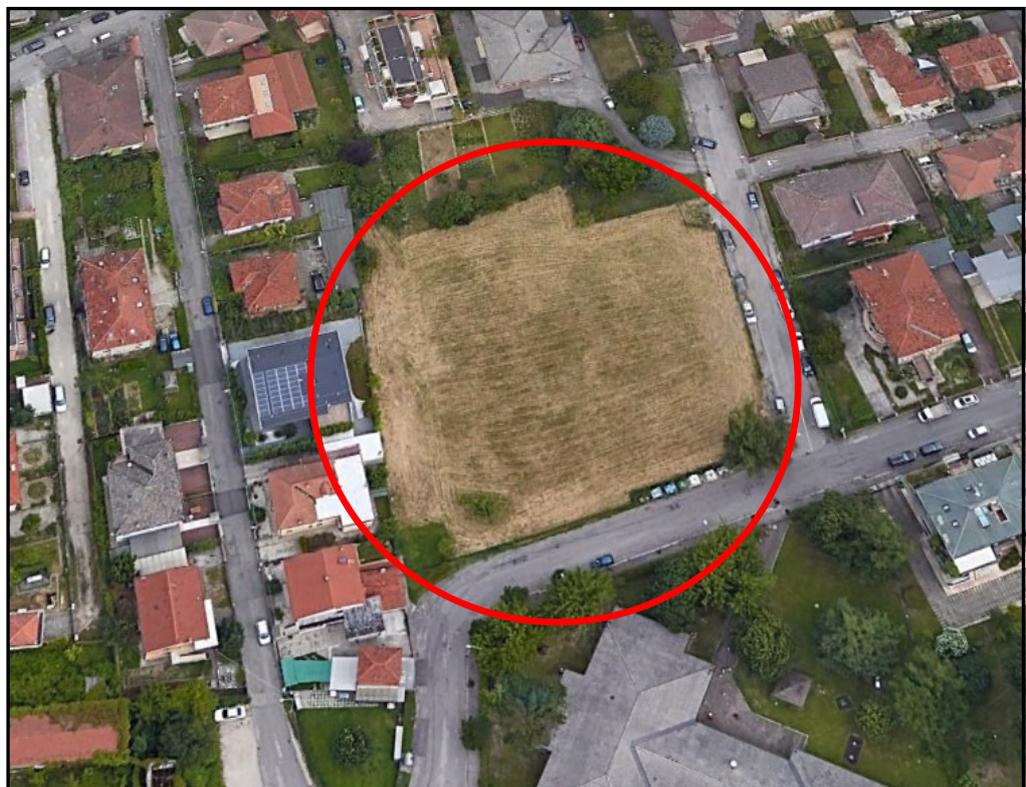
SL	P_{VR}	T_R	a_g	F_o	T_c^*	S	T_b	T_c	T_D	F_v
sle Operatività	81%	30	0,393	2,53	0,24	1,50	0,13	0,40	1,76	0,68
sle Danno	63%	50	0,535	2,45	0,26	1,50	0,14	0,42	1,81	0,76
slu Salv. Vita	10%	475	1,491	2,41	0,28	1,48	0,15	0,45	2,20	1,26
slu Collasso	5%	975	1,941	2,44	0,29	1,42	0,15	0,46	2,38	1,45

SMORZAMENTO E FATTORE DI STRUTTURA
 Smorzamento viscoso equivalente: $\xi = 5,0$
 Behavior factor adottato: $q = 3,00$ ← sisma orizzontale
 Behavior factor adottato: $q = 1,50$ ← sisma verticale





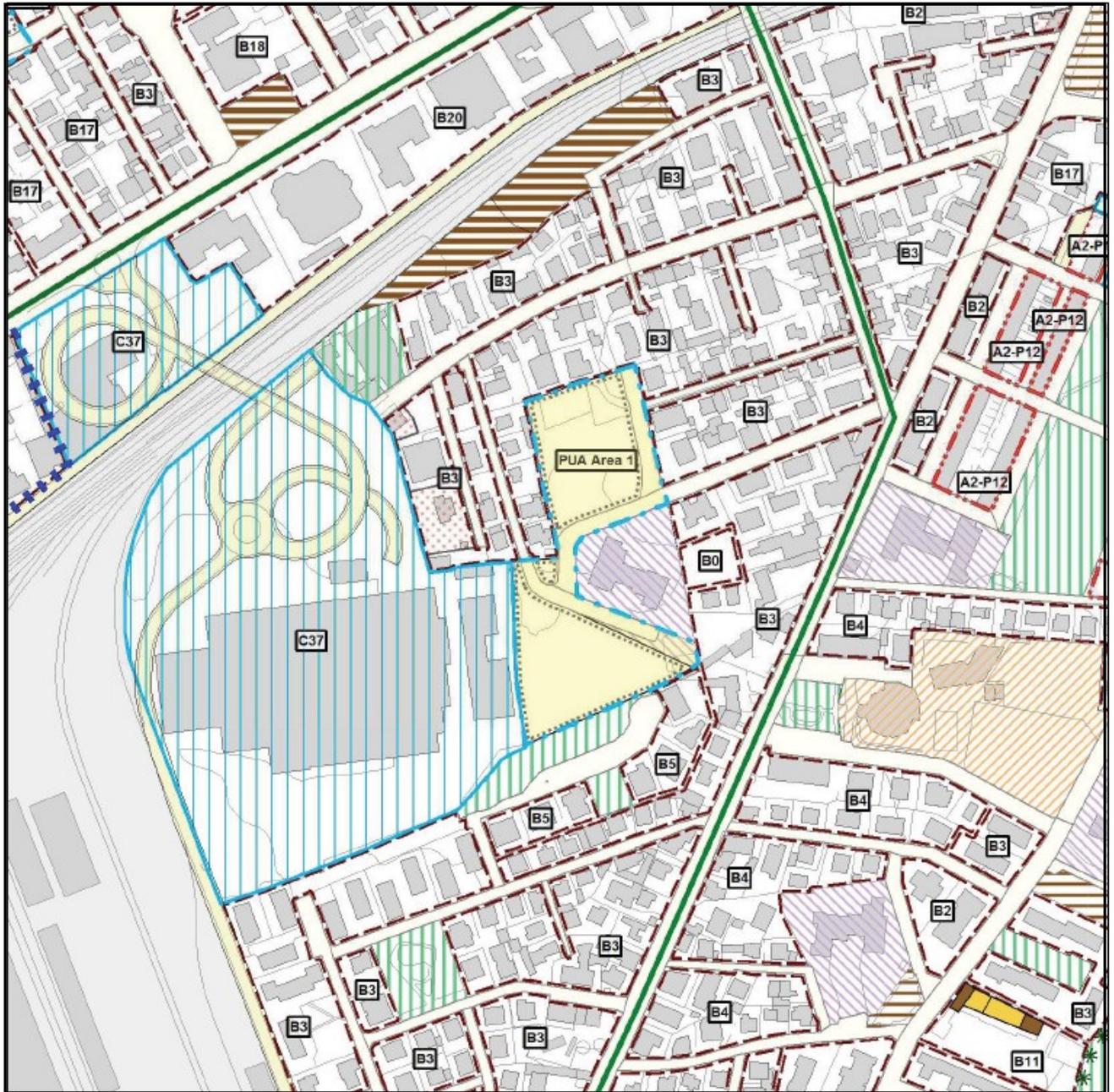
Inquadramento generale su ortofoto



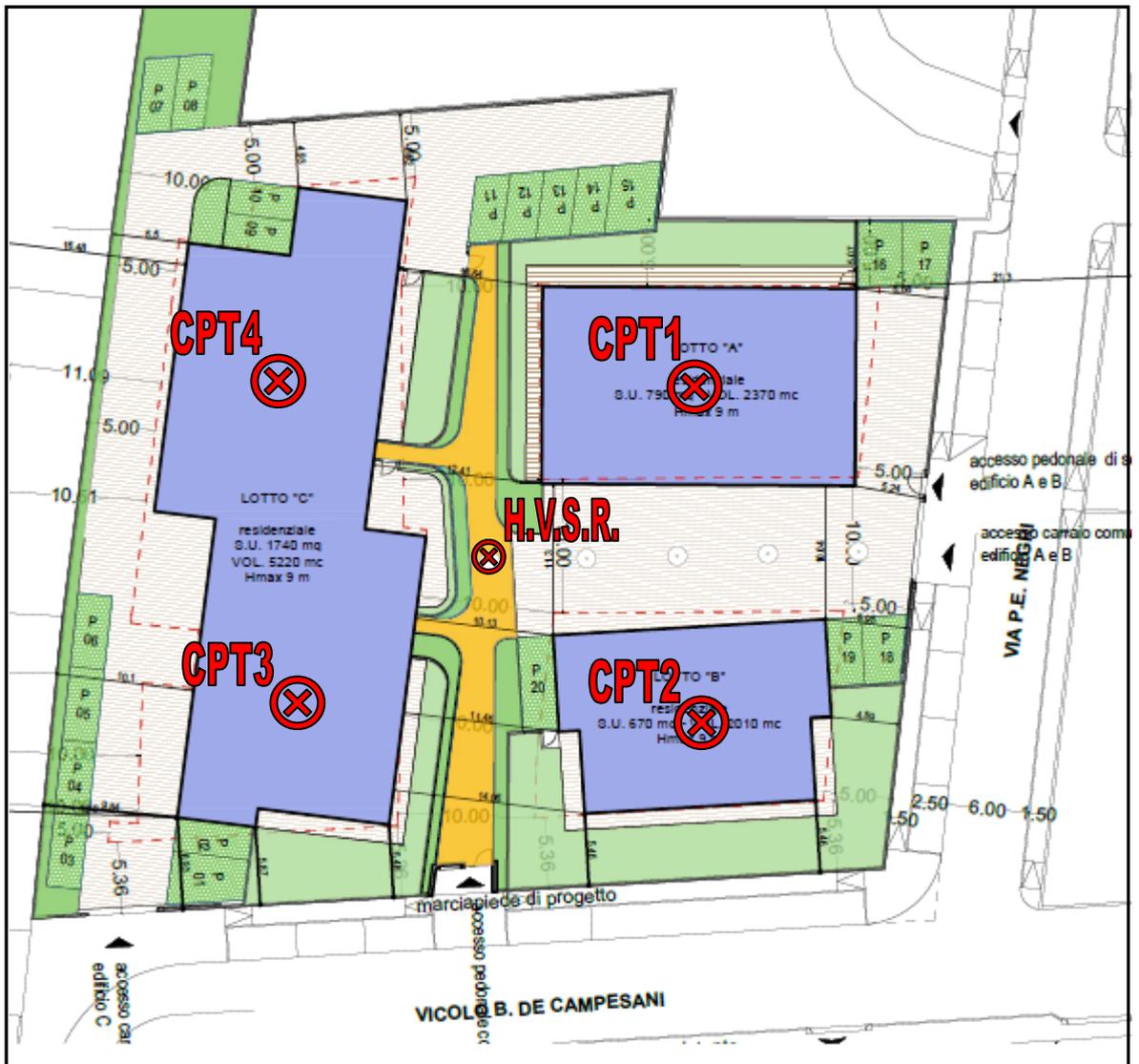
Inquadramento particolare su ortofoto



Estratto di mappa alla scala 1:2000



Estratto di P.I. del Comune di Vicenza



Planimetria dell'intervento con ubicazione delle indagini



Esecuzione indagine CPT1



Esecuzione indagine CPT2



Esecuzione indagine CPT3



Esecuzione indagine CPT4



Sismografo triassiale in dotazione con sensori ortogonali da 4,5 Hz e convertitore A/D 24 bit

DATI INERENTI ELABORAZIONE HVSR

Rapporto spettrale H/V

Strumento: TRZ-0023/01-09

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: 51

Inizio registrazione: 26/01/21 16:58:40 Fine registrazione: 26/01/21 17:18:41

Nomi canali: NORTH-SOUTH; EAST-WEST; UP-DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h 20' 00" Analizzato 73% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 256 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

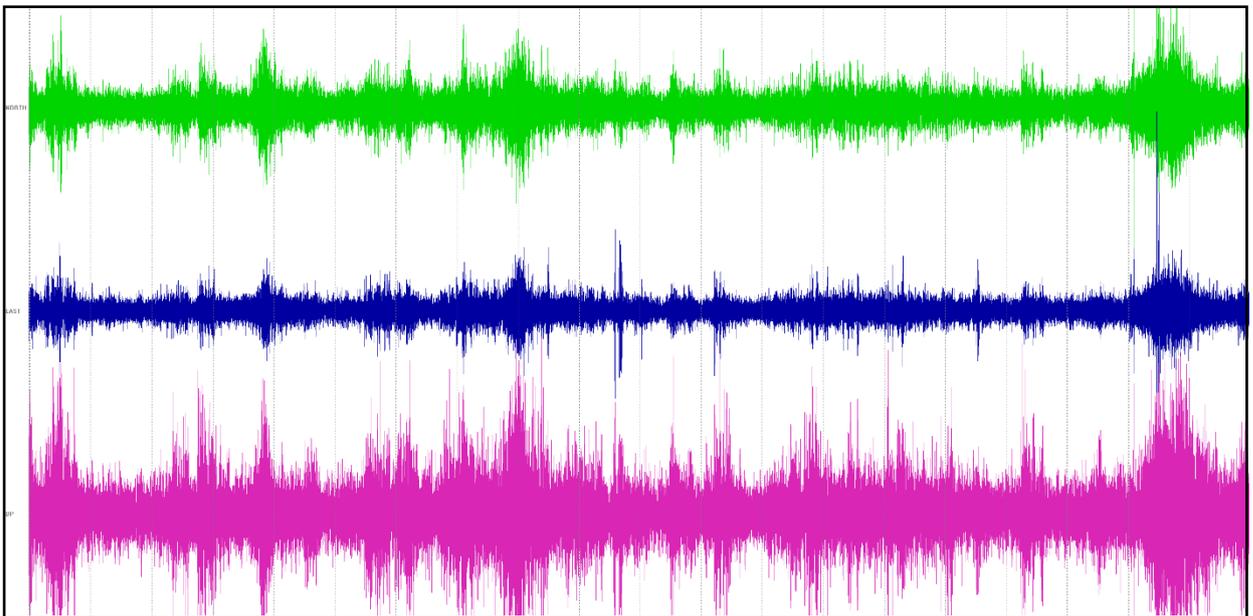
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

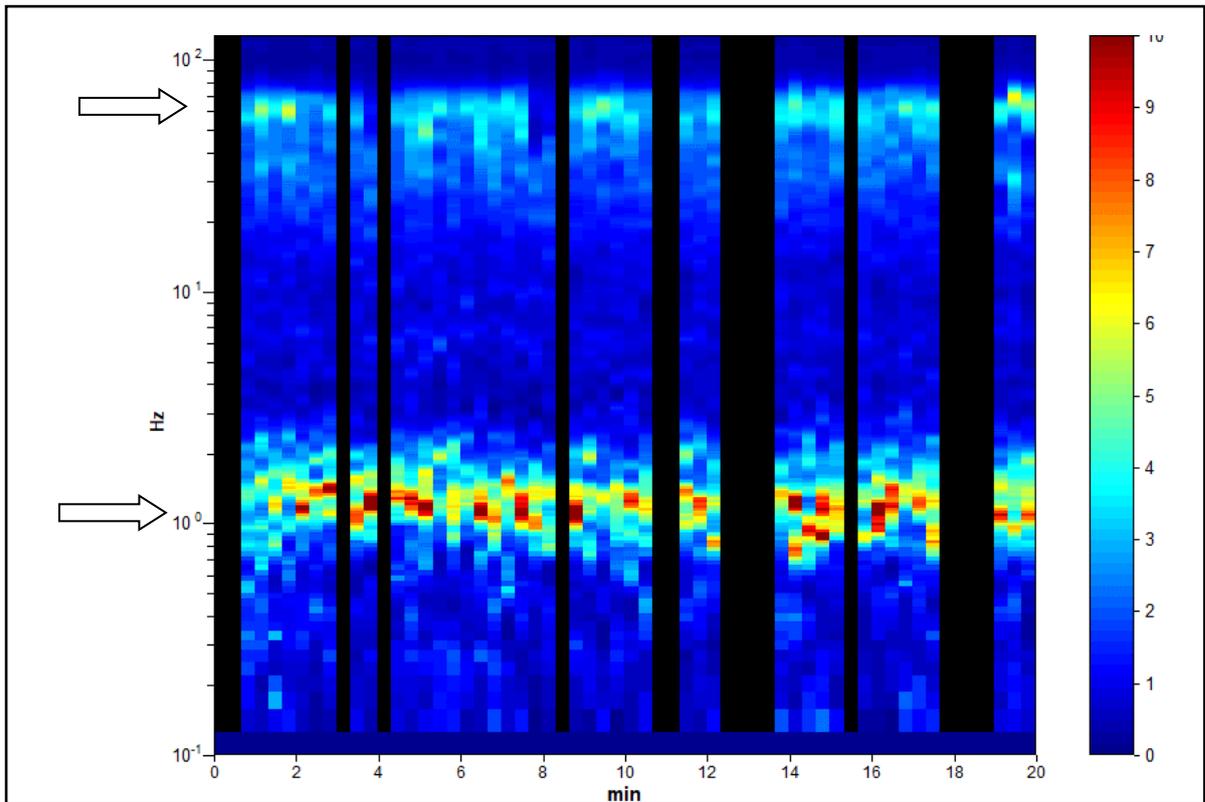
Risultati:

HVSR: Frequenza del picco del rapporto H/V: 1.16 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 30.0 Hz).

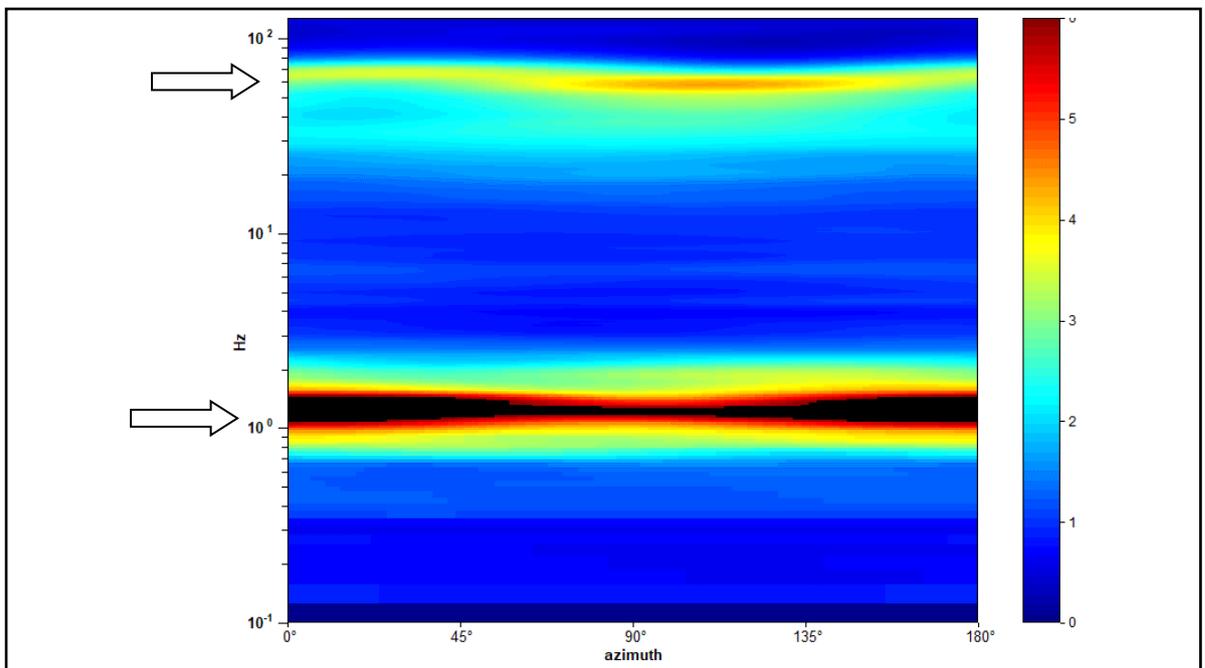
Grafici tracce della tema di sensori ortogonali:



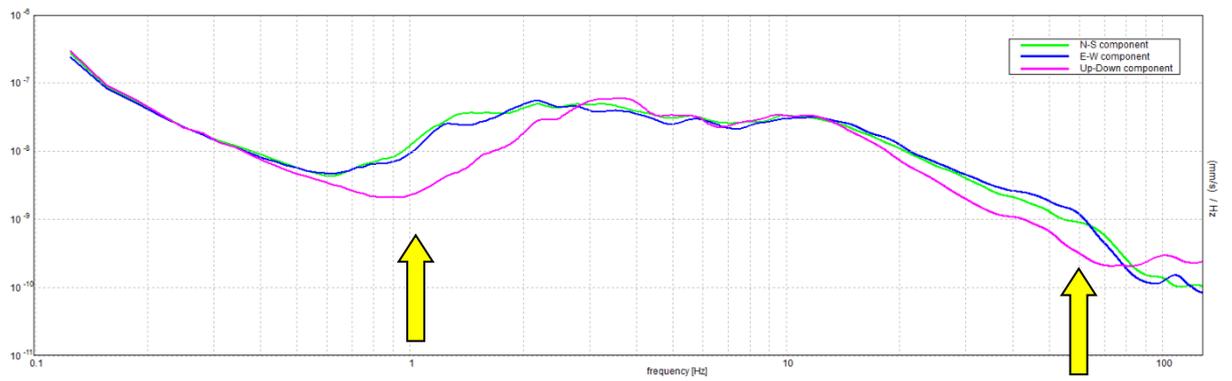
L'acquisizione temporale evidenzia una rumorosità di fondo elevata intervallata da numerosi eventi distinti (attività antropiche e traffico veicolare)



Stabilità del segnale (serie temporale H/V); si nota una continuità nel tempo in particolare del picco a 1,1 H circa; risulta invece meno evidente il picco a 60 Hz circa. Le bande scure si riferiscono a parti della registrazione eliminate dall'analisi in quanto recanti disturbo



Direzionalità del segnale (si nota che il picco a 1,1 Hz circa risulta non polarizzato pertanto di probabile natura litologica così come il picco a 50 Hz seppur meno evidente). Il picco alle alte frequenze (60 Hz) è caratterizzato invece da una polarità non uniforme)



HVSR: Spettri dei singoli sensori; in rosso sensore verticale, in blu e verde sensori orizzontali; le differenze tra le ampiezze di spettro tra i sensori orizzontali e quello verticale determinano i massimi della funzione H/V; laddove tutte le componenti subiscono un aumento dell'ampiezza spettrale si è in presenza di transienti, mentre il picco litologico è riconoscibile laddove le componenti orizzontali aumentano mentre quella verticale contestualmente diminuisce (freccia gialla)

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. = 150 cm^2)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta $R_p \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale $R_L \text{ (Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale $R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale R_L viene computata alla stessa quota della punta.

CONVERSIONI

$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$

$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$

$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$

$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$

$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$

PROVA PENETROMETRICA STATICA

CPT 1

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
 - lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
 - località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani
 - note :

- data : 26/01/2021
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1.40 m da quota inizio
 - pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0.20	----	----	--	-----	----	7.80	11.0	18.0	11.0	0.47	24.0
0.40	9.0	13.0	9.0	0.27	34.0	8.00	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
0.60	9.0	18.0	9.0	0.60	15.0	8.20	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
0.80	15.0	17.0	15.0	0.13	112.0	8.40	10.0	17.0	10.0	0.47	21.0
1.00	17.0	32.0	17.0	1.00	17.0	8.60	11.0	20.0	11.0	0.60	18.0
1.20	19.0	34.0	19.0	1.00	19.0	8.80	10.0	20.0	10.0	0.67	15.0
1.40	26.0	36.0	26.0	0.67	39.0	9.00	9.0	14.0	9.0	0.33	27.0
1.60	26.0	46.0	26.0	1.33	19.0	9.20	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
1.80	26.0	40.0	26.0	0.93	28.0	9.40	10.0	14.0	10.0	0.27	37.0
2.00	28.0	49.0	28.0	1.40	20.0	9.60	12.0	25.0	12.0	0.87	14.0
2.20	24.0	32.0	24.0	0.53	45.0	9.80	17.0	27.0	17.0	0.67	25.0
2.40	27.0	43.0	27.0	1.07	25.0	10.00	10.0	15.0	10.0	0.33	30.0
2.60	23.0	35.0	23.0	0.80	29.0	10.20	7.0	13.0	7.0	0.40	17.0
2.80	23.0	36.0	23.0	0.87	27.0	10.40	12.0	24.0	12.0	0.80	15.0
3.00	27.0	42.0	27.0	1.00	27.0	10.60	18.0	24.0	18.0	0.40	45.0
3.20	33.0	42.0	33.0	0.60	55.0	10.80	14.0	24.0	14.0	0.67	21.0
3.40	18.0	23.0	18.0	0.33	54.0	11.00	9.0	21.0	9.0	0.80	11.0
3.60	6.0	15.0	6.0	0.60	10.0	11.20	9.0	14.0	9.0	0.33	27.0
3.80	13.0	18.0	13.0	0.33	39.0	11.40	7.0	13.0	7.0	0.40	17.0
4.00	21.0	31.0	21.0	0.67	31.0	11.60	5.0	10.0	5.0	0.33	15.0
4.20	9.0	18.0	9.0	0.60	15.0	11.80	7.0	11.0	7.0	0.27	26.0
4.40	12.0	19.0	12.0	0.47	26.0	12.00	7.0	12.0	7.0	0.33	21.0
4.60	9.0	19.0	9.0	0.67	13.0	12.20	11.0	17.0	11.0	0.40	27.0
4.80	30.0	34.0	30.0	0.27	112.0	12.40	15.0	23.0	15.0	0.53	28.0
5.00	39.0	60.0	39.0	1.40	28.0	12.60	15.0	28.0	15.0	0.87	17.0
5.20	40.0	48.0	40.0	0.53	75.0	12.80	15.0	27.0	15.0	0.80	19.0
5.40	7.0	23.0	7.0	1.07	7.0	13.00	18.0	28.0	18.0	0.67	27.0
5.60	5.0	11.0	5.0	0.40	12.0	13.20	9.0	24.0	9.0	1.00	9.0
5.80	6.0	10.0	6.0	0.27	22.0	13.40	10.0	17.0	10.0	0.47	21.0
6.00	18.0	21.0	18.0	0.20	90.0	13.60	9.0	14.0	9.0	0.33	27.0
6.20	17.0	32.0	17.0	1.00	17.0	13.80	9.0	16.0	9.0	0.47	19.0
6.40	40.0	50.0	40.0	0.67	60.0	14.00	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
6.60	14.0	32.0	14.0	1.20	12.0	14.20	8.0	14.0	8.0	0.40	20.0
6.80	28.0	31.0	28.0	0.20	140.0	14.40	18.0	25.0	18.0	0.47	39.0
7.00	11.0	31.0	11.0	1.33	8.0	14.60	35.0	48.0	35.0	0.87	40.0
7.20	13.0	19.0	13.0	0.40	32.0	14.80	25.0	38.0	25.0	0.87	29.0
7.40	11.0	19.0	11.0	0.53	21.0	15.00	12.0	32.0	12.0	1.33	9.0
7.60	10.0	15.0	10.0	0.33	30.0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani
- note :

- data : 26/01/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.20 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0.20	----	----	--	-----	----	7.80	12.0	19.0	12.0	0.47	26.0
0.40	14.0	20.0	14.0	0.40	35.0	8.00	10.0	18.0	10.0	0.53	19.0
0.60	13.0	23.0	13.0	0.67	19.0	8.20	10.0	18.0	10.0	0.53	19.0
0.80	14.0	22.0	14.0	0.53	26.0	8.40	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
1.00	16.0	25.0	16.0	0.60	27.0	8.60	11.0	17.0	11.0	0.40	27.0
1.20	18.0	33.0	18.0	1.00	18.0	8.80	14.0	20.0	14.0	0.40	35.0
1.40	25.0	36.0	25.0	0.73	34.0	9.00	14.0	25.0	14.0	0.73	19.0
1.60	27.0	43.0	27.0	1.07	25.0	9.20	28.0	31.0	28.0	0.20	140.0
1.80	40.0	53.0	40.0	0.87	46.0	9.40	12.0	27.0	12.0	1.00	12.0
2.00	36.0	53.0	36.0	1.13	32.0	9.60	18.0	23.0	18.0	0.33	54.0
2.20	29.0	53.0	29.0	1.60	18.0	9.80	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
2.40	23.0	39.0	23.0	1.07	22.0	10.00	8.0	14.0	8.0	0.40	20.0
2.60	18.0	31.0	18.0	0.87	21.0	10.20	16.0	19.0	16.0	0.20	80.0
2.80	37.0	51.0	37.0	0.93	40.0	10.40	11.0	18.0	11.0	0.47	24.0
3.00	39.0	53.0	39.0	0.93	42.0	10.60	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
3.20	21.0	27.0	21.0	0.40	52.0	10.80	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
3.40	10.0	28.0	10.0	1.20	8.0	11.00	8.0	14.0	8.0	0.40	20.0
3.60	13.0	21.0	13.0	0.53	24.0	11.20	7.0	12.0	7.0	0.33	21.0
3.80	16.0	22.0	16.0	0.40	40.0	11.40	5.0	9.0	5.0	0.27	19.0
4.00	14.0	21.0	14.0	0.47	30.0	11.60	9.0	13.0	9.0	0.27	34.0
4.20	9.0	19.0	9.0	0.67	13.0	11.80	12.0	18.0	12.0	0.40	30.0
4.40	9.0	17.0	9.0	0.53	17.0	12.00	11.0	19.0	11.0	0.53	21.0
4.60	22.0	36.0	22.0	0.93	24.0	12.20	14.0	22.0	14.0	0.53	26.0
4.80	29.0	36.0	29.0	0.47	62.0	12.40	17.0	23.0	17.0	0.40	42.0
5.00	13.0	35.0	13.0	1.47	9.0	12.60	16.0	28.0	16.0	0.80	20.0
5.20	5.0	10.0	5.0	0.33	15.0	12.80	16.0	25.0	16.0	0.60	27.0
5.40	6.0	8.0	6.0	0.13	45.0	13.00	8.0	21.0	8.0	0.87	9.0
5.60	8.0	12.0	8.0	0.27	30.0	13.20	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0
5.80	19.0	39.0	19.0	1.33	14.0	13.40	9.0	15.0	9.0	0.40	22.0
6.00	17.0	23.0	17.0	0.40	42.0	13.60	10.0	15.0	10.0	0.33	30.0
6.20	45.0	53.0	45.0	0.53	84.0	13.80	9.0	14.0	9.0	0.33	27.0
6.40	45.0	70.0	45.0	1.67	27.0	14.00	7.0	14.0	7.0	0.47	15.0
6.60	28.0	39.0	28.0	0.73	38.0	14.20	20.0	25.0	20.0	0.33	60.0
6.80	11.0	27.0	11.0	1.07	10.0	14.40	22.0	29.0	22.0	0.47	47.0
7.00	10.0	14.0	10.0	0.27	37.0	14.60	19.0	36.0	19.0	1.13	17.0
7.20	9.0	16.0	9.0	0.47	19.0	14.80	15.0	31.0	15.0	1.07	14.0
7.40	10.0	16.0	10.0	0.40	25.0	15.00	16.0	33.0	16.0	1.13	14.0
7.60	10.0	15.0	10.0	0.33	30.0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 3

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani
- note :

- data : 05/02/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.30 m da quota inizio
- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0.20	----	----	--	-----	----	7.80	13.0	23.0	13.0	0.67	19.0
0.40	10.0	14.0	10.0	0.27	37.0	8.00	13.0	24.0	13.0	0.73	18.0
0.60	15.0	19.0	15.0	0.27	56.0	8.20	11.0	21.0	11.0	0.67	16.0
0.80	16.0	35.0	16.0	1.27	13.0	8.40	9.0	19.0	9.0	0.67	13.0
1.00	17.0	36.0	17.0	1.27	13.0	8.60	5.0	13.0	5.0	0.53	9.0
1.20	23.0	43.0	23.0	1.33	17.0	8.80	8.0	16.0	8.0	0.53	15.0
1.40	31.0	46.0	31.0	1.00	31.0	9.00	9.0	19.0	9.0	0.67	13.0
1.60	33.0	36.0	33.0	0.20	165.0	9.20	19.0	23.0	19.0	0.27	71.0
1.80	35.0	58.0	35.0	1.53	23.0	9.40	16.0	22.0	16.0	0.40	40.0
2.00	40.0	64.0	40.0	1.60	25.0	9.60	10.0	21.0	10.0	0.73	14.0
2.20	30.0	48.0	30.0	1.20	25.0	9.80	11.0	20.0	11.0	0.60	18.0
2.40	30.0	41.0	30.0	0.73	41.0	10.00	10.0	20.0	10.0	0.67	15.0
2.60	23.0	38.0	23.0	1.00	23.0	10.20	11.0	19.0	11.0	0.53	21.0
2.80	39.0	56.0	39.0	1.13	34.0	10.40	12.0	22.0	12.0	0.67	18.0
3.00	33.0	50.0	33.0	1.13	29.0	10.60	13.0	22.0	13.0	0.60	22.0
3.20	38.0	42.0	38.0	0.27	142.0	10.80	10.0	20.0	10.0	0.67	15.0
3.40	10.0	38.0	10.0	1.87	5.0	11.00	9.0	18.0	9.0	0.60	15.0
3.60	10.0	13.0	10.0	0.20	50.0	11.20	7.0	16.0	7.0	0.60	12.0
3.80	18.0	24.0	18.0	0.40	45.0	11.40	7.0	16.0	7.0	0.60	12.0
4.00	17.0	27.0	17.0	0.67	25.0	11.60	8.0	15.0	8.0	0.47	17.0
4.20	10.0	17.0	10.0	0.47	21.0	11.80	8.0	18.0	8.0	0.67	12.0
4.40	11.0	20.0	11.0	0.60	18.0	12.00	10.0	21.0	10.0	0.73	14.0
4.60	23.0	30.0	23.0	0.47	49.0	12.20	11.0	22.0	11.0	0.73	15.0
4.80	67.0	88.0	67.0	1.40	48.0	12.40	16.0	29.0	16.0	0.87	18.0
5.00	14.0	34.0	14.0	1.33	10.0	12.60	19.0	30.0	19.0	0.73	26.0
5.20	7.0	16.0	7.0	0.60	12.0	12.80	16.0	32.0	16.0	1.07	15.0
5.40	5.0	9.0	5.0	0.27	19.0	13.00	10.0	24.0	10.0	0.93	11.0
5.60	9.0	13.0	9.0	0.27	34.0	13.20	9.0	18.0	9.0	0.60	15.0
5.80	20.0	25.0	20.0	0.33	60.0	13.40	11.0	21.0	11.0	0.67	16.0
6.00	13.0	25.0	13.0	0.80	16.0	13.60	12.0	21.0	12.0	0.60	20.0
6.20	26.0	34.0	26.0	0.53	49.0	13.80	33.0	47.0	33.0	0.93	35.0
6.40	41.0	58.0	41.0	1.13	36.0	14.00	29.0	60.0	29.0	2.07	14.0
6.60	14.0	26.0	14.0	0.80	17.0	14.20	49.0	61.0	49.0	0.80	61.0
6.80	16.0	23.0	16.0	0.47	34.0	14.40	33.0	43.0	33.0	0.67	49.0
7.00	10.0	17.0	10.0	0.47	21.0	14.60	30.0	43.0	30.0	0.87	35.0
7.20	10.0	19.0	10.0	0.60	17.0	14.80	28.0	41.0	28.0	0.87	32.0
7.40	11.0	13.0	11.0	0.13	82.0	15.00	26.0	40.0	26.0	0.93	28.0
7.60	10.0	18.0	10.0	0.53	19.0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

PROVA PENETROMETRICA STATICA **CPT 4**
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.	- data : 05/02/2021
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"	- quota inizio : Piano Campagna
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani	- prof. falda : 1.50 m da quota inizio
- note :	- pagina : 1

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0.20	---	---	--	----	---	7.80	8.0	17.0	8.0	0.60	13.0
0.40	14.0	23.0	14.0	0.60	23.0	8.00	9.0	17.0	9.0	0.53	17.0
0.60	14.0	25.0	14.0	0.73	19.0	8.20	8.0	15.0	8.0	0.47	17.0
0.80	18.0	35.0	18.0	1.13	16.0	8.40	7.0	15.0	7.0	0.53	13.0
1.00	20.0	37.0	20.0	1.13	18.0	8.60	7.0	16.0	7.0	0.60	12.0
1.20	20.0	43.0	20.0	1.53	13.0	8.80	8.0	15.0	8.0	0.47	17.0
1.40	20.0	35.0	20.0	1.00	20.0	9.00	8.0	17.0	8.0	0.60	13.0
1.60	28.0	42.0	28.0	0.93	30.0	9.20	14.0	24.0	14.0	0.67	21.0
1.80	30.0	47.0	30.0	1.13	26.0	9.40	16.0	25.0	16.0	0.60	27.0
2.00	30.0	49.0	30.0	1.27	24.0	9.60	8.0	20.0	8.0	0.80	10.0
2.20	33.0	47.0	33.0	0.93	35.0	9.80	10.0	19.0	10.0	0.60	17.0
2.40	28.0	45.0	28.0	1.13	25.0	10.00	9.0	14.0	9.0	0.33	27.0
2.60	24.0	38.0	24.0	0.93	26.0	10.20	8.0	13.0	8.0	0.33	24.0
2.80	22.0	41.0	22.0	1.27	17.0	10.40	21.0	39.0	21.0	1.20	17.0
3.00	26.0	45.0	26.0	1.27	21.0	10.60	12.0	23.0	12.0	0.73	16.0
3.20	20.0	28.0	20.0	0.53	37.0	10.80	11.0	19.0	11.0	0.53	21.0
3.40	18.0	34.0	18.0	1.07	17.0	11.00	11.0	18.0	11.0	0.47	24.0
3.60	8.0	19.0	8.0	0.73	11.0	11.20	9.0	16.0	9.0	0.47	19.0
3.80	10.0	20.0	10.0	0.67	15.0	11.40	9.0	14.0	9.0	0.33	27.0
4.00	17.0	28.0	17.0	0.73	23.0	11.60	9.0	19.0	9.0	0.67	13.0
4.20	10.0	18.0	10.0	0.53	19.0	11.80	9.0	17.0	9.0	0.53	17.0
4.40	5.0	12.0	5.0	0.47	11.0	12.00	7.0	14.0	7.0	0.47	15.0
4.60	7.0	16.0	7.0	0.60	12.0	12.20	13.0	21.0	13.0	0.53	24.0
4.80	28.0	36.0	28.0	0.53	52.0	12.40	14.0	21.0	14.0	0.47	30.0
5.00	43.0	51.0	43.0	0.53	81.0	12.60	13.0	23.0	13.0	0.67	19.0
5.20	18.0	28.0	18.0	0.67	27.0	12.80	13.0	23.0	13.0	0.67	19.0
5.40	4.0	13.0	4.0	0.60	7.0	13.00	17.0	23.0	17.0	0.40	42.0
5.60	6.0	12.0	6.0	0.40	15.0	13.20	8.0	18.0	8.0	0.67	12.0
5.80	13.0	16.0	13.0	0.20	65.0	13.40	10.0	14.0	10.0	0.27	37.0
6.00	35.0	48.0	35.0	0.87	40.0	13.60	11.0	19.0	11.0	0.53	21.0
6.20	28.0	37.0	28.0	0.60	47.0	13.80	10.0	19.0	10.0	0.60	17.0
6.40	34.0	52.0	34.0	1.20	28.0	14.00	15.0	25.0	15.0	0.67	22.0
6.60	50.0	63.0	50.0	0.87	58.0	14.20	33.0	47.0	33.0	0.93	35.0
6.80	14.0	31.0	14.0	1.13	12.0	14.40	35.0	44.0	35.0	0.60	58.0
7.00	11.0	16.0	11.0	0.33	33.0	14.60	54.0	78.0	54.0	1.60	34.0
7.20	8.0	19.0	8.0	0.73	11.0	14.80	44.0	71.0	44.0	1.80	24.0
7.40	8.0	15.0	8.0	0.47	17.0	15.00	36.0	68.0	36.0	2.13	17.0
7.60	7.0	14.0	7.0	0.47	15.0						

- PENETROMETRO STATICO tipo da 20 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

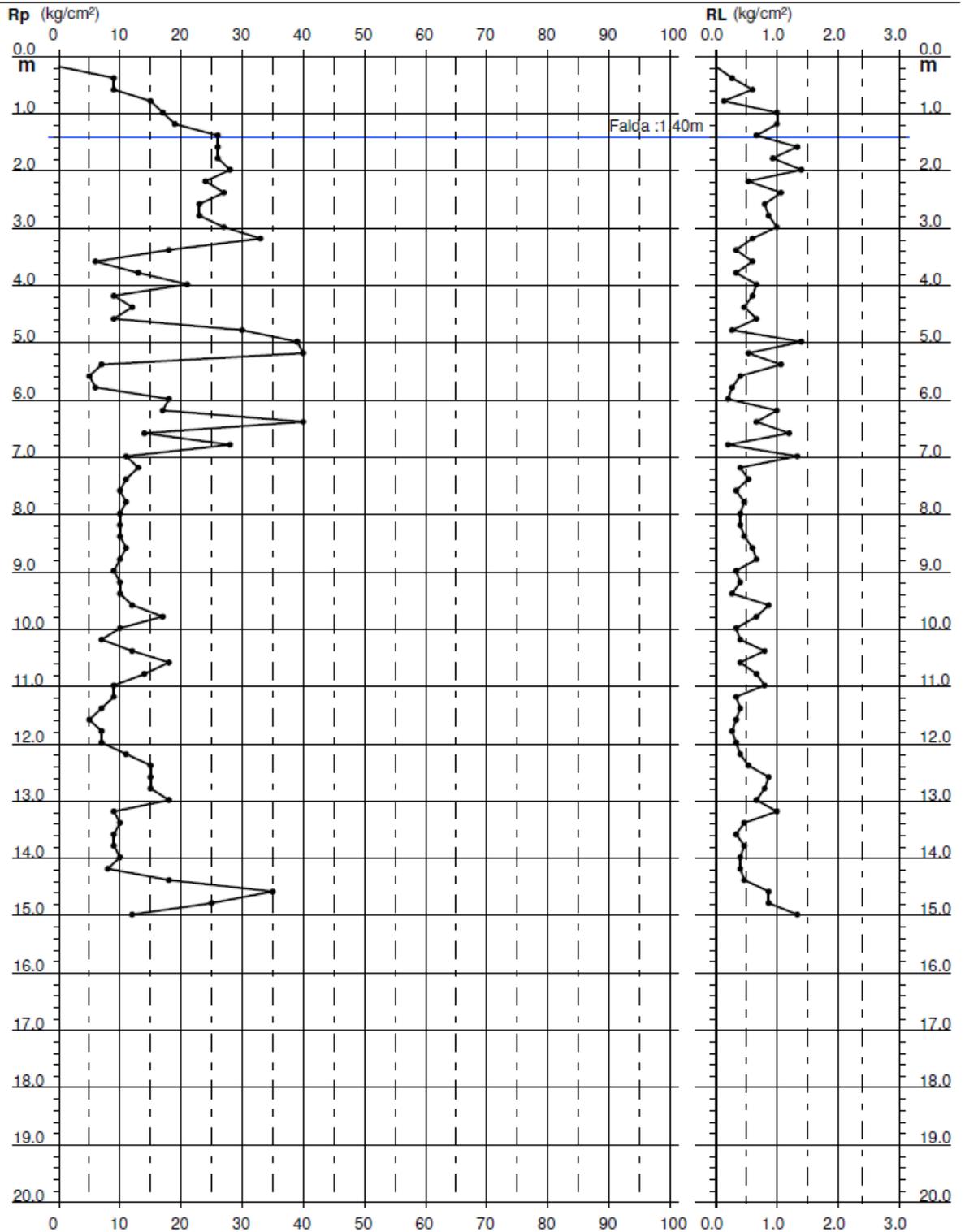
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani

- data : 26/01/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.40 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



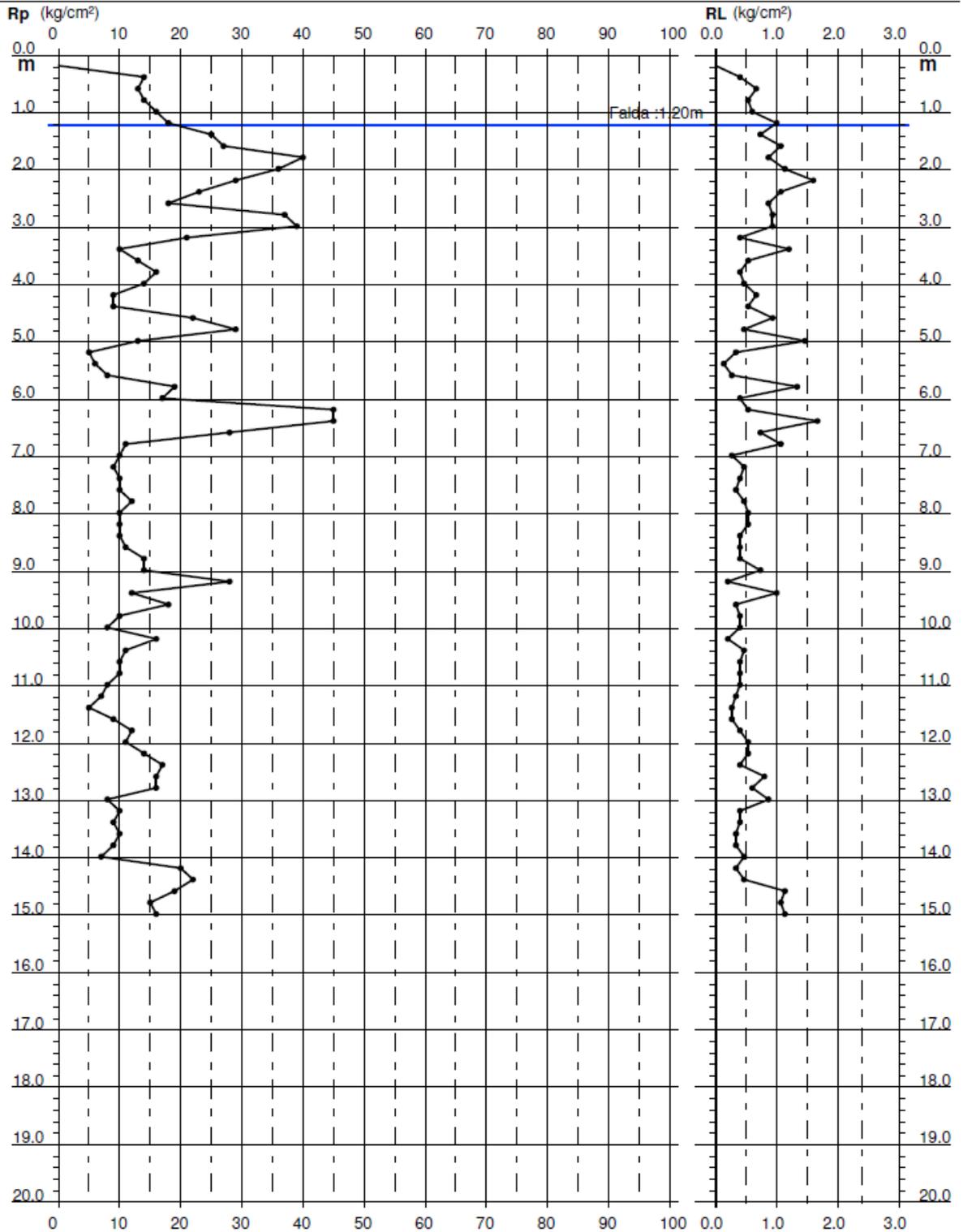
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani

- data : 26/01/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.20 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



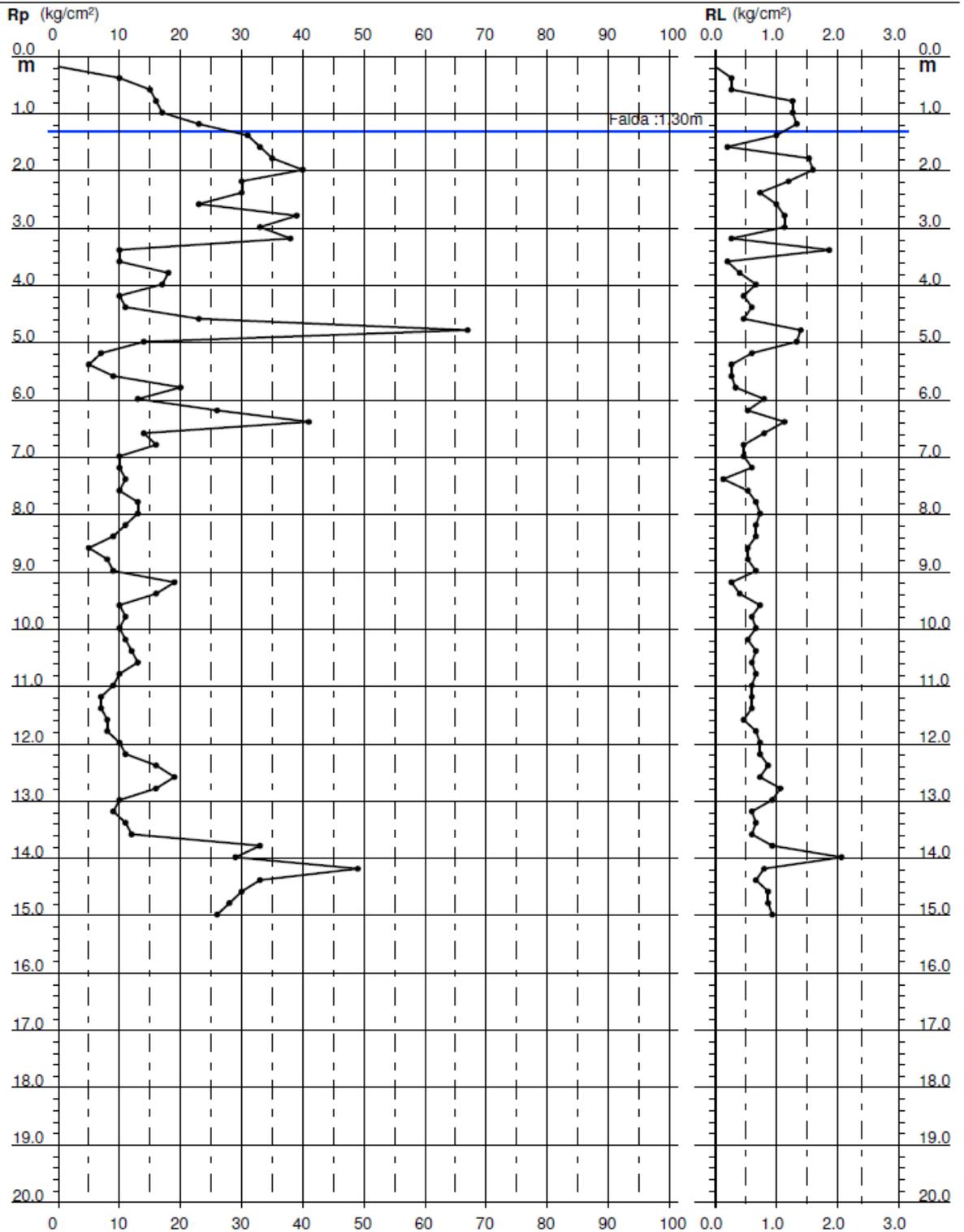
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani

- data : 05/02/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.30 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



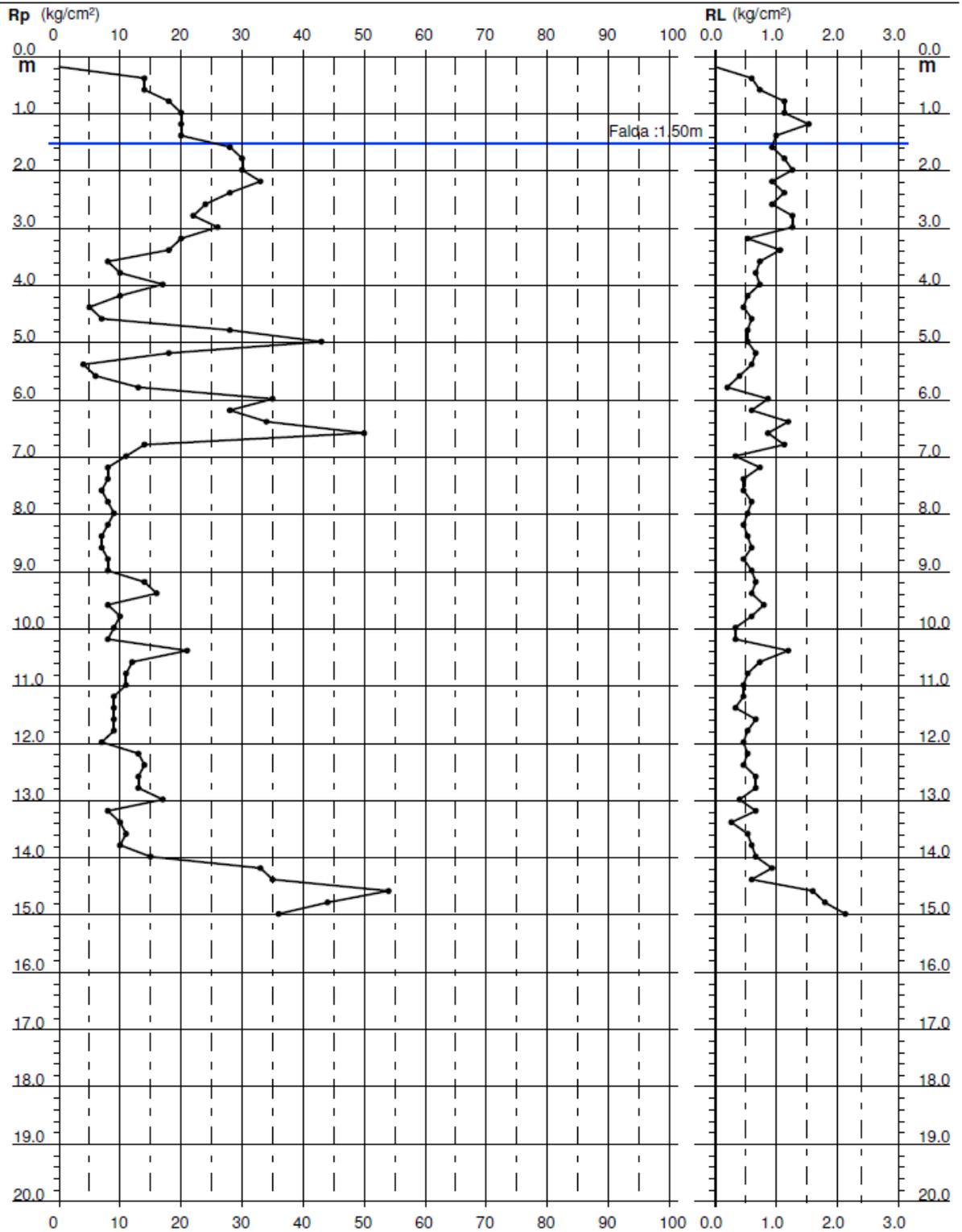
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 4

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani

- data : 05/02/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.50 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



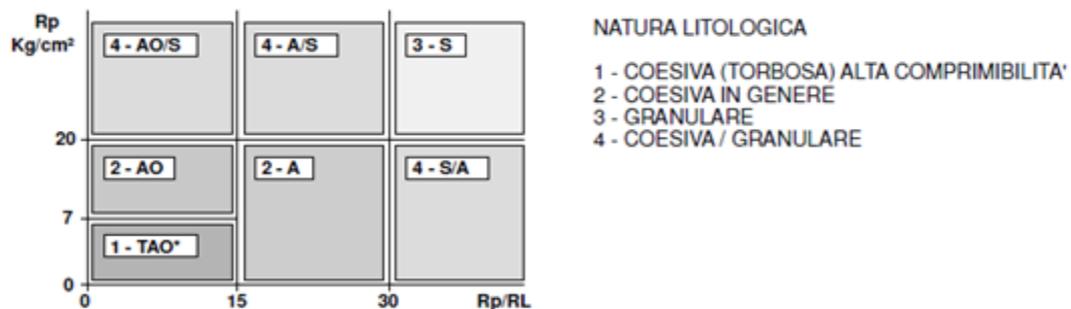
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L (Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ - R_p - natura] (Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ)
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}] (Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- E_u = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : E_u - C_u - OCR - I_p - $I_p = \text{ind.plast.}$]
 E_{u50} - E_{u25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
 E'_{50} - E'_{25} corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza $F = 2 - 4$ rispettivamente) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- M_o = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : M_o - R_p - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- D_r = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [correlazioni : D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - D_r - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
 - ϕ'_{1s} - (Schmertmann) sabbia fine uniforme ϕ'_{2s} - sabbia media unif./ fine ben gradata
 - ϕ'_{3s} - sabbia grossa unif./ media ben gradata ϕ'_{4s} - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
 - ϕ'_{dm} - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. ϕ'_{my} - (Meyerhof) sabbie limose
- A_{max} = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari) ($g = \text{acc.gravità}$) (Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g) - D_r]

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 3

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani
- note :

- data : 05/02/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.30 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/RI (-)	Natura Litol.	Y' V/m³	pVo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	edm (°)	emy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	10	37	4/3	1.85	0.07	0.50	68.4	85	128	40	56	36	38	40	43	38	26	0.121	17	25	30	
0.60	15	56	4/3	1.85	0.11	0.67	59.0	113	170	50	60	36	39	41	43	38	27	0.132	25	38	45	
0.80	16	13	2/III	1.85	0.15	0.70	43.5	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.00	17	13	2/III	1.85	0.19	0.72	34.5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.20	23	17	4/3	1.85	0.22	0.87	34.5	148	221	69	58	36	38	40	43	37	28	0.126	38	58	69	
1.40	31	31	3:III	0.88	0.24	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	38	29	0.149	52	78	93	
1.60	33	165	3:III	0.88	0.26	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	38	29	0.150	55	83	99	
1.80	35	23	4/3	0.98	0.28	1.17	37.9	198	298	105	67	37	39	41	43	38	29	0.151	58	88	105	
2.00	40	25	4/3	1.00	0.30	1.33	41.1	227	340	120	70	38	40	42	44	38	30	0.160	67	100	120	
2.20	30	25	4/3	0.96	0.32	1.00	26.5	170	255	90	59	36	38	40	43	37	29	0.127	50	75	90	
2.40	30	41	3:III	0.88	0.33	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	36	29	0.123	50	75	90	
2.60	23	23	4/3	0.94	0.35	0.87	19.4	148	221	69	47	35	37	39	42	35	28	0.096	38	58	69	
2.80	39	34	3:III	0.90	0.37	--	--	--	--	--	64	37	39	41	43	37	30	0.141	65	98	117	
3.00	33	29	4/3	0.97	0.39	1.10	23.0	187	281	99	57	36	38	40	43	36	29	0.122	55	83	99	
3.20	38	142	3:III	0.90	0.41	--	--	--	--	--	61	36	39	41	43	37	30	0.132	63	95	114	
3.40	10	5	2/III	0.90	0.43	0.50	7.7	103	155	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
3.60	10	50	4/3	0.86	0.44	0.50	7.3	109	164	40	13	30	33	36	39	29	26	0.025	17	25	30	
3.80	18	45	4/3	0.91	0.46	0.75	11.5	128	191	56	32	32	35	38	41	32	27	0.062	30	45	54	
4.00	17	25	2/III	0.97	0.48	0.72	10.5	123	184	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.20	10	21	2/III	0.90	0.50	0.50	6.3	130	195	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.40	11	18	2/III	0.91	0.52	0.54	6.6	133	199	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
4.60	23	49	3:III	0.86	0.53	--	--	--	--	--	37	33	36	38	41	32	28	0.072	38	58	69	
4.80	67	48	3:III	0.95	0.55	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	38	32	0.167	112	168	201	
5.00	14	10	2/III	0.94	0.57	0.64	7.2	142	213	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	7	7	1***	0.46	0.58	0.35	3.3	32	48	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.40	5	19	2/III	0.80	0.60	0.25	2.1	138	208	25	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	9	34	4/3	0.85	0.61	0.45	4.3	171	257	38	1	28	31	35	38	26	26	0.003	15	23	27	
5.80	20	60	4/3	0.93	0.63	0.80	8.4	150	225	60	28	32	35	37	40	31	27	0.053	33	50	60	
6.00	13	16	2/III	0.93	0.65	0.60	5.7	175	262	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.20	26	49	3:III	0.87	0.67	--	--	--	--	--	36	33	36	38	41	32	28	0.070	43	65	78	
6.40	41	36	3:III	0.90	0.69	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	34	30	0.105	68	103	123	
6.60	14	17	2/III	0.94	0.71	0.64	5.5	191	286	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
6.80	16	34	4/3	0.90	0.72	0.70	6.0	192	287	52	17	30	33	36	39	29	27	0.032	27	40	48	
7.00	10	21	2/III	0.90	0.74	0.50	3.8	208	313	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.20	10	17	2/III	0.90	0.76	0.50	3.7	214	321	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.40	11	82	4/3	0.87	0.78	0.54	4.0	217	326	42	2	28	32	35	38	26	26	0.006	18	28	33	
7.60	10	19	2/III	0.90	0.79	0.50	3.5	224	336	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
7.80	13	19	2/III	0.93	0.81	0.60	4.3	227	341	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.00	13	18	2/III	0.93	0.83	0.60	4.2	232	348	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.20	11	16	2/III	0.91	0.85	0.54	3.5	240	360	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.40	9	13	2/III	0.88	0.87	0.45	2.8	230	345	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.60	5	9	1***	0.46	0.88	0.25	1.3	32	48	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
8.80	8	15	2/III	0.86	0.89	0.40	2.3	217	326	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.00	9	13	2/III	0.88	0.91	0.45	2.6	235	353	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.20	19	71	4/3	0.92	0.93	0.78	5.0	257	385	58	17	30	33	36	39	28	27	0.032	32	48	57	
9.40	16	40	4/3	0.90	0.95	0.70	4.3	265	397	52	10	29	32	36	39	27	27	0.021	27	40	48	
9.60	10	14	2/III	0.90	0.97	0.50	2.8	256	384	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
9.80	11	18	2/III	0.91	0.98	0.54	2.9	267	401	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.00	10	15	2/III	0.90	1.00	0.50	2.6	260	391	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.20	11	21	2/III	0.91	1.02	0.54	2.8	273	409	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.40	12	18	2/III	0.92	1.04	0.57	3.0	283	425	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.60	13	22	2/III	0.93	1.06	0.60	3.1	292	438	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
10.80	10	15	2/III	0.90	1.08	0.50	2.4	268	402	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.00	9	15	2/III	0.88	1.09	0.45	2.1	250	375	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.20	7	12	1***	0.46	1.10	0.35	1.5	44	66	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.40	7	12	1***	0.46	1.11	0.35	1.5	44	66	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.60	8	17	2/III	0.86	1.13	0.40	1.7	230	344	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
11.80	8	12	2/III	0.86	1.15	0.40	1.7	230	345	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.00	10	14	2/III	0.90	1.16	0.50	2.2	275	412	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.20	11	15	2/III	0.91	1.18	0.54	2.3	290	435	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.40	16	18	2/III	0.96	1.20	0.70	3.2	333	500	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.60	19	26	2/III	0.99	1.22	0.78	3.6	345	517	58	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
12.80	16	15	2/III	0.96	1.24	0.70	3.0	340	511	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.00	10	11	2/III	0.90	1.26	0.50	2.0	280	421	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.20	9	15	2/III	0.88	1.28	0.45	1.7	259	388	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.40	11	16	2/III	0.91	1.29	0.54	2.1	298	447	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.60	12	20	2/III	0.92	1.31	0.57	2.2	313	469	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
13.80	33	35	3:III	0.88	1.33	--	--	--	--	--	27	32	34	37	40	29	29	0.051	55	83	99	
14.00	29	14	4/3	0.96	1.35	0.98	4.2	377	565	87	22	31	34	37	40	28	29	0.042	48	73	87	
14.20	49	61	3:III	0.92	1.37	--	--	--	--	--	40	34	36	39	41	31	31	0.079	82	123	147	
14.40	33	49	3:III	0.88	1.38	--	--	--	--	--	26	32	34	37	40	29	29	0.049	55	83	99	
14.60	30	35	3:III	0.88	1.40	--	--	--	--	--	22	31	34	37	40	28	29	0.042	50	75	90	
14.80	28	32	3:III	0.87	1.42	--	--	--	--	--	20	31	34	36	40	28	28	0.037	47	70	84	
15.00	26	28	4/3	0.95	1.44	0.93	3															

**PROVA PENETROMETRICA STATICA
TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 4

2.010496-099

- committente : ERIDANO S.r.l.
- lavoro : Progetto P.U.A. "Area Speciale 1"
- località : Vicenza - Vicolo Benvenuto de Campesani
- note :

- data : 05/02/2021
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1.50 m da quota inizio
- pagina : 1

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Rl (-)	Natura Litol.	Y t/m³	p/vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	σ1s (°)	σ2s (°)	σ3s (°)	σ4s (°)	σdm (°)	σmy (°)	Amax/g (-)	E50 kg/cm²	E25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	14	23	2/III	1.85	0.07	0.64	92.5	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	14	19	2/III	1.85	0.11	0.64	55.7	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	18	16	2/III	1.85	0.15	0.75	47.7	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	20	18	4/2	1.85	0.19	0.80	39.2	136	204	60	58	36	38	40	43	37	27	0.125	33	50	60	60
1.20	20	13	4/2	1.85	0.22	0.80	31.2	136	204	60	53	35	38	40	42	36	27	0.113	33	50	60	60
1.40	20	20	4/2	1.85	0.26	0.80	25.7	136	204	60	50	35	37	40	42	36	27	0.103	33	50	60	60
1.60	28	30	4/2	0.96	0.28	0.97	29.8	164	246	84	59	36	38	41	43	37	28	0.129	47	70	84	84
1.80	30	26	4/2	0.96	0.30	1.00	28.6	170	255	90	60	36	38	41	43	37	29	0.131	50	75	90	90
2.00	30	24	4/2	0.96	0.32	1.00	26.4	170	255	90	59	36	38	40	43	37	29	0.127	50	75	90	90
2.20	33	35	3:III	0.88	0.33	--	--	--	--	--	61	36	39	41	43	37	29	0.132	55	83	99	99
2.40	28	25	4/2	0.96	0.35	0.97	22.1	164	246	84	54	36	38	40	42	36	28	0.113	47	70	84	84
2.60	24	26	4/2	0.94	0.37	0.89	18.6	151	227	72	47	35	37	39	42	35	28	0.097	40	60	72	72
2.80	22	17	4/2	0.93	0.39	0.85	16.5	144	216	66	43	34	36	39	41	34	28	0.087	37	55	66	66
3.00	26	21	4/2	0.95	0.41	0.93	17.5	158	237	78	47	35	37	39	42	34	28	0.098	43	65	78	78
3.20	20	37	4/2	0.93	0.43	0.80	13.7	136	204	60	37	33	36	38	41	33	27	0.074	33	50	60	60
3.40	18	17	2/III	0.98	0.45	0.75	12.0	128	191	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.60	8	11	2/III	0.86	0.47	0.40	5.2	128	191	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3.80	10	15	2/III	0.90	0.48	0.50	6.6	124	186	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.00	17	23	2/III	0.97	0.50	0.72	9.9	123	185	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.20	10	19	2/III	0.90	0.52	0.50	6.0	138	207	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.40	5	11	1:III	0.46	0.53	0.25	2.5	28	42	8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.60	7	12	1:III	0.46	0.54	0.35	3.7	28	43	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4.80	28	52	3:III	0.87	0.56	--	--	--	--	--	43	34	36	39	41	33	28	0.086	47	70	84	84
5.00	43	81	3:III	0.91	0.57	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	30	0.121	72	108	129	129
5.20	18	27	2/III	0.98	0.59	0.75	8.4	141	212	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.40	4	7	1:III	0.46	0.60	0.20	1.6	25	38	6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.60	6	15	1:III	0.46	0.61	0.30	2.6	33	49	9	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5.80	13	65	4/2	0.88	0.63	0.60	6.0	167	251	47	13	30	33	36	39	28	26	0.026	22	33	39	39
6.00	35	40	3:III	0.89	0.65	--	--	--	--	--	47	35	37	39	42	34	29	0.095	58	88	105	105
6.20	28	47	3:III	0.87	0.67	--	--	--	--	--	38	33	36	38	41	32	28	0.076	47	70	84	84
6.40	34	28	4/2	0.98	0.68	1.13	11.8	193	289	102	44	34	37	39	42	33	29	0.090	57	85	102	102
6.60	50	58	3:III	0.92	0.70	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	35	31	0.122	83	125	150	150
6.80	14	12	2/III	0.94	0.72	0.64	5.4	197	295	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.00	11	33	4/2	0.87	0.74	0.54	4.2	206	310	42	4	28	32	35	38	26	26	0.009	18	28	33	33
7.20	8	11	2/III	0.86	0.76	0.40	2.8	203	304	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.40	8	17	2/III	0.86	0.77	0.40	2.8	205	307	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.60	7	15	1:III	0.46	0.78	0.35	2.3	40	60	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7.80	8	13	2/III	0.86	0.80	0.40	2.6	208	312	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.00	9	17	2/III	0.88	0.82	0.45	3.0	223	334	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.20	8	17	2/III	0.86	0.83	0.40	2.5	212	318	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.40	7	13	1:III	0.46	0.84	0.35	2.1	42	62	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.60	7	12	1:III	0.46	0.85	0.35	2.1	42	63	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8.80	8	17	2/III	0.86	0.87	0.40	2.4	215	323	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.00	8	13	2/III	0.86	0.89	0.40	2.3	217	325	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.20	14	21	2/III	0.94	0.91	0.64	4.0	253	379	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.40	16	27	2/III	0.96	0.93	0.70	4.4	258	388	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.60	8	10	2/III	0.86	0.94	0.40	2.1	221	331	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
9.80	10	17	2/III	0.90	0.96	0.50	2.8	255	383	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.00	9	27	2/III	0.88	0.98	0.45	2.4	242	363	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.20	8	24	2/III	0.86	1.00	0.40	2.0	224	336	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.40	21	17	4/2	0.93	1.01	0.82	4.8	281	422	63	18	31	33	36	39	28	27	0.034	35	53	63	63
10.60	12	16	2/III	0.92	1.03	0.57	3.0	282	423	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
10.80	11	21	2/III	0.91	1.05	0.54	2.7	277	415	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.00	11	24	2/III	0.91	1.07	0.54	2.7	279	418	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.20	9	19	2/III	0.88	1.09	0.45	2.1	250	375	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.40	9	27	2/III	0.88	1.10	0.45	2.0	251	376	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.60	9	13	2/III	0.88	1.12	0.45	2.0	252	378	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11.80	9	17	2/III	0.88	1.14	0.45	2.0	253	379	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.00	7	15	1:III	0.46	1.15	0.35	1.4	44	67	11	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.20	13	24	2/III	0.93	1.17	0.60	2.8	309	464	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.40	14	30	4/2	0.89	1.18	0.64	2.9	320	479	48	0	28	31	35	38	25	26	--	23	35	42	42
12.60	13	19	2/III	0.93	1.20	0.60	2.7	314	471	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12.80	13	19	2/III	0.93	1.22	0.60	2.6	316	474	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.00	17	42	4/2	0.91	1.24	0.72	3.2	345	517	54	6	29	32	35	38	26	27	0.014	28	43	51	51
13.20	8	12	2/III	0.86	1.26	0.40	1.5	233	350	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.40	10	37	4/2	0.86	1.27	0.50	1.9	281	422	40	--	28	31	35	38	25	26	--	17	25	30	30
13.60	11	21	2/III	0.91	1.29	0.54	2.1	298	447	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
13.80	10	17	2/III	0.90	1.31	0.50	1.9	283	425	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.00	15	22	2/III	0.95	1.33	0.67	2.6	347	520	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14.20	33	35	3:III	0.88	1.35	--	--	--	--	--	27	32	34	37	40	29	29	0.051	55	83	99	99
14.40	35	58	3:III	0.89	1.37	--	--	--	--	--	28	32	35	37	40	29	29	0.054	58	88	105	105
14.60																						